



## Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

## Normas de uso

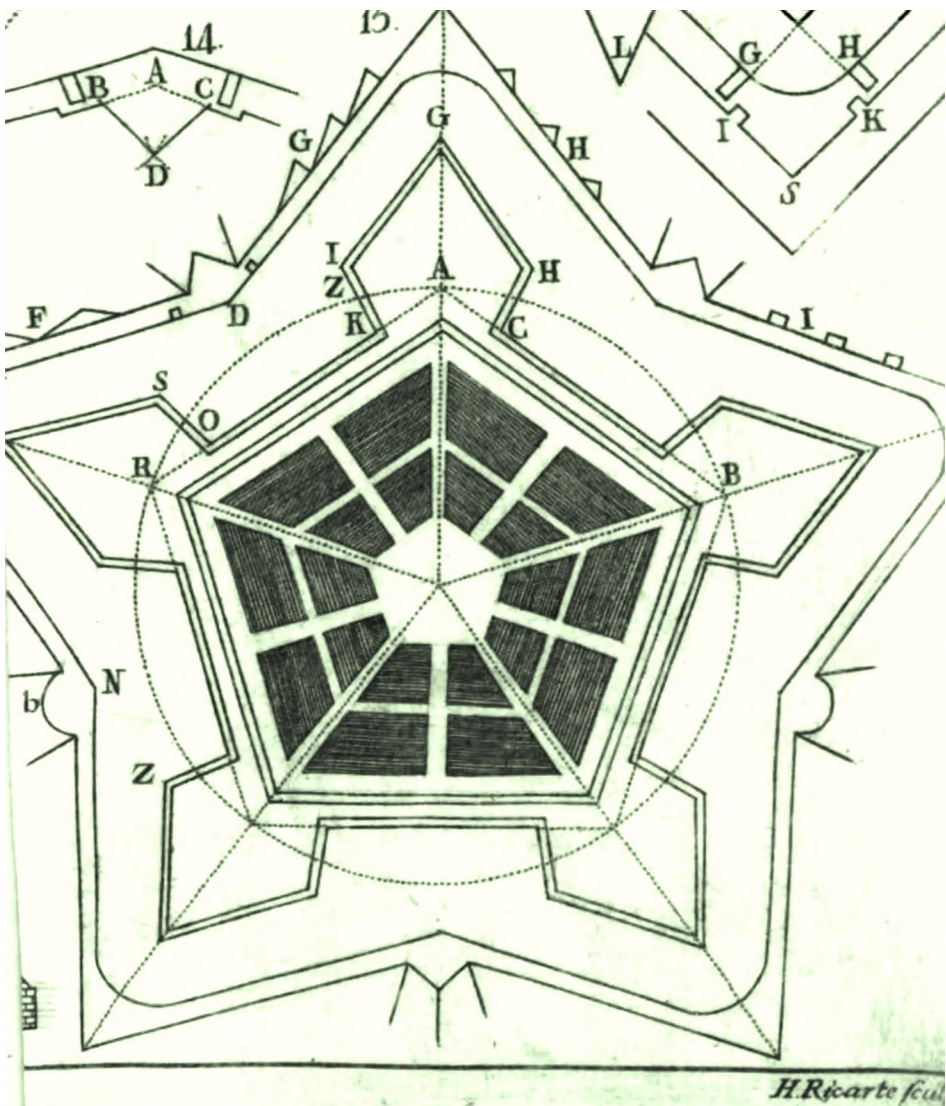
Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

## Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



# *Compendio mathematico*

Thomas Vicente Tosca, H. Ricarte

5

FG 483





COMPENDIO  
MATHEMATICO.  
TOMO V.



# COMPENDIO MATHEMATICO,

EN QUE SE CONTIENEN TODAS  
las materias mas principales de las Ciencias,  
que tratan de la Cantidad.

QUE COMPUSO

*EL DOCTOR THOMAS  
VICENTE TOSCA , PRESBITERO DE LA  
Congregacion del Oratorio de San Felipe Neri  
de Valencia.*

TERCERA IMPRESSION.

CORREGIDA , Y ENMENDADA DE MUCHOS  
yerros de Impresion , y Laminas , como lo  
verà el curioso.

## TOMO V.

Que comprehende ( ARQUITECTURA CIVIL.  
MONTEA , Y CANTERIA.  
( ARQUITECTURA MILITAR.  
PIROTECHNIA, Y ARTILLERIA.

---

CON PRIVILEGIO.

*En Valencia : En la Imprenta de Joseph Garcia. Año 1757.*

---

*Se hallarà en Valencia en la Libreria de Manuel Cayero Cortès,  
Calle de Campaneros ; y en Madrid en la de Don Angel  
Corradi , Calle de las Carretas.*





**APROBACION DEL SEÑOR DOCTOR DON JOSEPH FERNANDEZ de Marmanillo**, Presbitero de la Congregacion de el Oratorio de S. Felipe Neri, Secretario del Santo Oficio, y Examinador Sinodal de este Arzobispado de Valencia, y del Obispado de Tortosa.

**D**E comision del Señor Don Jacinto Ortì, Presbitero, Doctor en ambos Derechos, Canonigo Prebendado de la Santa Iglesia Metropolitana de Valencia; y por el Ilustrisimo, y Reverendisimo Señor Don Fray Antonio Folch de Cardona, Arzobispo de Valencia, ausente *in remotis*, Oficial, y Vicario General, nombrado por su muy Ilustre Cabildo, con facultad que para ello tiene, y de derecho le compete, he visto el quinto Tomo del Curso, ò Compendio Mathematico, que el R. P. Doctor Thomàs Vicente Tosca, Presbitero de la Congregacion del Oratorio de N. Padre S. Felipe Neri en esta Real Casa, desea sacar à luz; y havindole hallado en todas sus partes, por lo methodico, claro, y comprehensivo, muy conseqüente al Magisterio que este gran Autor ha mostrado en los antecedentes, sin sentencia, ni palabra que desdiga de la pureza de nuestra Santa Fè, y buenas costumbres; siendo las materias que contiene de tanta utilidad para el bien publico, juzgo se le puede, y conviene dar al Autor la licencia que solicita, (salvo semper, &c.) en la Real Casa de la Congregacion del Oratorio de Valencia à 13. de Diciembre de 1712.

*Doct. D. Joseph Fernandez  
de Marmanillo.*

Imprimatur.  
*Doct. Hyacinthus Ortì,  
Vic. Genl.*

Imprimatur.  
*D. Thomàs Melgarejo,  
y Gamboa.*

IN-

# INDICE

DE LOS TRATADOS , LIBROS , Y CAPITULOS , que en este Tomo quinto se contienen.

## TRATADO XIV.

DE LA ARQUITECTURA CIVIL.

- L**IBRO I. De la Arquitectura recta, pag.2.  
Cap.1. De los cuerpos , que generalmente se hallan , ò pueden hallar en todos los cinco ordenes de Arquitectura, pag.3.  
Cap.2. Del orden Toscano, ò Romano, pag.7.  
Cap.3. Del orden Dorico, pag.14.  
Cap.4. Del orden Jonico, pag.23.  
Cap.5. Del orden Corinthio, pag.33.  
Cap.6. Del orden Compuesto, pag.40.  
Cap.7. Refúelvense algunos Problemas pertenecientes à los cinco ordenes de Arquitectura, pag.43.  
Cap.8. De algunos otros ordenes de Arquitectura , pag.58.  
**L**IBRO II. De la Arquitectura obliqua, pag.66.  
Cap.1. De las Plantas, ò Ichnographias obliquas, pag.68.  
Cap.2. De los Perfiles de las Obras verticalmente obliquas, pag.74.

## TRATADO XV.

DE LA MONTEA , Y CORTES DE CANTERIA.

- L**IBRO I. De los fundamentos del Arte de Montea , y Canteria, pag.82.  
**L**IBRO II. De la Descricion , y Fabrica de los Arcos, y Bobedas cilindricas, pag.92.  
Cap.1. De los Arcos, y Bobedas cilindricas regulares, tanto rectas, como obliquas, pag.95.  
Cap.2. De los Arcos, y Bobedas cilindricas irregulares, tanto rectas, como obliquas, pag.118.  
Cap.3. De los Arcos Divaricados, que llaman Abocinados, y de los Capialzados, pag.164.  
**L**IBRO III. De las Bobedas Conicas, pag.182.  
**L**IBRO IV. De las Bobedas principales, pag.200.

II-

LIBRO V. De las Bueitas para Escaleras, y otros Arcos, y Bobedas irregulares, pag.238.

TRATADO XVI.

DE LA ARQUITECTURA MILITAR, Y FORTIFICACION moderna, ofensiva, y defensiva.

LIBRO I. De los Principios, ò Maximas de la Fortificacion, pag.256.

Cap.1. Explicanfe los terminos Ichnographicos, ù de la planta, pag.257.

Cap.2. Explicanfe los terminos Orthographicos, ù del perfil, pag.260.

Cap.3. Explicanfe los principios generales, ò maximas de la Fortificacion, pag.262.

Cap.4. Refuelvenfe algunas dificultades, pag.272.

LIBRO II. De la Fortificacion regular, pag.279.

Cap.1. Refuelvenfe algunos Problemas Geometricos, necesarios para la Fortificacion, pag.279.

Cap.2. De las medidas mas usadas en la Fortificacion ; y de la proporcion que tienen entre si, pag.284.

Cap.3. Explicase el methodo propio de fortificar qualquiera poligono regular, pag.290.

Cap.4. De la resolucion de la Fortificacion, formacion de las Tablas, y modo de fortificar por ellas, pag.296.

Cap.5. Determinase la forma, y magnitud que se deve dar à las partes de la Fortificacion, pag.305.

C.6. De las Obras accessorias, y accidentales interiores, p.321.

C.7. De las Obras accessorias, y accidentales exteriores, p.329.

Cap.8. Explicase el modo de fortificar à la moda Francesa, pag.349.

LIBRO III. De la Fortificacion irregular, pag.358.

Cap.1. De la Fortificacion de qualesquiera poligonos irregulares, pag.360.

C.2. De la Fortificacion de otros lugares irregulares, p.370.

LIBRO IV. De la Fortificacion efectiva sobre el terreno, pag.374.

Cap.1. De algunas operaciones Geometricas sobre el terreno, pag.374.

Cap.2. Disponer la Fortificacion sobre el terreno, pag.386.

LIBRO V. Del sitio, y combate de una Plaza, ò Polemica ofensiva, pag.392. Cap.

- Cap.1. De la Fortificacion de campaña, pag.393.  
 Cap.2. De las Reglas, y Axiomas obfidionales, que se de-  
 ven observar en los litios de las Plazas, pag.398.  
 Cap.3. De la Fortificacion de las lineas obfidionales, pag.401.  
 Cap.4. De lo que se ha de observar, hasta rendir una Plaza,  
 pag.413.  
 LIBRO VI. De la defensa de la Plaza, ò Polemica defen-  
 siva, pag.420.

## TRATADO XVII.

### DE LA PIROTECHNIA, ARTE TORMENTARIA, O Artilleria.

- L**IBRO I. De los fundamentos de la Arte Tormenta-  
 ria, ò Artilleria, pag.428.  
 LIBRO II. De los tres generos de Artilleria, pag.455.  
 Cap.1. Del primer genero de Artilleria, pag.455.  
 Cap.2. Del segundo genero de Artilleria, pag.482.  
 Cap.3. Del tercer genero de Artilleria, pag.487.  
 Cap.4. De varias cosas pertenecientes à los tres generos de  
 Artilleria, pag.501.  
 LIBRO III. Del movimiento de las balas, y otros quales-  
 quiera cuerpos proyectos por diferentes lineas, pag.517.  
 LIBRO IV. De la practica, y uso de la Artilleria en los ti-  
 ros por linea recta, ò de punta en blanco, pag.552.  
 Cap.1. De la fabrica, y uso del calibre, pag.553.  
 Cap.2. Del modo de tirar por linea recta, ò punteria, p.559.  
 LIBRO V. De la practica, y uso de la Bombarderia en los  
 tiros por elevacion, ò Arte de arrojar las Bombas, p.570.  
 Cap.1. De las practicas para arrojar las Bombas, quando los  
 trechos se hacen en el mismo nivel de las baterias, p.570.  
 Cap.2. De las mismas practicas de arrojar las Bombas en el  
 nivel de las baterias, por medio de diferentes instrumen-  
 tos, pag.577.  
 Cap.3. De las practicas para arrojar las Bombas, quando los  
 trechos se hacen sobre, ò baxo el nivel de las baterias, p.584.  
 Cap.4. De la aplicacion de la Pantometra à la Bombarderia,  
 pag.593.  
 Cap.5. De otro instrumento universal para arrojar las Bom-  
 bas, pag.600.  
 APENDICE, pag.603.

TRA-

**FEE DE ERRATAS DEL QUINTO TOMO.**

**P**ag. 12. lin. 12. Vingola, lee Vignola. Pag. 28. lin. 26.  
de B à C, lee de D à C. Pag. 29. lin. 8. ellas, lee ella.  
Pag. 53. lin. 27. supeloo, lee supuesto.

Certifico, como el quinto Tomo del Compendio Mathematico, que compuso el Dr. Don Thomàs Vicente Tosca, de la Congregacion del Oratorio de San Felipe Neri de Valencia, està conforme con el antiguo impreso, que sirve de original, si se tienen presentes estas erratas. Madrid, y Agosto 29. de 1757.

*Dr. Don Manuel Gonzalez Ollero,  
Correct. general por S. Magestad.*

SE-

## SERIE DE LOS TRATADOS.

### TOMO I.

1. Geometria Elementar.
2. Arithmetica Inferior.
3. Geometria Practica.

### TOMO II.

4. Arithmetica Superior.
5. Algebra.
6. Musica.

### TOMO III.

7. Trigonometria.
8. Secciones Conicas.
9. Maquinaria.

### TOMO IV.

10. Estatica.
11. Hidrostatica.
12. Hidrotechnia.
13. Hidrometria.

### TOMO V.

14. Arquitectura Civil.

15. Montea , y Canteria.
16. Arquitectura Militar.
17. Pirotechnia, ò Artilleria.

### TOMO VI.

18. Optica.
19. Perspectiva.
20. Catoptrica.
21. Dioptrica.
22. Meteoros.

### TOMO VII.

23. Altronomia.

### TOMO VIII.

- Astronomia Practica.
24. Geographia.
  25. Nautica.

### TOMO IX.

26. Gnomonica.
27. Ordenacion del tiempo.
28. Astrologia.



# TRATADO XIV.

## DE LA

# ARCHITECTURA

## CIVIL.



Architectura en comun, es una ciencia, que enseña à edificar. Es en dos maneras, Militar, y Civil. *Architectura Militar*, es la que enseña à fortalecer una Plaza, de suerte, que se pueda facilmente defender de las invasiones belicas; y pocos puedan pelear contra muchos: de ésta se tratarà mas adelante. *Ar-*

*chitectura Civil*, es la que enseña à edificar tales fabricas, que puedan comodamente habitar en ellas los hombres, atendiendo à su firmeza, conveniencia, y hermosura, proporcionandolas al fin para que se erigen. Divide-se en recta, y obliqua. *Architectura recta*, es la que dirige los edificios sobre suelos horizontales; y governandose por la esquadra, y plomo, erige las paredes, y columnas à angulos rectos con el suelo. La *Architectura obliqua*, editica sus fabricas sobre suelos inclinados; ò en passadizos, y puertas.

Tomo V.

A

tas.



2 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.  
tas, que corren en viage ; ò en Templos redondos, ò elipticos. Tratarè de entrambas en este Tratado , dexando para el siguiente todo lo que pertenece al arte que llaman de *Monca*, y *Canteria*.



# LIBRO I.

## DE LA ARCHITECTURA Recta.

**C**onsiste todo el primor de la Architectura en una ajustada disposicion , y simetria de las partes, que componen una fabrica , de que sin duda se origina su magestad, y hermosura, las que deve siempre procurar el Architecto en sus obras, ajustandose prudentemente à aquellas leyes , que observadas por los antiguos Maestros , hicieron cèlebre à la posteridad su memoria, eternizandola en quantos cortaron marmoles, y en quantas piedras colocaron en sus edificios. No pretendo con esto prohibir à los Modernos la libertad en discurrir nuevas trazas, y formar nuevas ideas con que adelanten este arte, ciertamente capáz de variedad, por no estàr atendido, como otros, à los rigurosos preceptos de la Geometria ; pero quisiera ver esta novedad mas en la planta, ò vestigio de la obra, que en los cuerpos de su elevacion, y en sus perfiles, cuya proporcion no conviene se desvie notablemente del estilo que en los cinco ordenes de Architectura observaron los Antiguos , con general acceptacion de las edades, dando aquella dimension à las partes de una fabrica, que pide el orden à quien pertenece.

Para esto se ha de suponer , que *Orden de Architectura*

es una cierta disposicion, y proporcion de los cuerpos principales que componen un edificio. Dixe principales, porque no qualquiera mudanza, ò variedad constituye diverso orden; y aunque esta variedad sea en los cuerpos principales, si no es notable, no causará variedad, ni diferencia de orden; si nos metièlmos à averiguar quanta, y qual haya de ser esta variacion, gastariamos el tiempo inutilmente en questiones de poco momento.

Son pues las ordenes de Arquitectura, que frequentemente se estilan en las fabricas los cinco siguientes, *Toscano*, *Dorico*, *Jonico*, *Corinthio*, y *Compuesto*. Tratarèmos de cada uno en particular en los siguientes capitulos; y añadirè despues una breve explicacion de algunos otros, que, ò se reducen à los sobredichos, ò no se estilan ya en nuestros tiempos.

## CAPITULO I.

DE LOS CUERPOS QUE GENERALMENTE SE HALLAN,  
ò pueden hallar en todos los cinco ordenes de  
*Arquitectura*.

## PROP. I. Theorema.

*Explicanse los tres principales cuerpos, que suelen componer en los cinco ordenes un cuerpo total de Arquitectura.*

EN todos los cinco ordenes se hallan frequentemente tres cuerpos parciales, que sobrepuestos los unos à los otros, hacen un cuerpo total de Arquitectura, y son, *pedestal*, *coluna*, y *cornijon*. Representanse en la fig. 1. *Pedestal*, es el pie del edificio; sobre èste carga la *coluna*; y sobre la columna assienta el *cornijon*. Cada uno de estos cuerpos se compone de otros menores, que refiero por su orden, empezando desde el suelo.

*Soccolo*, es el paralelepipedo B, que assienta inmediatamente sobre el suelo: èste no entra en el orden de Arquitectura, y assi puede ser mas alto, ò mas baxo, segun

#### 4 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

pareciere mejor al Architecto ; ni varia jamás la simetría de la fabrica , que siempre se computa del foccolo exclusivamente àzia erriba.

*Pedestal*, *stilobata*, ò *muro*, es un solido paralelepipedo IC, que assienta sobre el foccolo, y consta de dos ornatos, el de abaxo IL es *basa* del pedestal, y el de arriba KC se llama *corniza* del pedestal : el paralelepipedo sobredicho sin basa, ni corniza, se llama *neto* del pedestal, como LK. En los ordenes Toscano, y Dorico fuele faltar el pedestal ; y en todos los ordenes en su lugar se acostumbra substituir un solido paralelepipedo sin basa, ni corniza, llamado *foccolo*.

Sobre el pedestal assienta la *coluna* CD. Consta la columna de tres cuerpos, que son *basa*, *scapo*, ò *estipite*, y *chapitel*. La basa es CF ; *scapo*, ò *estipite* es FE ; y *chapitel* ED.

Sobre la columna descansa el *cornijon* DA, que consta tambien de tres partes, *architrabe* DH, *friso* HG, y *cornija* GA. Cada parte de las referidas consta de otras mas menudas, que sirven de adorno, y hermosura, y éstas admiten variedad à gusto del Architecto : su formacion, y figura explicarè en la proposicion siguiente.

Generalmente en todos los cuerpos sobredichos, y en qualquier orden de Architectura se ha de observar, que lo solido, y firme cargue siempre sobre firme, assentando de tal fuerte unos cuerpos sobre otros, que guarden entre sí perfectamente el plomo, sin que se permita que el cuerpo superior, ni en todo, ni en parte salga fuera de lo que pide la correspondencia sobre el inferior, antes bien se vayan reduciendo, y estrechando mas las solideces, quanto mas va subiendo la fabrica ; pero los cuerpos bolantes, como son las cornijas, buelan àzia fuera para mayor ornato, y conveniencia de la obra, y así tienen sus proyecturas, ò boladas con su determinada medida, como veremos despues.

La medida con que se determina, y mide la magnitud de todos los referidos cuerpos grandes, y pequeños, es el semidiametro inferior del *scapo*, ò columna, que se llama *modulo* : èste, tomado algunas veces, mide, y determina los

## LIBRO I.

5

los cuerpos mayores; y el mismo modulo, dividido en partes mas pequeñas, sirve para determinar los cuerpos menores: en el orden Toscano, y Dorico se fuele dividir en doce partes, ò minutos; pero en los demás se divide en diez y ocho. El agregado de los cuerpos, pedestal, columna, y cornijon, hace un cuerpo entero de Arquitectura; y de éstos puede tener una fabrica dos, ò tres, uno sobre otro, como en su lugar veremos.

### PROP. II. Theorema.

*Explicase la proporcion que han de guardar entre si los tres cuerpos, Pedestal, Columna, y Cornijon.*

**T**odos los cinco ordenes de Arquitectura convienen en la proporcion que guardan entre si los tres cuerpos, pedestal, columna, y cornijon; y es, que el pedestal sea la tercera parte de la columna con basa, y chapitel; y el cornijon sea la quarta parte de la misma columna, tambien con basa, y chapitel: de que se sigue, que dividiendo la altura de la fabrica, ò lo que ha de subir un cuerpo total de Arquitectura en 19. partes iguales, le tocaràn 12. de éstas à la columna con basa, y chapitel, 4. al pedestal, y 3. al cornijon: fundase esto, en que el numero menor, que tiene tercio, y quarto, es el 12. Tenido pues 12. la columna, 4. el pedestal, y 3. el cornijon, será aquèl el tercio de la columna, y éste el quarto, y los tres juntos 19. porque 3. 12. 4. hacen 19. y todas las medidas especiales, que señalaremos en cada orden, haràn los tres dichos cuerpos con la proporcion de 4. 12. y 3: como veremos en su lugar.

### PROP. III. Theorema.

*Explicanse las principales molduras, ò cortes que pueden servir de ornato en los cinco ordenes.*

**V**arias son las molduras, ò cortes de piedras, con que suelen adornarse algunas partes de los edificios, las principales son las siguientes, filete, ò liston, gola, ò cimacio, ecbino, antecbino, ò esgucio, tboro, ò cordon, ò ton-

## 8 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

*dino*, ò *bofel*, *escocia*, *canales*, y *astragalo*. El *liston*, ò *filete*, es una moldura llana, y seguida paralelograma rectangula, que se suele interpolar con las otras molduras para mayor distincion, y elegancia.

Los *cimacios*, ò *golas*, se expresan en la *fig. 2. 3. 4. y 5.* son al modo de una S, ò de un papo de paloma: componense de dos arcos encontrados, y son en dos maneras, *recta*, è *inversa*. Rectas son las de las *fig. 2. y 3.* Inversas, las de las *4. y 5.* De cada una hay dos diferencias, y todas concuerdan en que su proyectura es poco mas, ò menos igual à su perpendicular. El modo de formarlas es el siguiente.

Tírese en todas la recta AB, que se dividirá por medio en E; y en la primera (*fig. 2.*) dividase la perpendicular por medio en C, y perhicionese el paralelogramo CB; y haciendo centro en los puntos C, C, con la distancia CE, se describirán los arcos, y quedará formada. En la segunda, (*fig. 3.*) se formará sobre AE, el triangulo equilatero AEC; y sobre EB, otro equilatero EBC; y de los centros C, C, con la distancia CE, se harán los arcos, y quedará descrita; y ésta parece mejor à la vista, que la primera.

En la tercera, (*fig. 4.*) se formará sobre AE el triangulo equilatero AEC; y desde C, con la distancia CA, se describirá el arco AE; y tirando la EO perpendicular à CB, desde O, se describirá el arco BE, y quedará descrita. En la quarta, (*fig. 5.*) tirada como antes la EO, se describirá el arco BE; y tomando AC, que sea con poca diferencia los tres cuartos de AB, se formará el triangulo isóceles ACE, y desde C se hará el arco AE, y quedará formada.

Los *echinos*, ò *ovalos*, son unas molduras, cuya superficie es convexa, y conviene una quarta, ò parte de una quarta de circulo, como son las que se ven en las *figuras 6. 7. 8. y 9.* que son en quatro diferencias. El echino, ò ovalo de la *fig. 6.* se llama *emerso*, porque la quarta CAB, que sirve para su formacion, sale fuera de su proyectura por entrambos radios CB, CA. El de la *fig. 7.* es *submerso*, por tener su cuadrante fuera de su proyectura por solo el radio CB. El de la *figur. 8.* es *inmerso*, por entrarfe el cuadrante dentro de lo firme. El de la *figur. 9.* es *recto*, por te-

tener toda la quarta del circulo, y aun algo mas de proyección.

Los *antechinos*, ò *esgucios*, à quien algunos llaman tambien *bofeles*, son unas molduras concavas, cuya concavidad es una porcion de circulo, como los de las *fig.* 10. 11. 12. 13. Hay quatro maneras de antechinos, ò *esgucios*. El de la *fig.* 10. es *exiliente*, y le toca la porcion de cuadrante AB, su buelo es igual al radio; pero su altura es menor que el radio. El de la *fig.* 11. se llama *abundante*, cuyo buelo es algo menor que el radio del cuadrante, y algo mayor que el perpendicular. El de la *fig.* 12. se llama *deficiente*, su buelo es menor que el perpendicular, y èste es poco menor que el radio del cuadrante. El de la *fig.* 13. es *recto*, porque tiene un cuadrante justo, y su buelo, y perpendicular son iguales.

*Thoro*, ò *cordon*, es una moldura circular, y convexa, como son A, y E en la *figur.* 14. sus diferencias consisten en que los centros de su convexidad caygan mas, ò menos dentro, ò fuera del macizo: llamase tambien *ronдино*, ò *bofel*, singularmente quando no es muy crecido. Los *canales* son unas molduras circulares concavas, como son C, y D, (*fig.* 15.) cuyas diferencias consisten en ser mas, ò menos profundas. La *escocia*, es una especie de canal, cuya descripción se verá despues, como tambien la del *astragalo*, à quien tambien llaman *ronдино*.

## CAPITULO II.

### DEL ORDEN TOSCANO, O ROMANO.

EL orden Toscano es semejante à un hombre rustico, robusto, y de grandes fuerzas. Llamase *Toscano* por su rusticidad, y poco, ò ningun ornato, segun unos; ò segun otros, por haver sido inventado en la Toscana, ò gran Ducado de Florencia: su simetria, y proporción es la siguiente.

PROP.

## PROP. IV. Theorema.

*Explicase la proporcion , y simetria del orden Toscano.*

Suele comunmente este orden carecer de pedestal ; pero por quanto le puede tener, explicarè tambien su disposicion, y molduras ; y empezando por la coluna, digo, que con basa, y chapitel consta de 14. modulos, ò siete diámetros de la basa, ò imo scapo de la misma coluna: su pedestal (quando le tiene) es de 4. modulos, y dos tercios, ò ocho partes, que es el tercio de la coluna con basa, y chapitel ; y el cornijon, ò trabeacion superior tiene 3. modulos, y medio, ò seis partes, que es la quarta parte de la coluna con basa, y chapitel. Estas medidas se reparten de esta suerte.

La basa de la coluna tiene un modulo.

Scapo, caña, ò cuerpo de la coluna 12. modulos.

Chapitel un modulo.

Architrabe un modulo.

Friso un modulo, y dos partes.

Corniza un modulo, y quatro partes.

Conque toda la altura de la fabrica en este orden Toscano, careciendo de pedestal, consta de 17. modulos, y medio.

Todas estas medidas se ven expressamente en la *fig. 16.* y advierto, que todos los ordenes de Architectura concuerdan en que la basa de la coluna consta de un modulo ; pero hay esta diferencia, que en este orden Toscano, y en el siguiente, que es el Dorico, se incluye en el dicho modulo el listeto, ò regla en que termina el imo scapo, ò pie de la coluna, aunque siempre es parte de su caña, ò scapo, como advirtió el Obispo Caramuel en el *trat. 5.* de su *Architect. art. 3.* y en los demàs ordenes se excluye de dicho modulo.

Si à este orden se le añade pedestal, tendrá, como dixè, 4. modulos, y 8. partes en esta forma : su basa tiene 6. partes, otras 6. su corniza, y 3. modulos, y 8. partes su neto, ò stilobata, como se ve en la *fig. 17.* conque tiene de alto toda la obra, haciendose con pedestal, 22. modulos, y

2. partes. El P. Milliet dà menos altura al pedestal ; pero juzgo por mejor lo que tengo dicho , que es de Jacobo Barroccio , llamado comunmente Vignola.

• PROP. V. Theorema.

*Declaranse los cortes de piedras , ò molduras del orden Toscano, juntamente con sus boladas , ò proyecturas.*

**L**Os cortes de piedras que adornan este orden Toscano , suelen ser los que representan las *figuras* 17. y 18. suponiendo , que en lugar de estos , puede substituir otros el Artifice à su arbitrio con las mismas dimensiones: fumadas las de sus alturas hacen justamente las que dixe en la Prop. passada : sus proyecturas , ò boladas en el pedestal , y coluna se cuentan desde la linea , que sirviendo de exe à la coluna , passa por medio del pedestal , hasta la trabeacion superior , ò cornijon ; y las expreso en partes de modulo , que , como dixe , se supone dividido en 12. partes , ò minutos.

PEDESTAL. (*fig.* 17.)

- I. Zoccolo, plinto, ò abaco : su altura 5. partes : proyectura 20. partes, y media.
- H. Filete, ò listelo: altura una parte : proyectura 18. partes , y media.
- G. Neto del pedestal , ò stilobata : altura 3. modulos, y 8. partes: proyectura 16. partes, y media.
- F. Gola reversa : altura 4. partes : proyectura 20. partes.
- E. Filete ; ò listelo: altura 2. partes: proyectura 20. partes, y media.

BASA DE LA COLUNA. (*fig.* 17.)

- D. Plinto : altura 6. partes : proyectura 16. partes , y media , como el neto del pedestal.
- C. Thoro, ò cordon: altura 5. partes : proyectura 16. partes , y media , como el plinto.
- B. Listelo, ò filete, que forma la pestaña del pie de la coluna, y es siempre de la misma piedra que ella : altura 1. parte: proyectura 13. partes, y media.

CO-



COLUNA. (*fig. 17. y 18.*)

El scapo, ò caña de la coluna, tiene de alto 12. modulos: su proyectura en el pie, ò imo scapo A, es el modulo, que se dilata en la forma sobredicha para formar la peltaña.

R. (*fig. 18.*) Es el sumo scapo, ò vivo de la coluna de arriba, cuya proyectura es 9. partes, y media.

Q. Collarino de la coluna, ò peltaña superior, con el tondino, ò bofel, son estas dos molduras parte de la coluna, y se incluyen en sus 12. modulos: la altura del collarino, es media parte, y la del tondino una parte: la proyectura de este es 11. partes, quedando algo mas adentro el collarino.

CHAPITEL. (*fig. 18.*)

O. Friso del chapitel: su altura 4. partes: su proyectura igual à la del vivo de la coluna en el sumo scapo, que es 9. partes, y media.

N. Lista, ò filete: altura 1. parte: proyectura 10. partes, y media.

M. Ovalo, ò echino: altura 3. partes: proyectura 13. partes.

L. Cimacio, ò avaco: altura 3. partes: proyectura 13. partes, y media.

K. Lista del cimacio, ò avaco: altura 1. parte: proyectura 14. partes, y media.

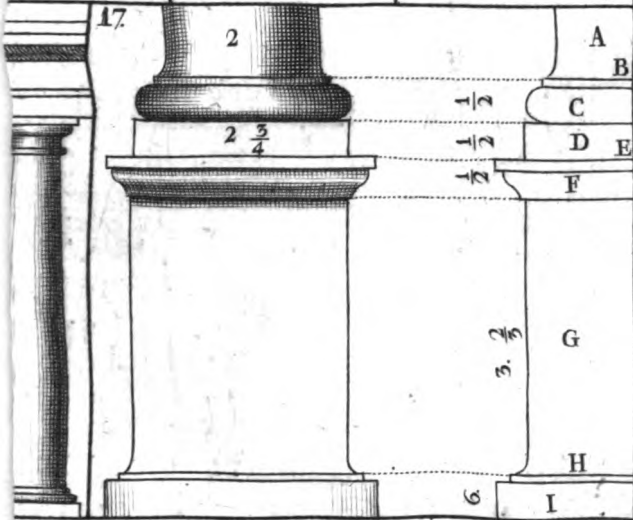
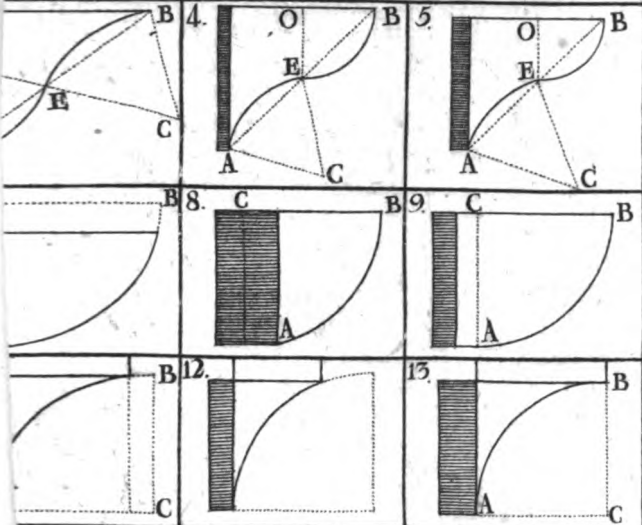
CORNIJON. (*fig. 18.*)

En todos los ordenes de Arquitectura tiene el architrabe, que asienta sobre el chapitel de la coluna, la proyectura misma que tiene el sumo scapo, ò vivo de dicha coluna, porque ha de corresponder precisamente à su circunferencia; y la misma ha de tener siempre el friso, de suerte, que el sumo scapo del vivo de la coluna: el pie del architrabe, y el friso, estèn siempre en una misma linea recta perpendicular; y de esta linea àzia fuera, se contaràn aora las proyecturas de las molduras, ò cortes siguientes.

I. Architrabe: altura 10. partes: proyectura, la misma que lo superior del vivo de la coluna.

H. Lista del architrabe: altura 2. partes: proyectura 2. partes.

G.



H. Ricarte sculp.



- G. Friso : altura 14. partes : proyectura, como el architrabe.  
 F. Gola reversa : altura 4. partes : proyectura 4. partes.  
 E. Listelo , ò filete : altura media parte : proyectura media parte.  
 D. Corona : altura 6. partes : proyectura 9. partes.  
 C. Listelo, ò filete : altura media parte : proyectura media parte.  
 B. Tondino : altura una parte : proyectura en medio media parte.  
 A. Ovalo , ò echino : altura 4. partes : proyectura contada de la del filete 4. partes.  
 Conque es toda la proyectura de la cornija 18. partes, ò modulo, y medio.

## PROP. VI. Problema.

*Hallar la cantidad del modulo del orden Toscano.*

**O** Esta fabrica se hace con pedestales, ò sin ellos : si se ha de hacer sin pedestales, la altura que ha de tener el cuerpo de la Architectura se partirà por 17. y medio, y lo que saliere en el quociente serà el modulo, al qual dividiremos en 12. partes iguales; y este ha de servir para hacer la fabrica; y el Artifice mandará fabricar, y labrar las piedras con las dimensiones arriba dichas tomadas de este modulo.

Si la fabrica huviere de tener pedestales, se partirà la altura de la fabrica por 22. y un sexto, y lo que viniere al quociente serà el modulo que servirá para el edificio. Fundase esto, en que la altura de un cuerpo de Architectura de este orden Toscano, sin pedestales tiene 17. modulos, y medio; y con pedestales 22. modulos, y una sexta parte de modulo, segun la *Prop. 4.*

*Exemplo.* Se ha de fabricar un cuerpo de Architectura de orden Toscano, sin pedestales, y ha de subir hasta 90. palmos : parto 90. por 17. y medio, y hallo en el quociente contar el modulo de 5. palmos, y 5. treinta y cinco avos de palmo, ò un septimo. Y si ha de tener pedestales, parto 90. por 22. y un sexto, y el quociente dá el modulo de 4. palmos poco mas.

PROP.

## PROP. VII. Theorema.

*Explicase la disposicion de los colunarios.*

**C**olunarios son unas series de colunas, que forman ordinariamente los claustros, ò corredores: pueden se hacer los colunarios en dos maneras, ò con arcos, ò sin ellos. Si se hacen sin arcos, como en la *fig.* 16. las distancias de unas colunas à otras, llamadas *entrecolumnios*, deven ser cortas, por hallarse pocas veces piedras grandes, y romperse éstas facilmente con su peso. El P. Múliet, y Caramuel da al entrecolumnio 4. modulos, y dos tercios, que es el tercio de la coluna con basa, y chapitel; ò quando mucho 5. modulos. Vingola permite 6. modulos, y medio, contados del exe de las colunas; pero como dixe, conviene atender à la magnitud, y fortaleza de las piedras.

Quando los colunarios se hacen con arcos, cessa todo peligro; y así solo se atiende à que el claro del arco quede con buena proporcion: para lo qual se ha de advertir, que los colunarios que se hacen con arcos, pueden ser de varios modos; porque ordinariamente, además de las colunas tienen *parastades*, que son los postes, ò chambas, sobre que cargan inmediatamente los arcos: ò muchas veces no llevan parastades, si que los pies de los arcos asientan sobre el chapitel de la coluna; y en entrambos casos, ò tienen pedestales las colunas, ò carecen de ellos, como se representa en las *figuras* 19. y 20. y en todos estos casos ha de ser la altura del claro, ò luz del arco dupla de su latitud; con que será facil determinar los modulos que le tocan, tanto en lo alto, como en lo ancho, en la forma siguiente.

I Si el colunario se ha de hacer sin parastades, ni pedestales, se sacará el tercio de la coluna con basa, y chapitel, y éste será el semidiametro del arco: añadase à la altura de la coluna con basa, y chapitel, y esto será la altura del claro del arco, y su mitad será el entrecolumnio, ò la ancho de dicho claro: y pues en este orden Toscano la coluna con basa, y chapitel consta de 14. modulos, su tercio

cio, que es 4. modulos, y dos tercios, serà el semidiametro del arco: la suma de entrambas cantidades, que es 18. modulos, y 2. tercios, es la altura del claro del arco; y su mitad 9. modulos, y un tercio, es lo ancho de dicho claro, ò distancia de una coluna à la otra. La *imposta*, que es el ornato que guarnece el arco, tiene un modulo; sobre esta carga el cornijon, que, como dixè, consta de 3. modulos y medio; conque la altura de todo este cuerpo de Arquitectura serà 23. modulos, y un sexto, ò dos partes, por quien se havrà de partir la altura de la obra para sacar la cantidad de su modulo.

2 Si en el mismo caso las columnas llevaren pedestales, que en este orden Toscano sucederà pocas veces, la tercera parte del pedesttal, y coluna serà el semidiametro del arco, que añadido à la coluna, y pedestal, darà la altura del claro, y su mitad serà lo ancho que se contará de coluna à coluna. Constando pues la altura del pedestal, y coluna en este orden de 18. modulos, y 8. partes, es su tercio 6. modulos, y casi tres partes, y èste serà el semidiametro del arco: añadase à la sobredicha altura, y la suma 24. modulos, y 11. partes, serà la altura del claro; y su mitad 12. modulos, y 10. partes, serà el entrecolumnio. La *imposta* del arco tiene un modulo; y el cornijon 3. modulos, y 6. partes; conque serà toda la altura de la obra 29. modulos, y 5. partes, por quien se partiràn los palmos, ò pies de la altura, para hallar la magnitud determinada del modulo.

3 Si la obra además de las columnas ha de tener parafredes, ò postes, pero sin pedestales, como en la *fig. 19.* se dispondrà de esta suerte. Las parafredes tendrán de ancho 3. modulos, y ocupando 2. modulos la coluna, quedará à cada parte de ella medio modulo para poste, ò chamba del claro; y porque en esta disposicion de obra carga el cornijon inmediatamente sobre la coluna, y sobre la imposta que circuye el arco, se quitarà de la altura de la coluna con bafa, y chapitel un modulo, y lo restante serà la altura del claro, cuya mitad serà su ancho; y la mitad de èste, el semidiametro del arco: restese de la altura del cla-

#### 14 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

ro el semidiametro , y se sabrà la altura de los postes , incluyendo en ella el chapitel del poste , llamado tambien *imposta* , que ha de tener los mismos cortes , y molduras que la imposta que corre todo el arco , y entrambas , la misma proyectura , ò bolada , que ha de ser la quarta del modulo.

Es la altura de la coluna con basa , y chapitel 14. modulos ; quitado uno por la imposta que corre todo el arco , quedan 13. modulos , altura del claro : su mitad 6. modulos y medio , es lo ancho , y 3. modulos , y 3. partes el semidiametro del arco , que reitado de 13. modulos , restan 9. modulos , y 9. partes , altura de los postes hasta los pies del arco ; y 8. modulos , y 9. partes hasta el chapitel , ò imposta de los postes.

4 Si ha de tener la obra tambien pedestales , como en la *fig. 20.* tendràn las parastades de ancho 4. modulos , dos para la coluna , y un modulo para cada poste , ò chamba : la altura del pedestal , y coluna con basa , y chapitel es 18. modulos , y 8. partes ; quitado un modulo por lo que le toca à la imposta que circuye al arco , resta la altura del claro 17. modulos , y dos tercios , ò 8. partes , cuya mitad es lo ancho del mismo claro 8. modulos , y 10. partes ; y su mitad 4. modul. 5. partes , son el semidiametro del arco : la imposta , ò chapitel de los postes consta tambien de un modulo , como la que circuye al arco , y entrambas tienen una misma proyectura , y molduras , como dixè antes.

### CAPITULO III.

#### DEL ORDEN DORICO.

**I**Nventò este orden Dorico , segun la comun de los Autores , un Principe llamado Doro , que habitò en la Ciudad de Argos , y diò nombre à la Provincia llamada *Dorica* , de quien hace mencion Virgilio en el 2. de sus *Eneidos*.

*Juvat ire , & Dorica castra.*

Este

Este dicen edificò el primer Templo de este orden à la mentida Diosa Juno; despues se edificaron otros muy cèlebres, entre ellos el de Jupiter en Olimpia; el de Apolo en Delos, y el de Minerva en Atenas. Estos edificios Doricos son hermosos, y fuertes, y así mas introducidos; porque el pasado, por desaliñado, y tosco carece de hermosura. La idea de la coluna de este orden es de un Soldado valeroso, que tiene de altura siete pies de los suyos, así la coluna tiene de alto siete diametros de su pie, ò imo scapo.

## PROP. VIII. Theorema.

*Explicase la proporcion, y simetria del orden Dorico.*

**S**Upongo lo primero, que así en este orden, como en los demás, el modulo es el semidiametro del pie, ò imo scapo de la coluna, que en este orden se supone dividido en 12. partes iguales.

Supongo lo segundo, que las columnas de este orden se hallan algunas veces sin basa, ni pedestal; otras con basa, pero sin pedestal; y otras con ambas cosas. Hallanse sin basa, ni pedestal en el Teatro de Marcelo, en las Termas de Diocleciano, en el Teatro Vicentino, y en el Arco triunfal Veronense; pero aora siempre se fabrican con basa; y muchas veces tambien con pedestal. Esto supuesto,

En este orden Dorico el scapo, ò caña de la coluna consta de 14. modulos; tambien se le pueden dar hasta 15, ò 16. el cornijon siempre ha de ser la quarta parte de la coluna con basa, y chapitel; y si careciere de basa, será el cornijon la quarta parte de la coluna, y chapitel. La basa, quando la tiene, que es lo regular, consta de un modulo, en quien se incluye un listeto, ò regla en que remata el pie de la coluna; y aunque ha de ser siempre de la misma piedra que el scapo, pero faltando la basa, ha de omitirse tambien el sobredicho listeto.

El scapo de la coluna tiene, como dixe, 14. modulos, y el chapitel un modulo, que junto con los 14. hace 15. conque en este caso el cornijon tendrá 3. modulos, y tres  
quar-



## 16 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

cuartos, que son 9. partes; pero teniendo la coluna tambien su basa de un modulo, será la coluna, basa, y chapitel 16. modulos, y le tocarán al cornijon 4. modulos. Y se ha de advertir, que si à la caña, ò scapo de la coluna se le dan 15. ò 16. modulos, se ha de aumentar tambien el cornijon, por haver de ser en todo caso la quarta parte de la coluna con basa, y chapitel; pero el aumento no ha de recaer en el architrabe, ni en el friso, si tan solamente en la cornija.

El pedestal, quando le tiene, que es muy frequente, conta de 5. modulos, y un tercio, que es la tercera parte de 16. modulos, de que consta la coluna con basa, y chapitel. Estas medidas se reparten del modo siguiente. Vea se la *figura 23.*

Basa de la coluna un modulo.

Scapo, caña, ò cuerpo de la coluna 14. modulos.

Chapitel un modulo.

Architrabe un modulo.

Friso un modulo, y medio.

Cornija un modulo, y medio.

Conque toda la altura de la fabrica de orden Dorico, careciendo de pedestal, consta de 20. modulos.

Si huviere pedestal, tendrá, como dixese, 5. modulos, y un tercio, en esta forma. Su basa (*fig. 21.*) tendrá 10. partes de modulo, 6. partes su cornija, y 4. modulos el neto, ò stilobata, que todo hace los 5. modulos, y un tercio sobredichos; conque tiene de alto toda la obra, habiendo pedestales, 25. modulos, y un tercio.

### PROP. IX. Theorema.

*Declaranse los cortes de piedras, ò molduras que suelen examinar este orden Dorico, juntamente con sus proyecturas.*

**L**As molduras, ò cortes, que suelen adornar las fabricas de orden Dorico, se representan en las *figuras 14.* y *15.* y las puede variar el Artifice à su gusto: sus alturas fumadas, hacen las que dixese en la Propos. antecedente; sus

fus boladas en el pedestal, y coluna se cuentan desde la línea que sirve de exe à la coluna, y passa por medio del pedestal: expressanse en partes de modulo, suponiendole dividido en 12. partes, como antes dixè.

PEDESTAL. ( *fig.21.* )

Plinto, ò foccolo: altura 4. partes: proyectura 21. partes, y media.

Lilto: altura 2. partes, y media: proyectura 21. partes.

Gola reversa: altura dos partes: proyectura 20. y media.

Cordoncillo: altura 1. parte.

Listelo: altura media parte.

Neto del pedestal, ò stilobata: altura 4. modulos: proyectura 17. partes.

Las proyecturas del cordoncillo, y listelo, se haràn à buena proporcion.

La cornija del pedestal tiene 6. partes de altitud, y otras 6. de proyectura, fuera el neto del pedestal, en esta forma:

Gola reversa: altura 1. parte, y media.

Corona: altura 2. partes, y media: proyectura 21. partes.

Filete: altura media parte.

Ovalo, ò echino: altura una parte.

Filete, ò listelo: altura media parte: proyectura 23. partes,

BASA DE LA COLUNA. ( *fig.21.* )

Plinto: altura 6. partes: proyectura 17. como el firme del pedestal.

Cordon, ò thoro: altura 4. partes: proyectura 17. como el plinto.

Cordoncillo: altura 1. parte: proyectura, en el medio 15. partes, en el principio inferior 14. partes, y media.

Listelo, ò pestaña de la coluna: altura 1. parte: proyectura 14. partes.

En lugar de esta basa, se puede poner en este orden la basa, que llaman *atisa*, ò *aticurga*, que es mucho mas elegante: su descripcion se verá despues.

COLUNA. ( *fig.21. y 22.* )

La coluna de este orden Dorico ha de tener 14. modulos, sin contar el listelo del imo scapo, que pertenece al modulo de la basa, aunque es de la misma pieza, y materia que

## 18 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

la coluna : la proyectura de ésta en el pie es el modulo, que se dilata para formar el listelo. De aqui se levanta el vivo de la coluna hasta el fumo scapo ( *fig.21.* ) donde termina su diminucion , y tiene de proyectura 10. partes. El modo de disminuir las columnas , y de formar quando se quisiere, las strias, ò canelaturas, se dirà despues.

El fumo scapo se dilata hasta el listelo , que forma el collarino : su altura es media parte. Siguese el tondino , ò cordoncillo , cuya altura es una parte , y su proyectura un modulo. Estas dos molduras son parte de la coluna , y se incluyen en sus 14. modulos.

### CHAPITEL. ( *fig.22.* )

Frifo del chapitel : altura 4. partes : proyectura 10. partes, igual al fumo scapo.

G. Listetos, ò anuletos : su altura es media parte cada uno.

H. Ovalo, ò echino: altura 2. partes, y media.

F. Cimacio, ò avaco: altura 2. partes, y media : proyectura 14. partes.

Siguese una gola reversa: su altura 1. parte.

Listelo del cimacio , ò avaco : su altura media parte : proyectura 15. partes, y media.

### CORNIJON. ( *fig.22.* )

Las proyecturas de las molduras , ò cortes del cornijon , se cuentan desde la linea que termina, y define el vivo el friso, architrabe, y fumo scapo de la coluna, que, como dixè en la *propof.5.* es siempre una misma linea recta.

El architrabe tiene de altura un modulo, esto es, 10. partes en lo vivo, y dos partes en el listelo; y éste tiene de proyectura otras dos partes.

Siguese el friso, cuya altura es un modulo, y medio : sus ornatos se explicarán despues.

La cornija consta de un modulo, y medio , en los cortes siguientes.

C. Listelo: altura 2. partes.

Gola reversa: altura 2. partes.

Listelo: altura media parte.

B. Dentellones: altura 3. partes: proyectura 5. partes.

Efgucio: altura media parte: proyectura 6. partes.

Co-

Corona: altura 4. partes: proyectura 18. partes, y media.

Gola reversa: altura 1. parte, y media.

Listelo, ò filete: altura media parte.

Esgucio, ò en su lugar gola reversa: altura 3. partes.

Filete: altura 1. parte : proyectura 2. modulos, que es la de toda la cornija.

### ORNATOS DEL CORNIJON. ( fig. 21. )

En la cornija parecen muy bien los dentellones: tienen, como dixe, 3. partes de altura: su proyectura es 5. partes, su ancho 2. partes, y distan el uno del otro 1. parte.

En el friso se ponen los triglifos D, que representan los cabos de las bigas que asientan sobre el architrabe; y porque habiendo columnas descansarían sobre ellas las bigas, por esta causa el Artifice ha de poner los triglifos directamente sobre ellas: y así, con gran razon reprehende Vitruvio à los que les colocan en la misma extremidad del architrabe. Habiendo arcos, se colocarán también sobre ellos los triglifos à distancias competentes, llamadas *metopas*.

Tienen los triglifos de ancho un modulo: su altura es la misma que la del friso: resaltan sobre su firme una parte, ò poco mas: el listelo de la cornija sigue el resalte de los triglifos, formandoles un chapitel, y resaltando muy poco sobre ellos. Constan los triglifos de dos canales en medio, que forman un angulo entrante, y dos medias canales à las orillas: los espacios entre las canales constan cada uno de dos partes, como también las canales, y cada media canal de una parte, que todas son 12. ò un modulo, que es lo ancho del triglifo.

Los metopas, ò espacios que dexan los triglifos, han de ser quadrados: conque siendo su altura la misma del friso, tendrán de ancho un modulo y medio, y vendrán con esto ajustados à los entrecolumnios, sin que haya columna à quien no corresponda su triglifo: entrando 4. de éstos en el entrecolumnio, que carece de arcos; 5. quando tiene arcos sin pedestales; y 7. quando hay arcos, y pedestales. El ornato que de medio relieve se ponía en los metopas, siempre fue arbitrario, y simbolico; y así los Antiguos ponían

## 20 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

en ellos muchas veces cabezas de toros, ò ciervos descarnadas, y platos, para significar los sacrificios que en sus Templos profanos ofrecian: otras veces esculpian aljabas, escudos, y otras armas en señal de los despojos de sus victorias: aora se podrán colocar en nuestros Templos algunos simbolos para mayor gloria de Dios, y honra de los Santos à que se dedican; como en los Palacios de los Principes algunas partes de sus armas.

Debaxo el listelo del architrabe, y en correspondencia de los triglifos se pone un filete muy delgado, y debaxo de èste se colocan seis gotas, ò campanillas E, como pendientes de los triglifos: su altura junta con la del filete es 2. partes, ò poco mas, y su proyectura algo mas de una parte, y la misma tiene el filete.

En el plano horizontal de la corona se suelen tambien esculpir algunos ornatos de medio relieve: y lo mas importante es, que si la obra ha de estàr expuesta à las lluvias, tenga la corona una canal cabada en dicho plano, para que la agua no passe de alli al friso, ni architrabe, y se conserve la fabrica con mayor integridad, y limpieza; y lo mismo se hará en los demàs ordenes.

### PROP. X. Problema.

*Hallar la cantidad del modulo en este orden Dorico.*

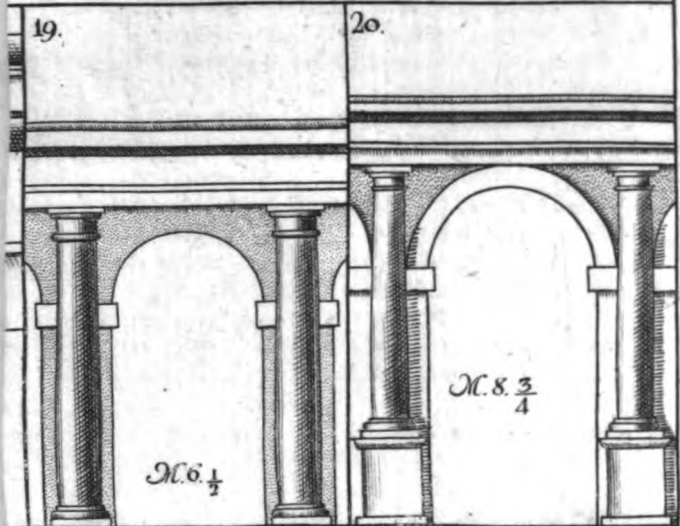
**S**I un cuerpo de Arquitectura de orden Dorico carece de pedestales, tiene de alto 20. modulos: partase pues la altura de la obra por 20. y lo que viniere al quociente será la magnitud del modulo. Como si la obra ha de tener de alto 80. palmos, se partiràn 80. por 20. y el quociente 4. palmos será la magnitud del modulo.

Si la obra tuviere pedestales tiene de altura 25. modulos, y un tercio: partase pues la altura que ha de tener la obra por 25. y medio, y el quociente será la magnitud del modulo. Como si la obra ha de subir 90. palmos, se partiràn 90. por 25. y medio, y el quociente 3. palmos y medio, con poca diferencia, será la magnitud del modulo.

PROP.

19.

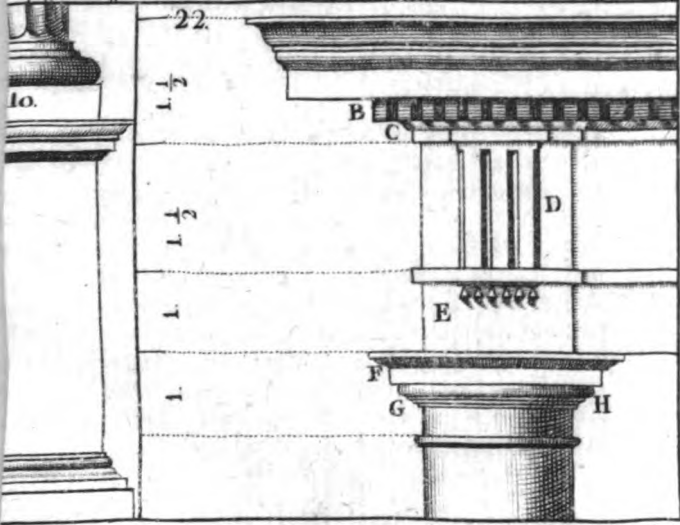
20.



6.  $\frac{1}{4}$

8.  $\frac{3}{4}$

22.



10.

1.  $\frac{1}{2}$

1.  $\frac{1}{2}$

1.

1.

B

C

D

E

F

G

H

H. Ricarte sculp.



## PROP. XI. Theorema.

*Explicase la disposicion de los Colunarios en el orden Dorico.*

1 **S**I el colunario no tuviere arcos, como en la *fig. 23.* será el entrecolunio 5. modulos y medio, según Baroccio; y con esto será mas facil hallar piedras de bastante magnitud para la seguridad del architrabe; y vendrán ajustados los metopas, y triglifos, guardando en ellos la disposicion que dixe en la *propof. 9.* pero si el edificio, y por consiguiente el modulo, fuere muy grande, será menester, ò disminuir el entrecolunio, como advierte Vitruvio; ò asegurar el architrabe con varas de hierro, ò de otro modo.

2 Si constare el colunario de colunas, y arcos, sin paraftades, ni pedestales, tendrá de alto el claro del arco 21. modulos, y un tercio, y de ancho 10. modulos, y dos tercios, que es la mitad de la altura; y los pies de los arcos asentarán sobre los chapiteles de las colunas; las impostas que les guardan serán de un modulo; el cornijon correrá horizontalmente sobre los arcos, y dando un modulo à cada triglifo, ( que es lo que se deve observar en todo caso ) se podrán poner 6. triglifos, que admitirán entre sí 5. metopas de ancho, cada una de 1. modulo, 6. partes, y dos quintos, y vendrá todo ajustado, poniendo un triglifo sobre cada coluna, lo que se ha de observar siempre, como arriba dixe.

3 Si en esta misma disposicion huviere pedestales, tendrá el claro del arco en alto 29. modulos, y en ancho 14. modulos, y medio. Podránse poner en el friso del cornijon 7. triglifos de coluna à coluna, dando un modulo à cada uno, y comprehenderán seis metopas, cada una de las quales tendrá de ancho un modulo, y tres quartos. Para hallar la cantidad del modulo en esta, y la antecedente disposicion, se partirá la altura de la obra por el numero de modulos que tiene dicha altura, como en otras partes queda dicho.

4 Si à mas de las colunas ha de haver paraftades, ò postes,



## 22 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

tes , pero sin pedestales , se dispondrà de esta manera la fabrica. Las paraltades tendràn de ancho 3. modulos ; y como la coluna ocupe los dos , quedará à cada parte medio modulo para chamba , ò poste del portal. Y porque en este caso descanfa la trabeacion superior sobre las columnas , cuya altura es 16. modulos , tendrá la obra muy agradable vista , distando una coluna de otra la mitad de dicha elevacion , que son 8. modulos ; y teniendo medio cada poste , tendrá el claro del arco 7. modulos de ancho : luego tendrá de alto 14. modulos , para que observe la proporcion dupla , quedando dos modulos hasta el cornijon ; medio para la imposta del arco ; otro medio hasta el collarino de la coluna , que se puede continuar por toda la obra ; y un modulo hasta el architrabe. La imposta del pie del arco , ò chapitel de los postes , tendrá tambien de altura medio modulo , ò algo mas , y sus cortes serán semejantes à los de la imposta del arco ; y entrambas tendràn una misma bolada , que son 4. partes. En el espacio de una à otra coluna inclusivamente , se pondrán en el friso cinco triglifos , de un modulo cada uno , y 4. metopas , de un modulo , y medio cada una ; y con esto vendrà su distribucion justa.

5 Si en este genero de colonarios , ò corredores huviere tambien pedestales , tendràn de ancho los pilares 5. modulos , los dos para la coluna , y los tres para los dos postes , que será cada uno de un modulo , y medio. La altura de la coluna , y pedestal es 21. modulo , y un tercio , con que al claro del arco se le daràn 20. modulos de alto ; y de ancho de poste à poste 10. modulos : à las impostas se les darà un modulo de altura , y medio de proyectura , y quedará un tercio de modulo entre el arco , y cornijon. La disposicion de las columnas , pilastras , retropilastras , &c. se dexa para mas adelante entre otras advertencias comunes à los cinco ordenes de Architectura.

CA-

## CAPITULO IV.

## DEL ORDEN JONICO.

**T**Oma su denominacion este orden Jonico de la Provincia Jonia, donde se labraron primero sus columnas. Esta obra Jonica, aunque no es tan fuerte como la passada, pero es mas hermosa, y tiene su simetria semejante à la figura de una Dama de gallarda disposicion. Sirve de modulo en este orden, como en los demàs, el semidiámetro del imo scapo de su coluna, à quien supongo dividido en 18. partes iguales, como tambien en los ordenes, que despues se siguen.

## PROP. XII. Theorema.

*Proporcion, y simetria del orden Jonico.*

**E**L scapo, ò cuerpo de la coluna, consta de 16. modulos, y un tercio: la basa tiene un modulo: el chapitel dos tercios de modulo; conque la coluna Jonica con basa, y chapitel consta de 18. modulos. La trabeacion superior, ò cornijon, tiene 4. modulos, y medio, que es la quarta parte de la coluna con basa, y chapitel, en esta forma.

El architrabe un modulo, y un quarto.

El friso un modulo, y medio.

La cornija un modulo, y tres quartos.

El pedestal, quando le tiene este orden, consta de 6. modulos, que es el tercio de la coluna con basa, y chapitel; esto es:

La basa del pedestal medio modulo.

La cornija del pedestal medio modulo.

El neto, ò stilobata 5. modulos.

Los cortes, y proyecturas, se explicarán en la Proposicion siguiente. Consta de lo dicho, que la altura de un cuerpo de Architectura de orden Dorico, no habiendo pedestales, const-

24 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.  
consta de 22. modulos, y medio; y haviendo tambien pedestales, 28. modulos, y medio.

PROP. XIII. Problema.

*Hallar la cantidad del Modulo en este orden Jonico.*

**P**artase la altura de la obra por 22. partes, y media, y lo que viniere à la particion, serà la magnitud del modulo, si la obra no huviere de tener pedestales; pero haviendo de tenerles, se partirà la sobredicha altura por 28. y medio; y lo que resultare de la particion, serà el modulo que se desea. *Exemplo.* Un cuerpo de Architectura Jonica sin pedestales ha de subir 60. palmos: pide se, quan grande sea el modulo. Partanse 60. por 22. y medio, y el quociente 2. palmos, y dos tercios, serà el modulo de esta obra. Haviendo de haver pedestales, partase la altura 60. palmos por 28. y medio, y el quociente 2. palmos, y poco mas de un dedo, serà el modulo que se busca.

PROP. XIV. Theorema.

*Explicanse los cortes, y proyecturas que suelen acompañar el Pedestal, Basa, y Columna en las obras Jonicas. (fig. 24.)*

**E**mpiezo por el pedestal, cuyos cortes, y principales proyecturas, contadas del medio del pedestal, son estas:

Soccolo, ò plinto : su altura 4. partes : proyectura 33. partes.

Filete, ò listelo : su altura media parte.

Gola directa : altura 3. partes.

Cordoncillo : altura una parte, y media.

Los sobredichos cortes suman medio modulo, que es la altura de la basa : siguese la stilobata, ò neto del pedestal, que, como dixè, tiene de altura 5. modulos, incluyendo en ellos los dos filetes inferior, y superior, que tienen de altura, cada uno una parte : la proyectura del neto son 25. partes. Siguese el chapitel del pedestal con los cortes siguientes, que juntos hacen medio modulo.

Cor-

Cordoncillo : su altura una parte.

Ovalo , ò echino : altura 3. partes.

Corona : su altura 3. partes : proyectura 33. partes.

Gola reversa : su altura una parte , y media.

Filete, ò listelo : altura media parte : proyectura 35. partes.

En la basa propia de este orden Jonico , se halla alguna variedad ; algunos le dan la basa de dos cordones, que viene à ser la *asucurga* ; pero esta por su hermosura, es comun à todas las columnas Griegas, y así dexo su descripción para otro lugar. Vitruvio, à quien sigue Baroccio, y Sebastiano Serlio, juzgan ser propia de este orden la basa , que consta de cordon sobre astragalo , y esto juzga Caramuel ser lo mas verdadero ; y advierte, con mucha razon , que la basa que nos describe Baroccio , ofende à la vista por lo desproporcionado de sus cortes, porque el cordon , ò thoro , es sobrado grueso , y el astragalo sobradamente delgado. La basa que describo en la *fig. 24.* es la de Baroccio, pero corregida , y es como se sigue.

Consta toda la basa ( *fig. 24.* ) de un modulo, sin incluir el listelo que forma la peltaña del pie de la columna , à cuyos modulos pertenece en este orden, y en los que se siguen. Los cortes son estos.

Plinto : altura 6. partes: proyectura 25. como el pedestal.

Escocia, incluyendo un filete inferior , y otro superior: su altura 3. partes, y media : proyectura en el filete inferior 24. partes, y media, y en el superior 22. partes.

Astragalo compuesto de dos cordoncillos iguales: altura una parte, y un tercio : proyectura 22. partes, y media.

Escocia junta con el listelo inferior : altura 2. partes , y dos tercios : proyectura del listelo inferior 22. partes: en lo alto tiene la misma proyectura del listelo siguiente.

Listelo , ò filete : altura 1. parte : proyectura 20. partes, y media.

Thoro , ò cordon: altura 3. partes, y media : proyectura en medio, ha de ser igual à la de los filetes del astragalo.

La columna de este orden Jonico , tiene, como dixé, con basa, y chapitel 18. modulos ; y quitado un modulo , que le toca à la basa , y dos tercios del chapitel , quedan 16.

mo-

## 26 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

modulos, y un tercio para scapo, ò caña de la columna. El listelo inferior, tiene de altura una parte, y media: su proyectura es 20. partes: luego sube estrechándose hasta alcanzar el modulo, que es 18. partes. El fusto scapo (fig. 25.) tiene de proyectura 15. partes: allí se dilata hasta formar un listelo, que es el collarino, y tiene de altura una parte: sigue un tondino, ò bofel, que tiene de alto dos partes, y de proyectura 18. Todo esto es parte de la columna.

### PROP. XV. Theorema.

*Explicanse los cortes del Chapitel de la columna Jonica.*

(fig. 25.)

**L**A altura del chapitel, es dos tercios de modulo, esto es, 12. partes: sus cortes son un echino, que suele adornarse con ovalos, y agallones: su altura 5. partes: proyectura 22. partes. Sigue uno como friso, que viene à formar un esgucio: su altura es 3. partes: su proyectura en lo inferior, es la misma que la del vivo superior de la columna: en lo superior la del listelo siguiente. Listelo: altura una parte: proyectura 17. partes. Gola reversa: altura 2. partes: proyectura 19. partes, y media. Filete, cuya altura es una parte, y su proyectura 20. partes.

El principal ornato de este chapitel, son dos volutas, ò espiras, que forma el mismo friso, y filete sobredicho, como se vé en la fig. 26. rebolviéndose en diminucion hasta fenecer en un pequeño círculo, llamado Ojo, ò Rosa de la voluta. La altura vertical de la voluta es 16. partes: las 8. están sobre la rosa; à ésta se le conceden 2. partes, y las seis restantes caen àzia baxo. La latitud horizontal de las volutas, es 14. partes: las 7. à la parte que cae de la rosa à fuera: las 2. son de la rosa, y las cinco restantes caen àzia el medio de la columna. Todo lo declara la fig. 26.

### PROP. XVI. Problema.

*Descripcion, y formacion del Chapitel Jonico. (fig. 26.)*

**L**A formacion del chapitel Jonico, solo tiene especial dificultad en la colocacion de la rosa de las vo-

volutas en su propio lugar , y en la delineación de las bueltas con que éstas se contornan. En quanto à la colocacion de la rosa hay alguna variedad entre los Autores. Jacome Baroccio de Viñola la dispone de esta suerte.

Hace el abaco de 40. partes en quadro; y por consiguiente su mitad AB de 20. partes : retirase dos partes de A hasta C; y de este punto tira la perpendicular CD, llamada *casheto*, conque viene à passar por el pie de la gola reversa del *cimacio*, y en esta linea ha de colocarse el centro de la rosa. La perpendicular CD ha de tener 19. partes de modulo; y sirviendo las tres para el abaco, y cimacio, como antes dixè, quedan 16. para lo alto de la voluta; medida en que comunmente concuerdan los Autores: de estas 16. partes de la voluta, hay 8. desde arriba hasta la rosa: èsta tiene de diametro dos partes, y las 6. que restan son para lo restante de la voluta debaxo la rosa.

Segun esta disposicion viene à caer el centro de la rosa en la misma linea que por arriba termina el borde superior de la coluna; porque teniendo el chapitel 12. partes, y tocandole tres al abaco, y cimacio sobre la voluta, quedan 9. hasta el borde de la coluna, las que ocupan justamente las 9. partes de la voluta que hay desde lo mas alto de ella hasta el centro de la rosa. Reprueba esta colocacion el Obispo Caramuel, pareciendole faca Baroccio la rosa de su propio lugar, que devia ser el centro del círculo que forman el borde superior de la coluna, ajustando entrambos centros en correspondencia à un mismo punto. Aprueba la disposicion de Baroccio Carlos Cesar Ofio: y aunque la materia es de poco momento; pero porque los Comentaradores de Vitruvio, como son Daniel Barbaro, electo Obispo de Aquileya, y Monf. Perraul, como tambien Sebastiano Serlio, y otros comunmente observan la disposicion que Caramuel pretende, explico tambien el modo de obrar segun dichos Autores, para que elija cada uno el que mejor le pareciere.

Sea pues (fig. 27.) el lado del abaco, que cubre al chapitel, de 38. partes de modulo, tomense dos partes, y cuenten se de

## 28 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

de M hasta R ; y del punto R se echarà la perpendicular RD , ò catheto , à quien se le darà de longitud la mitad del abaco, que son 19. partes de modulo, y èsta serà la altitud del chapitel juntamente con las volutas. De estas 19. partes le tocan tres à RX , altura del cimacio , y abaco , como queda dicho ; conque restan para la XD altura de la voluta 16. partes (en la figura se expressan ocho, que cada una vale dos partes:) contando pues 12. partes, ò dos tercios de modulo de R à Z , viene el centro Z de la rosa à corresponder al centro del borde la coluna , quedando el chapitel RA de 11. partes. Desde Z con el radio ZA , se harà la rosa ; y luego se describirà la voluta por qualquiera de los modos siguientes: advirtièdo, que si bien puede formarse la voluta, de suerte, que todas sus bueltas estèn en un mismo plano; pero serà mucho mas hermosa, si fuere resaliendo; de modo, que la segunda buelta salga algo mas que la primera; y la tercera, algo mas que la segunda; y la rosa aun algo mas que todas, como saben muy bien los Pràcticos.

### V O L U T A I.

*Por semicirculos , y dos centros. (fig. 27.)*

**H**aciendo centro en A , estienda se el compàs hasta X, debaxo del abaco en lo mas alto de la zona , ò cinta con que se ha de formar la voluta , y tirese un semicirculo desde X hasta D. Hagase despues centro en B , y con la distancia BD hagase otro semicirculo de B à C : buelvasè à hacer centro en A , y con el radio AC hagase otro semicirculo de C à E. Y ultimamente, haciendo centro en B con el intervalo BE , se harà el ultimo semicirculo, que tocarà la rosa en el punto A.

Para describir la segunda linea de la voluta , que continua el listelo por todas sus bueltas , por tener èste en QM la quarta parte de la zona XC, se tomaràn las distancias AP , BL , que sean cada una la quarta parte del radio de la rosa ; y poniendo el pie firme del compàs en la P , y el otro en Q , se describirà el semicirculo QN. Pongase despues el pie del compàs en L, y el otro en N , y tirese el se-

femicirculo NO ; y haciendo otra vez centro en P, con la distancia PO , hagase el arco OV : de donde puesto el pie del compás en L, se tirará el semicirculo VA , que fenecerá en la rosa.

## VOLUTA II.

*Por semicirculos , y seis centros. ( fig. 28. )*

**E**sta descripción es de Sebastiano Serlio , y suelen usar de ellas los Architectos. El diametro AB de la rosa de la voluta ( pintase aparte en mayor circulo para mas claridad ) dividase en seis partes iguales en los puntos C, E, &c. luego sobre el centro A tirese el semicirculo AB; y sobre el centro B, el semicirculo BC; y sobre el centro D, el semicirculo DE; y sobre el centro E, el semicirculo EF : y ultimamente sobre el centro F , el semicirculo FA, y quedará descrita la voluta exterior.

Para delinear la interior, parto por medio las distancias AC, CE, &c. y del punto que media entre A, y C, hago el primer semicirculo de la voluta interior ; y sobre el punto que media entre B, y D, hago el segundo semicirculo de abaxo arriba ; y sobre el punto puesto entre C, y E, hago el tercero de arriba abaxo ; y de entre D, y F, el quarto de abaxo arriba; y de entre E, y O, hago el quinto de arriba abaxo ; y de entre F, y O, el sexto de abaxo arriba , y queda hecha la voluta.

## VOLUTA III.

*Por quadrantes. ( fig. 26. )*

**E**sta descripción es de Jacobo Baroccio , Andres Palladio , y otros : es muy admitida , y procede del modo siguiente. El circulo de la rosa se divide en quatro partes iguales , como se ve aparte para mayor claridad: tiranse las quatro rectas de los terminos de los diametros, y queda hecho un quadrado, en cuyos lados caerán quatro perpendiculares desde el centro. Cada una de éstas perpendiculares se dividirá en tres partes iguales , y se nota-



### 30 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

taràn con las letras, que se ven en la figura, sin alterar su orden, por depender de èste la perfeccion de la operacion. Entre letra, y letra queda una linea, que se ha de dividir en quatro partes, y en la primera se pondrà un punto, que servirà para delinear la voluta interior.

Hecho esto, sobre el centro A se delinearà el primer quadrante: sobre el centro B el segundo: sobre C el tercero: sobre D el quarto: sobre E el quinto; y asì se proseguirà, hasta llegar al fin. Para delinear la voluta interior se pondrà el compàs en el punto señalado entre A, y E, y se harà desde alli el primer quadrante: del puesto entre B, y F se harà el segundo: de entre C, y G el tercero: y así. de los demás, hasta llegar al fin de la obra. Otros modos de formar las volutas se pueden ver en el Tratado 5. de la Arquitectura del Obispo Caramuel.

De estas volutas tiene quatro el chapitel Jonico, dos en la frente, y otras dos en el dorso: de cada una de la frente à su correspondiente en el dorso passa un orejon llamado *barabuste*, conque se forma el lado del chapitel: vistese de hojas, porque el chapitel Jonico no es de los mas garbosos de los que suelen adornar las colunas; por esta causa Scamozzi, y otros no forman las volutas en el mismo plano que hace frente, ò dorso à la colunas, si que las buelven casi à la diagonal, como se puede ver en las que fabricò Michael Angelo Bonarota, quien les añadió además de lo dicho un friso, como parte del chapitel, con un colgante, cuyos cabos salen de las rosas de las volutas: con esto tiene de alto de chapitel 30. partes de modulo con poca diferencia. Estos chapiteles adornan las colunas Jonicas del Capitolio en Roma: su figura puede ver el curioso en Caramuel, lamina xxxix.

PROP.

## PROP. XVII. Theorema.

*Explicanse los cortes, y proyecturas que suelen adornar la trabecacion superior de este orden Ionico. (fig. 25.)*

**C**uentanse las proyecturas en el cornijon del vivo del friso, y pie del architrabe, cuya proyectura es la misma que la del vivo de la coluna en lo superior de ella, como en otras partes dixe.

Vivo del architrabe: altura 4. partes, y media.

Siguese una faxuela: su altura 6. partes.

Otra faxuela: su altura 7. partes, y media.

Gola reversa: su altura 3. partes.

Listelo: su altura una parte, y media; y su proyectura, que es la del architrabe, 5. partes: es pues la altura del architrabe un modulo, y un quarto, que son 22. partes, y med.

El friso tiene de altura un modulo, y medio. La cornija suele tener los cortes siguientes, empezando de abaxo.

Gola reversa: su altura 4. partes, y un filete de una parte; su proyectura 5. partes.

Dentellones: altura 6. partes; proyectura 8. partes, y media. Cada dentellon tendra 4. partes de latitud, y se dexara entre uno, y otro un vacio de dos partes.

Siguese un filete de media parte, y un cordoncillo de una parte, en que se suelen formar unos granos para mayor ornato.

Echino: su altura 4. partes; proyectura 13. partes. Suelese exornar con ovalos, y agallones.

Corona: altura 6. partes; proyectura 23. partes.

Siguese una gola reversa: su altura 2. partes, y sobre ella un listelo de media parte.

Gola directa: altura 5. partes; y sobre ella el filete, cuya altura es 1. parte, y media; y su proyectura, que es de toda la cornija, 31. partes.

PROP.

## PROP. XVIII. Theorema.

*Disposicion de los Colunarios Jonicos.*

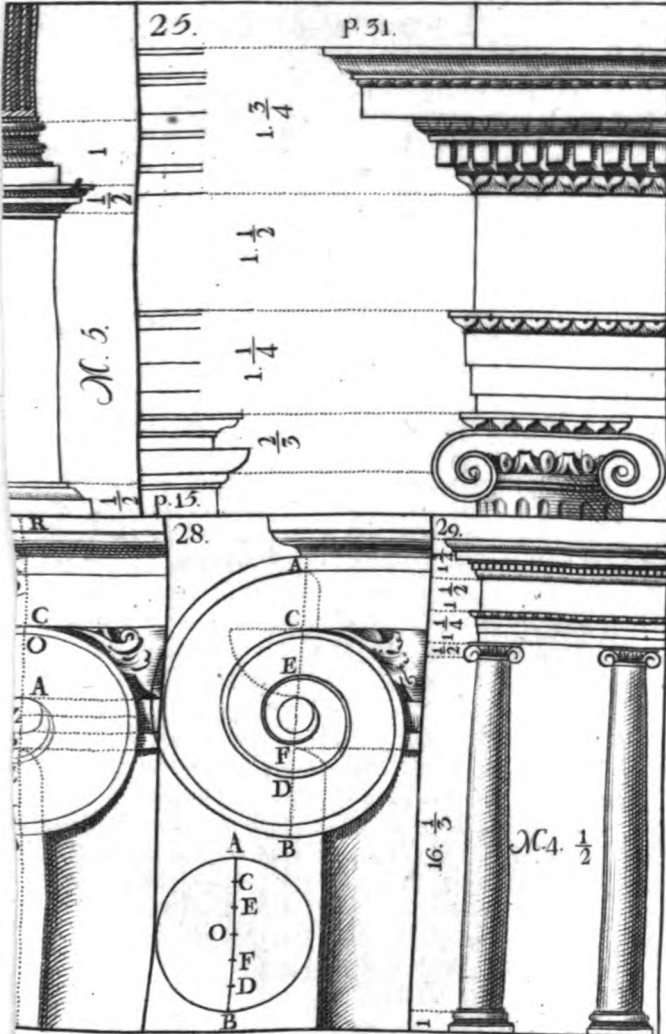
1<sup>o</sup> SI el colunario careciere de arcos , como en la *figura 29.* serà el entrecolunio de superficie à superficie de coluna , de 4. modulos , y medio , segun Baroccio: cuydando siempre de observar lo advertido en la *Propos. 11. num. 1.*

2 Si contàre el colunario de colunas , y arcos , sin paraftades , ni pedestales , serà la altura del claro del arco 24. modulos , y lo ancho 12. modulos : en este caso descansen los pies de los arcos sobre los chapiteles de las columnas ; la imposta que les guarnece , tendrá un modulo de altura , y un tercio de proyectura ; y sobre ellas ha de assentar el cornijon.

3 Si en esta misma disposicion huviere pedestales , serà la altura del arco 32. modulos ; y su ancho 16. modulos. En este caso , y en el antecedente se hallarà la cantidad del modulo , partiendo la altura de la obra por el numero de modulos de que consta ; y así , porque la altura en la antecedente disposicion , anadido el cornijon , y la imposta es 29. modulos , y medio , se partirà la altura de la obra por 29. y medio , y el quociente serà la magnitud del modulo : por la misma razon se partirà dicha altura por 37. modulos , y medio en el ultimo caso en que hay pedestales , y se hallarà el modulo.

4 Si en la obra Jonica , à mas de las colunas huviere de haver paraftades , ò postes , pero sin pedestales , serà lo ancho de los paraftades 3. modulos ; y ocupando dos modulos la columna , resta à una , y otra parte de ella medio modulo para poste. El claro del arco tendrá 8. modulos , y medio : su altura 17. modulos. El chapitel de los postes tendrá de altura un modulo , y de proyectura 6. partes. La imposta que circuye al arco serà medio modulo , para que ajuste con lo firme del poste ; y del claro del arco hasta el cornijon quedará un modulo.

5 Si en esta disposicion de arcos concurrieren tambien



H. Ricarte fulp.<sup>c</sup>



bien pedestales , será lo ancho de los pilares 4. modulos, con que queda un modulo à cada lado de la coluna para poste : el chapitel , ò imposta de los postes tiene tambien un modulo : lo mismo se le da à la imposta del arco : éste tiene de claro 22. modulos de altura , y onze de ancho : si à los 22. de la altura, añadimos un modulo de la imposta, son 23. y siendo la altura de la coluna, con basa , y chapitel, y del pedestal, 24. modulos , queda un modulo entre la imposta, y cornijon.

## CAPITULO V.

## DEL ORDEN CORINTHIO.

**E**L orden Corinthio tuvo su origen en la Ciudad de Corintho , emporio antiguamente de toda la Grecia. Es sin controversia este orden el mas elegante de la Architectura, por juntar en sí la gracia , y hermosura del Jonico con la magestad del Dorico : su simetria es como se sigue.

## PROP. XIX. Theorema.

*Simetria que se observa en el orden Corinthio.*

**L**A coluna con basa , y chapitel , tiene segun Baroccio 20. modulos , otros dan algo menos. De dichos 20. modulos, tiene la basa 1. modulo ; el cuerpo de la coluna, ò scapo 16. y dos tercios ; y el chapitel dos modulos, y un tercio. El cornijon consta de 5. modulos , que es la quarta parte de la coluna con basa , y chapitel , distribuidos en la forma siguiente. ( fig. 30. )

El architrabe tiene un modulo, y medio.

El friso tambien un modulo, y medio.

La cornija dos modulos.

El pedestal , quando le tiene , puede quedar con 6. modulos, y dos tercios de altura , que es la tercera parte de la coluna con basa , y chapitel ; pero será mejor se le den 7. modulos , de los quales tendrá la basa del pedestal 12.

Tomo V.

C.

par-

34 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.  
partes; el pecto, ò stilobata 5. modulos; y su cornija 14.  
partes de modulo: con esto tendrà el pedestal, sin la corni-  
ja, y basamento, los dos quadrados, por tener de ancho 2.  
modulos, y 14. partes.

De aqui se colige ser la altitud de un cuerpo de Archi-  
tectura Corinthia, quando carece de pedestales, 25. mo-  
dulos; y quando tiene pedestales, 32. modulos.

PROP. XX. Problema.

*Hallar la cantidad del modulo en este orden Corinthio.*

SI la obra no ha de llevar pedestales, partase su altura  
por 25. y si les huviere de llevar, partase por 32. y en  
entrambos casos lo que viniere al quociente será la canti-  
dad del modulo. Como si la obra tuviere de alto 60. pal-  
mos, partiendo 60. por 25. sale el modulo de 2. palmos, y  
cerca de 6. dedos; y partiendo 60. por 32. se halla ser un  
palmos, 13. dedos, y 3. quartos, conque se sabe el modulo  
en entrambos casos.

PROP. XXI. Theorema.

*Explicanse los ornatos, y proyecturas, que acompañan regular-  
mente al orden Corinthio.*

PEDESTAL. (fig. 31.)

EMpezando por la basa del pedestal, son sus cortes los  
siguientes.

Soccolo: su altura 4. partes: su proyectura, contada  
desde lo firme del pedestal, es 8. partes.

Thoro, ò cordon: su altura 3. partes: su proyectura en  
medio sea igual à la del soccolo.

Litoncillo: altura 1. parte.

Gola directa: altura 3. partes.

Cordoncillo: su altura 1. parte, que todas son 12. par-  
tes, que, como dixè, le tocan à la basa del pedestal.

Siguiese el neto del pedestal, cuya altura es 5. modulos,  
y 10. partes; y su latitud 50. partes, tiene una pestaña in-  
fe-

ferior , y otra superior , que rematan en unos listoncillos, cada uno de una parte , incluidos en la sobredicha altitud del neto.

Sobre la pestaña superior hay un cordoncillo, cuya altura es una parte , que juntamente con el listoncillo de la pestaña , forma uno como architrabe para el friserolo del cornijoncillo del pedestal: su proyectura es 2. partes.

Friserolo: su altura 5. partes , y guarda el mismo firme del neto, ò cuerpo del pedestal.

Siguese un listoncillo: su altura 1. parte.

Cordoncillo: su altura 1. parte.

Gola directa , que forma lo cabado de lo inferior de la corona: su altura , sin lo que entra en la corona , es una parte.

Corona: altura 3. partes: proyectura 6.

Gola reversa: altura una parte, y media.

Listoncillo: altura media parte; y su proyectura 8.

Toda la altura de la cornija del pedestal son 14. partes.

#### BASA. (fig. 31.)

Plinto : su altura es 6. partes : su proyectura la misma que el firme del pedestal.

Cordon : altura 4. partes : proyectura la misma que el plinto.

Siguese un pequeño listoncillo , y una escocia : su altura 1. parte, y media.

Siguese un astragalo : su altura 2. partes repartidas en los dos filetes, y dos cordoncillos que le componen.

Siguese otra escocia , y un filete: su altura 1. parte , y media.

Un cordon , cuya altura son tres partes , y fuman todas un modulo, que es la propia altura de la basa.

Esta basa es , segun Caramuel , la propia de este orden Corinthio, porque

La basa Toscana tiene solo un bosal, ò cordon.

La Dorica no tiene basa propia.

La Jonica un astragalo debaxo de un cordon.

La Corinthia un astragalo entre dos cordones.

La Compuesta tiene comunente , ò lo mismo que la



COLUNA , Y CHAPITEL. ( fig. 32. )

El scapo , ò cuerpo de la coluna tiene de alto 16. modulos , y dos tercios , incluyendo el listelo de la peñaña del imo scapo , y el listelo , y cordoncillo , que adornan el fumo scapo , que tienen de proyectura contada del vivo del fumo scapo 4. partes. El imo scapo tiene de latitud dos modulos ; el fumo scapo 30. partes. El modo de disminuir las columnas se verá mas adelante.

El chapitel de este orden Corinthio tiene de alto 2. modulos , y un tercio con el abaco ; pero sin el abaco tiene dos modulos. Su adorno es un follage con dos ordenes de hojas , y unas flores , y caulicolos , cuyas alturas por menudo se expressan en la fig. 32. y son las siguientes.

A, y B juntas son el abaco del chapitel , tiene 6. partes en alto , que es el tercio del modulo. Consta de un echino , cuya altura es dos partes ; y su proyectura por la diagonal es dos modulos , contados desde el exe de la coluna prolongado. Siguese un filete , cuya altura es una parte , y su proyectura 34. y luego un bosal de 3. partes de alto , y 32. y media de proyectura.

C. Caulicolo : altura 8. partes.  
D. Hojas menores , que llegan à tocar al caulicolo 4. partes.

E. Hojas de en medio : su buelta tiene 3. partes ; distan de las inferiores 9. partes.

F. Hojas inferiores: buelta 3. partes; y distan sus cabos del tondino , ò borde superior de la coluna 9. partes.

G. Son las flores.

La salida , ò proyectura de las hojas consta de la misma figura , donde se ve no han de exceder fuera de la recta , que baxa de la esquina del abaco al tondino. Consta tambien alli mismo , que la proyectura , ò radio del labio superior del timpano , ò cuerpo de el chapitel , es 21. partes.

La formacion del abaco es como se sigue. Hagase el quadrado , cuya mitad es KMN , y su diagonal sea 4. modulos , lo qual se hará facilmente describiendo un circulo ,

cu-

cuyo radio sea dos modulos , è inscribiendo en èl un quadrado , y èste ferà el del abaco : tirente en los quatro cabos de las diagonales unas lineas de quatro partes de modulo perpendiculares à las diagonales , y que sean divididas por èstas en dos partes iguales , y ètas serviràn para el corte del borde superior del abaco en las esquinas , y el corte por lo inferior tendrà una sola parte de modulo , como se ve en la *figura 32*. Hecho esto , para formar el hueco del abaco , se harà sobre cada lado un triangulo equilatero KOM , y haciendo centro en O , con la distancia OM , se harà dicho abaco ; y asimismo desde el centro O , se estenderà el compàs à cada uno de los cortes del cabo , y quedaràn dichos cortes continuados por todo el abaco.

### CORNIJQN CORINTHIO. (*fig. 33.*)

Afsienta el cornijon de tal fuerte sobre el chapitel de la coluna , que su vivo viene en linea recta sobre el vivo de la coluna en el fumo scapo , sin salir mas afuera , ni quedar se mas adentro. La altura , y el buelo de sus cortes , contado desde el vivo del architrabe , es el siguiente.

Vivo del architrabe : altura 5. partes : proyectura igual al fumo scapo de la coluna.

Siguen se unos granos : su altura una parte : proyectura media parte.

Siguen se una faxuela : altura 6. partes : proyectura igual à la de los granos.

Gola reversa : altura 2. partes : proyectura una parte , y media

Otra faxuela : altura 7. partes : proyectura igual à la gola reversa.

Listelo : altura una parte : proyectura dos partes.

Gola reversa : altura 4. partes , y un listelo : su altura una parte ; y su proyectura 5. partes , que es toda la proyectura del architrabe ; y su total altura es 27. partes , esto es , un modulo , y medio.

El friso tiene de altura un modulo , y medio : su proyectura es igual al fumo scapo de la coluna : tiene en la parte superior un filete de media parte , y un cordoncillo de

### 38 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

de una, y son parte del friso.

La cornija tiene inmediata al friso una gola reversa: su altura es 3. partes: proyectura del friso à fuera 5. partes.

Siguiese un listoncillo de media parte.

Dentellones: altura 6. partes: proyectura 9. Tiene cada uno de ancho 4. partes, y distan entre si dos partes; lo demàs consta de la *fig. 33.* aunque por ser pequena no puede expressar las partes mas menudas.

Listoncillo: altura media parte: y un cordoncillo de una parte de altura: y proyectura 9. partes, y media.

Siguiese un echino, que se puede adornar con ovalos, y agallones; y sobre el echino, un listoncillo: al echino le tocan 4. partes de altura, y media al listoncillo: su proyectura 13. partes, y media.

Una faja llana: su altura es 6. partes; de esta salen los modillones, que ademàs de hermostear la obra, se supone sustentan la corona: estos se visten à gusto del Artifice; y se disponen de fuerte, que corresponda un modillon al medio de las columnas: pueden tener de ancho 8. partes: su proyectura igual à la del plano inferior de la corona. Tambien ha de haver correspondencia de los ovalos del echino, con los dentellones, segun se ve en la figura.

Corona, tiene de alto 6. partes, y media: su plano vertical lleva 5. de las dichas partes; y las restantes 1. y media son para una gola reversa, que adorna el borde inferior de la corona: su proyectura es 31. partes hasta el plano vertical: los florones, y otros ornatos del plano inferior de la corona son arbitrarios.

Gola reversa: altura 1. parte, y media, y un filete encima de media parte: su proyectura 33. partes.

Ultimamente tiene una gola directa: su altura 5. partes, y sobre ella un liston de una parte: su proyectura es 38. partes, ò dos modulos, y dos partes: y es la altura de toda la cornija 2. modulos, como antes dixe.

PROP.

## PROP. XXII. Theorema:

*Disposicion de los colunarios de este orden Corinthio.*

**I** Si el colunario careciere de arcos, como en la *fig. 30.* será, segun Jacobo Baroccio, y el P. Milliet, el entrecolumnio de 4. modulos, y dos tercios, observando lo advertido en la *Propos. 11.*

2 Si constare el corredor, ò colunario de arcos que se levanten inmediatamente de sobre las colunas, será la altura del claro del arco, no habiendo pedestales, 26. modulos, y dos tercios, y su ancho 13. modulos, y un tercio: y añadiendo à la altura del claro un modulo, que ha de tener la imposta del arco, y 5. modulos del cornijon, será toda la altura de la obra 32. modulos, y dos tercios; y por este numero se havrán de partir los pies, ò palmos que ha de subir la obra para determinar la magnitud del modulo.

3 Si en esta misma disposicion huviere tambien pedestales, será la altura del claro del arco 36. modulos, y su ancho 18. modulos; y añadido à la altura un modulo que tiene la imposta, y 5. modulos del cornijon, es toda la altura 42. modulos, conque para hallar determinadamente el modulo, se havrà de partir la altura dada de la obra por 42.

4 Si en este orden Corinthio, además de las colunas huviere tambien postes, ò paraftades, però sin pedestales, será el claro del arco 18. modulos en alto, y 9. en ancho; y los pilares tendrán tres modulos, y quedará medio modulo à cada parte de la coluna para postes. La imposta tendrá medio modulo, y quedará modulo, y medio hasta el cornijon.

5 Si ha de haver tambien pedestales, tendrá el claro 25. modulos de altura, y 12. de ancho, passando algo de los dos cuadrados para mas hermosura. Las paraftades, ò pilares tendrán de ancho quatro modulos; y con esto tendrá un modulo cada poste al lado de las colunas. La imposta será de un modulo, y quedará hasta el cornijon otro modulo, por ser la coluna, y pedestal de 27. modulos.

CA-

## CAPITULO VI.

## DE EL ORDEN COMPUESTO.

**E**ste quinto orden de Architectura se llama *compuesto*, por no ser otra cosa que una composicion de los ordenes Griegos, singularmente del Jonico, y Corinthio; y porque los Romanos fueron los que inventaron esta composicion, le dan algunos el nombre de *Italiano*. Participa mucho mas del Corinthio que del Jonico, porque de éste solo tiene las volutas en los lugares que tiene aquel los caulicolos; y unos ovalos, y agallones en el echino debajo del abaco: lo restante es casi todo el Corinthio, siendo en ambos iguales las dimensiones de la coluna, basa, chapitel, cornijon, y pedestal; conque solo el chapitel viene à ser el distintivo de estos ordenes.

## PROP. XXIII. Theorema.

*Explicase la simetria del orden compuesto. (fig. 34. 35. y 36.)*

**L**A simetria de este orden, como dixè, es la misma que la del Corinthio; y así, no hay para que nos detengamos en su explicacion. La coluna con basa, y chapitel consta de 20. modulos; uno de éstos tiene la basa; y dos, y un tercio el chapitel; lo restante hasta 20. tiene la coluna. El cornijon consta de 7. modulos, de los quales tiene uno, y medio el architrabe; uno, y medio el friso, y dos la cornija. El pedestal tiene 7. modulos de altura, y 50. partes de ancho: de los siete modulos tocan à su basa 12. partes, y 14. à su cornijon, como se ve en las fig. 34. 35. y 36.

PROP.

## PROP. XXIV. Problema.

*Ornatos, y proyecturas de que suele constar este orden  
Compuesto.*

## PEDESTAL. (fig. 34.)

**L**A basa del pedestal tiene un soccolo de 4. partes de altura, y 8. de proyectura, contada del vivo del neto. Un cordon, altura 3. partes, proyectura igual à la del soccolo. Un listoncillo de una parte. Una gola reversa de 3. partes; y un filete de una parte. El neto del pedestal tiene lo mismo que el Corinthio.

La cornija del pedestal tiene primeramente un cordoncillo de una parte, un friserolo de 5. partes, un bosal de una parte, un listoncillo de media parte, un echino de una parte, y media. La corona 3. partes. Gola reversa una parte, y media, y un filete de media parte; y es la proyectura de esta cornija 8. partes.

## COLUNA. (fig. 34.)

La basa de la coluna en este orden, es como en el Corinthio, compuesta de un astragalo entre dos thoros, ò cordones: el imo scapo de la coluna son dos modulos: el sumo scapo 30. partes, como en la Corinthia. El chapitel, como dixè, tiene con poca diferencia lo mismo que el Corinthio, solo que en lugar de los caulicolos tiene volutas, que salen del timpano, ò cuerpo del chapitel, y cubren casi totalmente el cimacio: formase este con la misma arte que el Corinthio. Todo lo qual se ve claramente en la fig. 35.

## CORNIJON. (fig. 36.)

Vivo del architrabe 8. partes: proyectura igual al sumo scapo.

Gola reversa, 2. partes.

Faxa: altura 10. partes: proyectura 2. partes, contada del vivo.

Un cordoncillo con granos: altura una parte.

Echino, gravado con ovalos, y agallones: altura 3. partes: proyectura cinco partes.

AN-

#### 40 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

Antechino, ò esgucio : altura 2. partes, y un filete de una parte : proyectura 7. partes, que es la de todo el architrabe.

Frifo : un modulo, y medio : proyectura igual al vivo del architrabe : en la parte superior tiene un filete de media parte, y un cordoncillo de una parte con granos, incluidos en la misma altura del frifo.

En la cornija ocurre primeramente un echino con ovalos : su altura 5. partes : y sobre el echino un listelo : su altura una parte : proyectura 8. partes desde el vivo del frifo.

Dentellones : su altura 8. partes : proyectura 14. cada dentellon tiene de ancho 6. partes ; y los vacios 3. partes.

Gola reversa : altura 4. partes, y un filete de una parte : proyectura 18. partes.

Siguiese la corona, cuya altura es 5. partes ; y lo excabado de ella en el plano horizontal inferior, forma una gola directa, que baxa mas baxo de la corona una parte, y media : proyectura de la corona es 28. partes.

Siguiese un cordoncillo con granos : altura una parte.

Gola reversa : su altura 2. partes.

Listoncillo una parte : proyectura 31. partes.

Gola directa : altura 5. partes ; y sobre ella un filete de una parte, y media : proyectura 36. partes, ò dos modulos, que es la que le toca à toda la cornija. Estas molduras, y ornatos se pueden variar à gusto del Artifice.

Los colunarios, corredores, y portales de este orden guardan las mismas dimensiones, y disposicion de los Corinthios ; y así no se necesita de mas explicacion.

CA-

## CAPITULO VII.

RESUELVENSE ALGUNOS PROBLEMAS PERTENECIENTES à los cinco ordenes de Arquitectura.

PROP. XXV. Problema.

*Trazar la basa Aticurga. (fig. 35.)*

LA basa aticurga, como dixè, es muy hermosa, y fuele colocarse acertadamente en los ordenes Dorico, Jonico, Corinthio, y compuesto. Consta de una escocia entre dos thoros, ò cordones. Llamase *Atica*, ò *Aticurga*, por hallarse primero labrada por los Atenienfes. Trata de ella Vitruvio en el *lib. 3. cap. 3.* su fabrica es como se figue ( *fig. 35.* )

El plinto tiene de alto 6. partes de modulo, que su pongo dividido en 18. partes. La proyectura del plinto es siempre igual al neto, ò firme de el pedestal; cuento aqui las proyecturas del listelo, que forma el remate del imo scapo, ò pie de la columna, como se ve en la figura.

Sobre el plinto hay un thoro, ò cordon; su altura es 4. partes, y media; su proyectura igual à la del plinto.

Siguiese un filete: altura media parte; proyectura dos partes, y un quarto.

Escocia; su altura tres partes; su delineacion se dirà despues.

Otro filete; altura media parte; proyectura una parte, y media.

Cordon segundo; su altura 3. partes, y media; proyectura en el medio dos partes, y un quarto; conque es igual à la del filete inferior de la escocia: sobre este cordon asienta la columna; y es la proyectura total de esta basa contada del remate de la columna 5. partes. Formase la escocia del modo siguiente.

Del borde del filete superior de la escocia en la figura

ra



#### 44 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

ra 36. tirese una perpendicular AB, en quien se tomarà 1. parte, y med. de modulo hasta O; y con esta distancia se descrivirà un cuadrante de circulo, terminado en la horizontal EC: tirese la CI à la extremidad del filete inferior: dividase èsta por medio con la perpendicular XE, que cortarà el radio CO, alargado en E; y con la distancia EC, se harà el arco CBI, y quedarà formada la escocia.

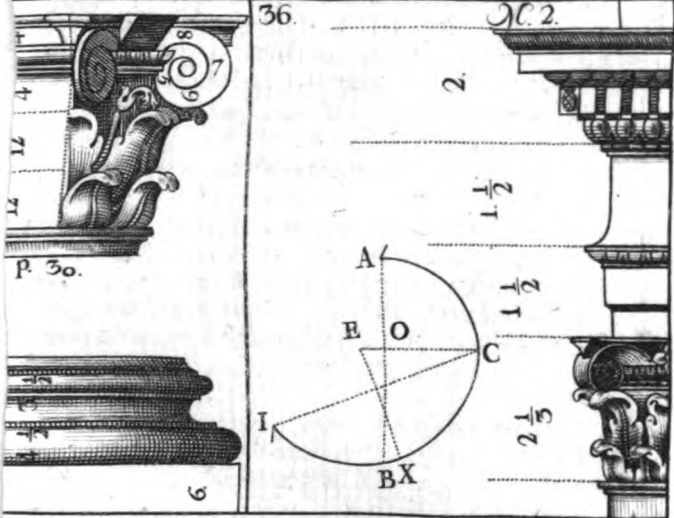
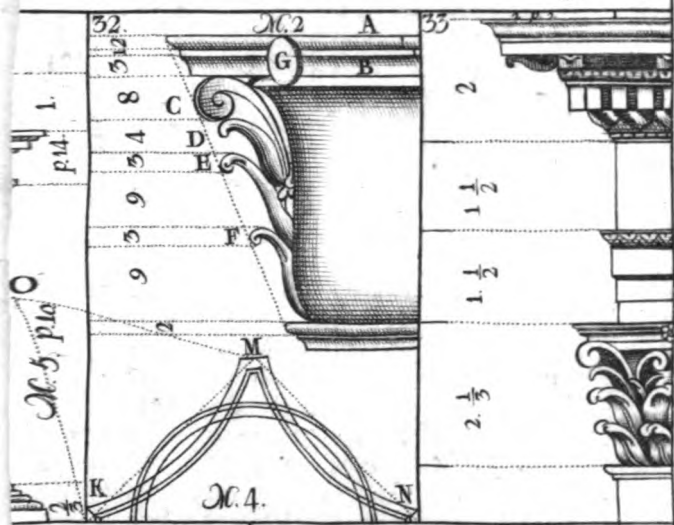
#### PROP. XXVI. Problema.

*Explicase el modo de disminuir las columnas.*

**E**S antiquissimo, y constante estilo de todos los Architectos, que las columnas han de ir en diminucion, de fuerte, que sean mas delgadas arriba, que en su pie, è imo scapo; pero no todos concuerdan en la cantidad de dicha diminucion; mas habiendo de ser èsta muy poca, viene à ser casi nada la diferencia de sus sentires. Pedro Antonio Barca, y Jacobo Baroccio juzgan ha de tener el diametro superior con el inferior la razon de 5. à 6. que es ser menor aquel que èste una sexta parte; si bien Baroccio se diferencia de Barca en la diminucion de la columna Toscana, pues hace su diametro superior de un modulo, y siete partes, ò siete dozeavos de modulo. Sebastiano Serlio las disminuye generalmente una quarta parte; con que el diametro superior con el inferior tiene la razon de 3. à 4. Andres Paladio, Guillelmo Philandro, y otros, siguiendo à Vitruvio, quieren que no sea uniforme la diminucion de las columnas, si que siendo èstas mas altas, se disminuyan menos: reprueba esto el Obispo Caramuel, y le parece mejor tomar un medio entre lo que sienten Serlio, y Baroccio; conque disminuyendolas aquel una quarta parte, y èste una sexta, las disminuye por una quinta. Juzgo no errarà el Architecto, siguiendo à Baroccio, ò à Caramuel.

Esta diminucion de las columnas ha de empezar siempre del primer tercio de ellas inmediato al imo scapo; y puede ser en dos maneras, ò disminuyendose del sobredicho tercio àzia arriba solamente, que es lo mejor, ò dif-

mi-



HRicatto fusp.<sup>2</sup>



minuyendose tambien àzia abaxo, de fuerte, que sea menor el diametro en el pie , ò imo scapo , que en el sobredicho tercio ; uno, y otro modo se hallan puestos en execucion; y aunque Baroccio permite la primera diminucion en las columnas Toscanas, y Doricas ; y la segunda en las Jonicas, Corinthias , y compuestas; yo juzgo podrá el Architecto usar en todos los ordenes de la que mejor le pareciere. Explicaré el modo de trazarlas à entrambas.

Y empezando por el primero , digo , que los Autores señalan diferentes modos para hacer esta diminucion de las columnas , que podrá ver el curioso en el Obispo Caramuel , *tratado 6. de su Architect. artic. 14. sec. 3.* de los quales explicaré dos que juzgo ser los mejores: el primero es de Jacobo Baroccio , que siguiendo à Sebastiano Serlio , obra en la forma siguiente. (*fig. 37.*) Tirese la vertical QY , que es lo que tiene de alto la columna. Dividase esta linea en seis partes iguales , ò en mas , segun pareciere ; pero por la pequenez de la figura , los dos tercios de la XQ se han dividido en tres partes solamente en los puntos T, S ; por estos puntos tirense las transversales , paralelas à la basa , y largas à discrecion. El diametro mayor de la columna es HE ; este sube sin variacion alguna por todo el primer tercio hasta FZ : la transversal superior MA , es el diametro menor , y así se cortará tanto menor que el de abaxo , quanto mandare la opinion que el Architecto figue. De la extremidad M cayga la perpendicular Mp: luego del centro x con la distancia xZ descrivasé el semicirculo FVZ , que cortará à la perpendicular Mp en p. Dividase el arco Fp en tantas partes , en quantas se dividió la linea xQ , que en nuestro exemplo son tres. De cada punto de este arco tirese una perpendicular , de fuerte, que la primera , ò mas apartada del centro , llegue hasta la primera transversal : la segunda hasta la segunda , &c. que las cortarán en los puntos d, b, &c. Vayase deduciendo por estos puntos una linea curva , y quedará hecha la diminucion de la columna por un lado, y se hará igual , y semejante la del otro.

El 2. modo de disminuir las columnas es de Carlos Cesar

far

46 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

tar Ofio, à quien figue el P. Claudio Fracifco Milliet de Chales, y otros muchos. Valefe Ofio para difminuir la coluna de una linea llamada *conchyle*, cuya defcripcion fe entenderà con la mifma práctica de difminuir la coluna, y es como fe figue. Sea en la *figura* 37. la AM la altura ò catheto de la coluna. Dividafe en tres partes en los puntos H, E, pongafe en PL todo el gruelfo de la coluna, que es dos modulos; y porque en el primer tercio ME no ha de haver diminucion alguna, ponganfe tambien en DG dos modulos; y tiradas las DP, GL, quedarà trazado el primer tercio.

Para trazar los otros dos fe pondrà en NC, diametro del fumo fcapo, toda la diminucion de la coluna, que fupongo fea 30. partes; y por configuiente ferà AC 15. partes: alarguefe la GD àzia F indefinidamente: tomefe la diftancia GE, que es un modulo, y puefto el pie del compàs en C, hagafe un corte B en el catheto; y tirefe la CB, prolongandola hafta que corte la GF en F: defde este punto F por las divisiones i, f, m, &c. tirenfe rectas ocultas, y cortenfe las ia, fc, md, &c. iguales à BC; efto es, todas de un modulo precifamente: por eftos puntos a, c, d, &c. fe guiarà con deftreza la linea C a c d, &c. y quedarà delineada la diminucion de la coluna con la linea curva CIG, que es la celebrada *conchyle*; la qual, como confita de fu defcripcion, jamàs concurriria con la AE, aunque entrambas corrieffen infinitamente, fiendo afi que quanto mas camina la FC, mas fe va llegando à la EA. Esta diminucion fe trasladarà à la otra parte, y quedarà concluida la operacion. Efte juzgo fer el mejor modo de difminuir las columnas; y quantas mas fueren las divisiones de AE, mas precifa la defcripcion de la CF.

Si fe quifiere, que la coluna falga aumentada en el tercio DG, fe tomarà la EG, de fuerte que fea un modulo una parte, y un tercio; y esta diftancia fe paffarà de C à B; y tirando la CB prolongada, fe tendrà el punto F, y fe obrarà como antes, determinando los puntos a, c, &c. hafta llegar à G: con efto quedarà hecha la diminucion en los dos tercios fuperiores. Para hacer dicha diminucion

en

en el tercio inferior , se contará un modulo justo de  $M$  à  $L$  ; y tomando con el compás la misma  $EG$  de un modulo una parte , y un tercio , se hará centro en  $L$ , y se cortará el catheto en  $G$  ; y tirando la  $LG$  , se prolongará hasta que corte la  $GD$  , que será en un punto  $O$  algo mas distante de  $E$ , que el punto  $F$ ; y haciendo quatro divisiones iguales en la  $EM$  se tirarán por ellas las rectas desde  $O$  , haciendo pasen de la  $EM$ , en iguales segmentos à la  $EF$  , y quedará hecha la diminucion.

Comunmente los Autores tiran estas lineas del mismo punto  $F$ , que sirvió para las de arriba ; pero de esta fuerte es forzoso sea  $ML$  algo menos que un modulo; porque supuesta la  $AC$  de 15. partes, (que es la menor diminucion que dan los Autores , ) y supuesta la  $CB$  de un modulo , una parte , y un tercio , resulta el triangulo  $BEF$ , con cuya resolucion se halla la  $EF$ : asimismo , supuestas la  $ML$  de un modulo , y la  $GL$  de un modulo , una parte , y un tercio , resolviendo el triangulo  $OEG$ , se hallará la  $EO$  mayor que la  $EF$ ; y siendo proporcionales los triangulos  $OEG$ ,  $MGL$ ; y los lados  $ML$ ,  $EO$  homologos , si éste se disminuyesse , quedando en  $EF$  menor que  $EO$  , se disminuirá  $ML$  , quedando menor que un modulo.

El Obispo Caramuel en el lugar citado *sec. 10.* dice, que los semidiametros  $QH$ ,  $SG$  han de ser iguales; y que tanto ha de exceder el semidiametro  $ED$ , al  $SG$  , quanto  $BR$  es menor que  $HQ$ ; y añade , *esta es doctrina cierta , y decir lo contrario , es no entenderlo.* Segun el modo de disminuir por la conchyle que acabo de explicar, es el semidiametro  $QH$  sensiblemente igual à  $SG$  ; pero al semidiametro  $RB$  le faltan tres partes para ser igual con  $QH$ ; y  $DE$  excede al mismo  $QH$  en una sola parte , y un tercio. Juzgo , que la doctrina de Caramuel no parecerá tan bien en la práctica , como en la especulacion ; porque siendo , segun dicho Autor, el semidiametro  $AN$  un quinto menos que  $HQ$ , ò  $SG$ ; y haciendo la  $DE$  de un quinto mas, que la misma  $HQ$  , será sobrado abultada la columna en el tercio  $ED$ .

Finalmente buelvo à advertir parecen mucho mejor las columnas subiendole sus lados paralelos hasta el primer ter-

48 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:  
tercio DG; y quedando folamente la diminucion en los  
dos tercios superiores EB.

PROP. XXVIII. Problema.

*Formar las strias, y canales de las columnas.*

Uelen adornarse comunmente las columnas con canales, y strias, y à las que tienen este ornato llamamos *acanaladas*, ò *striadas*, quales son las que van dibuxadas en las *figuras* 21. 25. 26. Este ornato es el que hace mas hermosas, y magestuosas las columnas. Las *canales* se caban en la misma columna, y baxan de arriba abaxo, y los lomos que se levantan entre una, y otra canal son las *strias*. Admitense en todos los ordenes, menos en el Toscano, por su rusticidad.

Estas canales son partes de circulo; en las columnas Doricas son quadrantes, y se unen sin dexar intervalo alguno entre si, como se ve en la *fig.* 21. En los otros tres Jonico, Corinthio, y compuesto, lo cabado de las canales es semicirculo, y distan entre si una tercera, ò quarta parte del diametro de la misma canal; el termino de estas canales, tanto en su principio, como en fin, es siempre semicirculo. En el numero de las canales convienen los Architectos, porque comunmente ponen en la Dorica 20. y en todas las demàs 24. de que se colige el modo de trazarlas, que es el siguiente.

Si la columna fuere Dorica, se dividirà la periferia de su imo scapo en 20. partes iguales; y tirando una linea recta por toda la columna que corresponda directamente al exe, ò catheto, se dividirà la periferia del sumo scapo en otras 20. partes iguales, empezando la division del corte, que en esta periferia hiciere la sobredicha linea; y uniendo despues con lineas rectas los puntos señalados en el sumo scapo, con sus correspondientes en el imo scapo, se tendrá determinada la amplitud de todas las canales. Para formar el arco de su concavidad, se tomarà lo ancho de una canal en el imo scapo, y se pondrà aparte; y sea  
por

por exemplo la recta MN: (fig. 21.) ésta se dividirá por medio con la perpendicular PO, y con el radio PN se hará un semicírculo; y puesto el pie del compás en el punto O de la periferia, con la distancia OM se hará un arco de círculo, que será cuadrante, por ser el ángulo MON recto, (31. 3. Euclid.) y esta será la concavidad de las canales en el imo scapo: lo mismo se hará en el fumo scapo, y se podrán acabar las canales con todo acierto.

Si las columnas fueren Jónicas, Corinthias, ò compuestas, se dividirá la circunferencia del imo scapo en 24. partes iguales, y asimismo la del fumo scapo, empezando las divisiones de éste de la linea recta, que ha de subir por toda la altura de la columna, como antes dixe. Una de estas distancias se dividirá en quatro, ò cinco partes, y una de ellas servirá para la amplitud de la stria, y las tres, ò quatro restantes serán lo ancho de la canal, cuya concavidad, como dixe, ha de ser semicírculo.

Algunos Entalladores, y Escultores suelen exornar el tercio inferior de las columnas, con unas canales compuestas, que son las que tienen medidas dentro de sí otras contracanales convexas algo menores, para que no queden del todo llenas, sino que se descubran las margenes de las canales principales, con que en los dos tercios superiores están las canales abiertas, y en el de abaxo vienen à estar casi cerradas con las contracanales sobredichas, lo que hace muy buena vista. Otros disponen las strias, y canales en forma de rosca: todo lo qual se dexa al buen gusto, y juicio del Artífice.

### PROP. XXVIII. Problema.

*Explicase la disposicion de las Pilastras, y Retropilastras.*

**E**S muy ordinario en las fabricas, singularmente en los Templos, y fachadas de sus puertas, poner pilastras en lugar de columnas, que son unos pilares paralelepipedos algo resaltados. Su imo scapo consta de dos modulos: su altura tiene los mismos que tendria la columna, segun el orden à que pertenece la fabrica: su basa, y chapi-

Tomo V.

D

tel



tel figuen en todo el mismo orden de Architectura, à que pertenecen. Tienen algunas veces pedestales, con la simetria de que constan los que sustentan las columnas: regularmente carecen de ellos, y en su lugar tienen soccòlos de proporcionada altitud à discrecion del Artifice: algunas veces se les da à las pilastras su diminucion en el fusto scapo como à las columnas; pero lo mas ordinario es tener lados paralelos: su resalte sobre el plano de los postes ha de ser por regla general, tanto que iguale à lo menos con la proyectura, ò buelo de la imposta que està al pie del arco, porque seria cosa muy fea que èsta resaltasse mas que la pilastra: en consecuencia de esto, serà el resalte la sexta parte de lo ancho de la pilastra, ò tercio de un modulo.

Suelense tambien poner pilastras detràs de las columnas, quando èstas se ponen del todo separadas del plano de la fabrica, y abanzadas àzia fuera, y las llaman comunmente *retropilastras*, en las quales no hay cosa especial que advertir, por guardar en todo lo que arriba queda dicho.

#### PROP. XXIX. Problema.

*Adviertense otras cosas pertenecientes à las Fabricas en qualquiera de los cinco ordenes.*

**E**Xplico en esta proposicion algunas cosas, que generalmente importa se observen en todos los ordenes de Architectura. i. Las columnas se pueden poner de dos maneras en los edificios, ù del todo separadas de los paredones, ò pilares, de fuerte, que esten enteramente abanzadas àzia fuera; ò parte metidas en los paredones, ò pilares. Quando estàn del todo separadas, tienen regularmente retropilastras, y han de estàr tan distantes de ellas, quanto piden los buelos de los chapiteles de la retropilastra, y columna. Quando estàn parte metidas, è incorporadas en los pilares, importa salgan àzia fuera un tercio de modulo mas de su mitad, ò los dos tercios de su diametro, que todo es uno, y esto es para que las proyecturas de las impostas no passen del medio de las columnas, que seria cosa muy fea.

2 En las portadas, ò corredores, que constan de pilaftras, ò columnas, podrá el cornijon seguir el plano del paredon, ò del arco, y resaltar sobre el firme de cada pilaftra, ò columna, lo que es necesario quando las columnas son bolantes, y del todo separadas; porque si en este caso passasse el cornijon seguido, sería sumamente dificultoso asegurar las piedras del architrabe, porque havrán de salir todas fuera del paredon, quanto es el abance de la columna, y llevarian evidente riesgo de romperse con su propio peso, sino es que se asegurassen con buenas cartelas: por esta causa el architrabe, y friso suelen assentar sobre el paredon, y resaltar sobre las columnas, y pilaftras.

Puede este resalte quedar solamente en el architrabe, y friso, y correr la cornija seguida, lo que es muy frequente quando hay pilaftras en lugar de columnas, y en este caso el resalte del architrabe, y friso queda contenido dentro de la proyectura de la corona sin llegar à igualar con ella, y se le añaden sus cartelas para seguridad, y ornato. Quando el cornijon passa seguido, se suele llamar *ajazenado*, y lo mismo la cornija. El resalte del architrabe, y friso ha de ser igual al sumo scapo de la columna, tanto en la frente como en los lados, de fuerte, que venga à ser un paralelogramo, cuyos lados, y frentes sean tangentes de un circulo igual al sumo scapo de la columna.

### PROP. XXX. Problema.

*Explicase la proporcion, y simetria que deve tener una fabrica compuesta de diferentes ordenes de Architectura.*

**H**E tratado hasta aora de la disposicion, y simetria que han de tener entre si los cuerpos parciales, que componen un cuerpo de Architectura, segun el orden à que se reduce; pero siendo muy ordinario en las fabricas, especialmente de frontispicios, claustros, y columnatas, concurrir dos, ò mas cuerpos de Architectura, uno sobre otro, es forzoso explicar la disposicion, y proporcion que deven observar para que haga buena, y agradable

ble vista el edificio. Todo esto se reduce à los puntos siguientes.

Buscase lo primero, si los cuerpos de Arquitectura, que sob. epueitos unos à otros, componen una fabrica, han de pertenecer à un mismo orden, ò à diferentes. Algunos ion de parecer, han de ser todos de un mismo orden, como en el Pantheon Romano, que son todos de orden Corinthio. Fundase, en que siendo de diferentes ordenes, tendrán unos mas ornatos que otros, por pedirlo asi el orden à que se reducen, de que se sigue no poca diformidad en la obra; y tambien porque siendo diferentes, pide la buena Arquitectura, se ponga debaxo el orden mas fuerte, y robusto, y arriba el que no lo es tanto; y como este sea mas hermoso, y conste de mas ornatos, y molduras mas fútiles, parece contra la razon natural poner mas cerca de la vista lo mas bajo, y grosso; y mas distante de ella lo mas delgado, y primoroso, que con la distancia fuele desapareerse.

Pero no obstante estas razones, los Architectos, tanto antiguos como modernos, usan en una misma fabrica de diferentes ordenes con el agradable efecto que experimenta la vista, lo que juzgo ser bastante satisfaccion à las razones opuestas.

Supuesto ya se pueden sobreponer diferentes ordenes de Arquitectura en una misma fabrica, se busca lo segundo, con que disposicion se han de ordenar, y que simetria han de guardar los inferiores con los superiores? A esto respondo, que siempre los mas robustos, y firmes han de tener el interior lugar, componiendo el primer cuerpo; y que los superiores han de ser los menos robustos: y dexando à parte el orden Toscano, por no tener lugar en fabricas primorosas, tendrá el primero, è infimo lugar el Dorico; y sobre este se pondrà el Jonico; sobre el Jonico, el Corinthio; y ultimamente el compuesto: y porque regularmente solo suelen hallarse dos, ò à lo mas tres cuerpos en una fabrica, si el primero es Dorico, será el segundo Jonico; y si el primero fuere Jonico, el segundo será Corinthio, &c. Y generalmente podrá el Architecto dis-

disponerles à su arbitrio , mientras no coloque los mas fuertes sobre los mas delicados , y cuidando del buen gusto , que es una de las principales condiciones que se desean en las obras.

Buscáse lo tercero , què proporcion ha de guardar el primer cuerpo en una fabrica con el segundo. Algunos quieren sea el segundo cuerpo dos tercios del primero , esto es , sea el primero con el segundo como 3. con 2. Otros juzgan ha de tener el segundo tres quintos del primero , esto es , sea el primero con el segundo como 5. con 3. Mi parecer es no poderse dar regla general , porque lo firme del pedestal del segundo cuerpo , u del plinto de su coluna , ha de tener de ancho todo lo que dice el diametro del fumo (scapo) de la coluna inferior , sobre quien asienta ; y determinada esta magnitud , queda juntamente determinada la cantidad del modulo del segundo cuerpo ; y determinada esta , lo queda tambien la altura del segundo cuerpo , segun pide el orden de *Archiectura* à que pertenece , de que no deve el Artifice quitar nada , aunque pueda añadir à la coluna uno , ò otro modulo , segun se halla en algunas fabricas de Roma. Siendo pues diferentes los ordenes à que puede pertenecer el segundo cuerpo , no será una misma su altura ; y por consiguiente , ni su proporcion con el cuerpo : además de que es libre en el Maestro fabricar el segundo cuerpo con pedestales , ò sin ellos , como tambien el primero , lo que varía tambien las alturas , y sus proporciones.

Supuesto pues , que las partes del segundo cuerpo hayan de guardar entre sí la simetria que requieren ; y siendo proporcionales las latitudes de los pedestales , con las alturas de la fabrica en un mismo orden , se podrá sacar por regla de tres la altura que en qualquier orden ha de tener el segundo cuerpo , en la forma que se ve en el exemplo siguiente.

Quieren saber la altura que requiere un segundo cuerpo del orden Corinthio con columnas , y pedestales , que descansan sobre las del primer cuerpo , que es Jonico ; esto es , quiero saber quantos modulos del primer cuerpo Jonico ha de tener el segundo , que es Corinthio.

Ope-

## 54 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

*Operacion.* El diametro del fumo scapo de la coluna Jonica son 30. partes de las de su modulo, y esto ha de ser lo ancho del pedestal Corinthio del segundo cuerpo, pues para saber su altura digo : si 50. partes, que pide de ancho el pedestal Corinthio, se reducen à 30. luego 32. modulos, que pide de altura el orden Corinthio, se reduciràn à 19. modulos, y un quinto: y concluyo diciendo, que el segundo cuerpo que se pide, ha de tener de altura 19. modulos, y un quinto de los que sirven en el cuerpo inferior, de fuerte, que en la altura de 19. modulos, y un quinto del cuerpo inferior, vendràn juntos 32. modulos del cuerpo superior, tomados del imo scapo de su coluna.

En esta forma he computado las alturas de los segundos cuerpos de Architectura con pedestales, y sin ellos, que van en la Tabla siguiente, juntamente con las propias alturas de los cuerpos inferiores, para que cotejando las unas alturas con las otras, se puedan saber sus proporciones. Juzgo ha de servir de gran beneficio à los Architectos, para trazar con acierto mas seguro : solo advierto no entra en estas alturas las del rebanco, que à mas de no ser parte del cuerpo de Architectura, puede ser mayor, ò menor, segun la elevacion de la obra, y prudencia del Artifice.

### T A B L A I.

*De la elevacion de los segundos cuerpos de Architectura, que llevan columnas.*

#### DORICO SOBRE TOSCANO.

1. <i>Cuerpo.</i>	Toscano sin pedestales.	17. modul. y medio.
2. <i>Cuerpo.</i>	Dorico sin pedestales.	11. modul. y tres diez y siete avos.
1. <i>Cuerpo.</i>	Toscano con pedestales.	22. mod. y un sexto.
2. <i>Cuerpo.</i>	Dorico con pedestales.	14. mod. y ocho cinquenta y un avos.
1. <i>Cuerpo.</i>	Toscano sin pedestales.	17. mod. y medio.
2. <i>Cuerpo.</i>	Dorico con pedestales.	14. mod. y ocho cinquenta y un avos.

1. *Cuer-*

- |                   |                         |                                    |
|-------------------|-------------------------|------------------------------------|
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Toscano con pedestales. | 22. mod. y un sexto.               |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Dorico sin pedestales.  | 11. mod. y tres diez y siete avos. |

## JONICO SOBRE DORICO.

- |                   |                        |                       |
|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Dorico sin pedestales. | 20. modulos.          |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Jonico sin pedestales. | 13. mod. y med.       |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Dorico con pedestales. | 25. mod. y un tercio. |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Jonico con pedestales. | 17. modulos.          |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Dorico sin pedestales. | 20. modulos.          |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Jonico con pedestales. | 17. modulos.          |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Dorico con pedestales. | 25. mod. y un tercio. |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Jonico sin pedestales. | 13. mod. y medio.     |

## CORINTHIO SOBRE JONICO.

- |                   |                           |                      |
|-------------------|---------------------------|----------------------|
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Jonico sin pedestales.    | 22. mod. y medio.    |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio sin pedestales. | 15. modulos.         |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Jonico con pedestales.    | 28. mod. y medio.    |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio con pedestales. | 19. mod. y un quint. |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Jonico sin pedestales.    | 22. mod. y med.      |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio con pedestales. | 19. mod. y un quint. |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Jonico con pedestales.    | 28. mod. y medio.    |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio sin pedestales. | 15. modulos.         |

## COMPUESTO SOBRE CORINTHIO.

- |                   |                           |                      |
|-------------------|---------------------------|----------------------|
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio sin pedestales. | 25. modulos.         |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Compuesto sin pedestales. | 15. modulos.         |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio con pedestales. | 32. modulos.         |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Compuesto con pedestales. | 19. mod. y un quint. |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio sin pedestales. | 25. modulos.         |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Compuesto con pedestales. | 19. mod. y un quint. |
| 1. <i>Cuerpo.</i> | Corinthio con pedestales. | 32. modulos.         |
| 2. <i>Cuerpo.</i> | Compuesto sin pedestales. | 15. modulos.         |

Si en lugar de columnas huviesse pilastras, cuyo sumo scapo muchas veces no tiene disminucion, se usará de la Tabla siguiente, que se fabrica con semejante artificio al que dixé arriba.

TA-

T A B L A II.

De la elevacion de los segundos cuerpos de Arquitectura, que llevan solamente pilastras.

DORICO SOBRE TOSCANO.

1. <i>Cuerpo.</i> Toscano sin pedestales.	17. mod. y medio.
2. <i>Cuerpo.</i> Dorico sin pedestales.	14. mod. y 2. diez y siete avos.
1. <i>Cuerpo.</i> Toscano con pedestales.	22. mod. y un sext.
2. <i>Cuerpo.</i> Dorico con pedestales.	17. mod. y 15. diez y siete avos.
1. <i>Cuerpo.</i> Toscano sin pedestales.	17. mod. y med.
2. <i>Cuerpo.</i> Dorico con pedestales.	17. mod. y 15. diez y siete avos.
1. <i>Cuerpo.</i> Toscano con pedestales.	22. mod. y un sext.
2. <i>Cuerpo.</i> Dorico sin pedestales.	14. mod. y 2. diez y siete avos.

JONICO SOBRE DORICO.

1. <i>Cuerpo.</i> Dorico sin pedestales.	20. modulos.
2. <i>Cuerpo.</i> Jonico sin pedestales.	16. modul. y un cincuentavo.
1. <i>Cuerpo.</i> Dorico con pedestales.	25. mod. y un tercio.
2. <i>Cuerpo.</i> Jonico con pedestales.	20. mod. y 4. veinte y cinco avos.
1. <i>Cuerpo.</i> Dorico sin pedestales.	20. modulos.
2. <i>Cuerpo.</i> Jonico con pedestales.	20. mod. y 4. veinte y cinco avos.
1. <i>Cuerpo.</i> Dorico con pedestales.	25. mod. y un tercio.
2. <i>Cuerpo.</i> Jonico sin pedestales.	16. mod. y un cincuentavo.

CORINTHIO SOBRE JONICO.

1. <i>Cuerpo.</i> Jonico sin pedestales.	22. mod. y medio.
2. <i>Cuerpo.</i> Corinthio sin pedestales.	18. modulos.
1. <i>Cuerpo.</i> Jonico con pedestales.	28. mod. y med.
2. <i>Cuerpo.</i> Corinthio con pedestales.	23. mod. y un veinte y cinco avos.

1. *Cuer-*

1. <i>Cuerpo.</i> Jonico sin pedestales.	22. mod. y medio.
2. <i>Cuerpo.</i> Corinthio con pedestales.	23. mod. y un 25. avos
1. <i>Cuerpo.</i> Jonico con pedestales.	28. modul. y medio.
2. <i>Cuerpo.</i> Corinthio sin pedestales.	18. modulos.

## COMPUESTO SOBRE CORINTHIO.

Tiene las mismas dimensiones que el Corinthio puesto sobre el Jonico.

Advierto, que puede el Architecto dar uno, ò otro modulo mas à las columnas sobre los que à cada orden se han señalado, lo que no disminuirà la hermosura, y magestad de la obra.

## PROP. XXXI. Theorema.

*Disponer el remate, y disñicion de una Fabrica en qualquiera de los cinco ordenes.*

Quando la fabrica termina en linea horizontal, su remate es el cornijon mismo, ò trabeacion superior, como es en los claustros, ò corredores; suele se solamente añadir en lo mas alto un antepecho, ò balcon con balauftres, con lindo efecto, cuya altura ha de ser igual à la de los pedestales del orden, que en aquel lugar se colocaria si fuere menester. Este mismo antepecho con balauftres se suele poner para mayor hermosura sobre lo firme del cornijon de qualquiera de los cuerpos de Architectura, que compone la fabrica, haciendole siempre de igual altura à la de los pedestales, que en aquel mismo lugar assentaren.

Si la fabrica huviere de tener otro remate, ò disñicion, como en las fachadas de puertas, y en otras semejantes, quedaràn sus ornatos à gusto, y disposicion del Maestro, que procurará darle la devida proporcion, segun lo que peritos Architectos han observado en este punto. Suelen ser estos remates, ò triangulares, ò circulares; aquellos representan las margenes de los texados, que por el declivio que tienen à entrambas partes, dan conveniente despedida al agua de las lluvias: los circulares expresan el borde de las bovedas del edificio; por una, y otra des-

ni-



## 58 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

nicion ha de correr la cornija superior con los mismos ornatos, y dimensiones que le tocan; y no por esso deve esta interrumpirse, solo es costumbre omitir en el trozo que està baxo la definicion aquellos boseses, ò cortes que estàn sobre la corona, como se puede observar en las mejores fabricas.

La altura del remate, tanto triangular, como circular, no deve exceder la quarta parte de su basa, la qual viene à ser igual al entrecolonio, y columnas que le corresponden debaxo. El mejor modo para determinar la altura de dicho remate, es el que trae Sebastiano Serlio en el sexto del quarto de su Architectura, en la forma siguiente: (fig. 39.) Sea VD la linea que se ha de coronar, ò ha de servir como de basa para el remate: dividase por medio en E con la perpendicular BEC: cortese EC, igual à EV; y haciendo centro en C, con la distancia CV, hagase el arco VBD; y tirense las cuerdas VB, BD; y el arco será el que ha de servir para el remate circular, y el triangulo VBD, para el triangular; y por estas lineas se guiara la cornija, como se ha dicho. El modo como esta cornija obliqua ha de seguirse de la recta, y unirse con ella, se dirá en la *Propos.* 10. del libro siguiente.

Suelen ordinariamente interrumpirse estos remates, assi el circular, como el triangular, para colocar en medio otro cuerpo mas alto, como una estatua, trofeo, ò otro semejante: à estos remates suelen llamar *frontones*. Ultimamente, sobre los firmes de las columnas, ò pilastras en lo mas alto, ha de descansar algun remate especial, como estatua, flamula, ò jarro, en que venga à terminar aquel solido: todo lo qual se dexa al buen guiso del Architecto.

### CAPITULO VIII.

#### DE ALGUNOS OTROS ORDENES de Architectura.

**A** Mas de los cinco ordenes de Architectura que hemos explicado, hay algunos otros, como son el  
*Asi-*

*Atico, Gothico, Mosaico, Atlantico, y Peranimplico*; y aunque de estos algunos no están ya en uso, y otros se vienen à reducir à los cinco ordinarios, les explicarè con mi acostumbrada brevedad.

## PROP. XXXII. Theorema.

*Explicase el orden Atico.*

**E**L orden Atico, ù de Achaya, cuya principal Ciudad es la de Athenas, consta de columnas quadradas, y tiene su propia basa llamada *aticurga*, cuya formacion expliquè en la Prop. 25. solo que es quadrada como la columna; los chapiteles son tambien quadrados, y muy semejantes à los Corinthios, lo que fue bastante causa para que algunos no distinguieran este orden Atico del Corinthio. Sus dimensiones, y simetria, es la misma que en el Corinthio; y aun se les pueden dar à las columnas Aticas los chapiteles, y simetria de otro qualquiera orden. Ponense convenientemente estas columnas en los angulos de los claustros.

## PROP. XXXIII. Theorema.

*Explicase el orden Gothico.*

**E**S la Architectura Gothica mas para el entendimiento que para la vista; y habiendo de servir la Architectura mas à la vista, que al entendimiento, no estraño se haya puesto en olvido el uso de la Gothica. Introduxeronla en Europa los Godos; y es verdaderamente curiosa, è ingeniosa; pero dificultosa si se ha de labrar bien. Supone que unas columnas son redondas, otras quadradas, ù de otras figuras regulares, y que en parte se hayan penetrado entre si, de donde necessariamente resulta, que se descubran unos pedazos de ellas, y otros queden ocultos: conque una columna Gothica viene à ser un agregado de muchas, y diferentes columnas, con tal arte, que en llegando à la altura competente, segun la idèa del Artifice, forma cada una su chapitel, descubriendose el maulil de unas, donde

## 60 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

de otras tienen sus chapiteles; y repartiéndose después en diferentes arcos, y aristas, que cruzan por las bóvedas, divierten los ojos con una proporcionada variedad.

A esto viene à reducirse la Arquitectura Gothica, que si se ha de executar bien, requiere mucho ingenio, y no menor habilidad, y cuidado; y después de bien executada, y trabajada, no es hermosa, porque no siempre lo que parece mejor al ingenio, es mas apacible al sentido. Hallanse muchas Iglesias antiguas, que pertenecen à este orden Gothico, como son la Patriarcal de Sevilla, la Cathedral de Salamanca, la Metropolitana de Valencia, la de Milan, y otras. Sus arcos fueron ser apuntados, ò trespuntados, como en su lugar veremos.

### PROP. XXXIV. Theorema.

*Explicase el orden Mosaico.*

**E**L orden llamado *Mosaico*, solo tiene especial las columnas, que son las que suben en forma de llamas, y van haciendo ondas, rebolviéndose à manera de espira, por lo qual el P. Milliet las llama flexuosas. No conocieron este genero de columnas los Griegos, y Romanos antiguos: sus inventores fueron sin duda los Judios, y por esto se llaman *Mosaicas*, ò *Salomonicas*, tomando el nombre del Legislador Moyses, y del Sabio Rey Salomon. No conviene se use de ellas en corredores, ò en fabricas que hayan de sustentar peso, por ser de poca firmeza; pero su fabrica es ingeniosa, y bien labradas, parecen bien à la vista; pueden se trazar, y formar de qualquiera de los modos siguientes.

*Modo 1.* Tirese la recta FH, (fig. 37.) que será el exe de la columna algo prolongado à discrecion: sea GI igual al diametro del imo scapo. Tomese con el compàs la tercera parte del semidiametro, y con essa distancia formese el semicirculo pequeño, que se dividirá en quatro partes iguales; y por ellas tirense quatro paralelas al exe de la columna. Tengase à parte descrita la columna AM de igual longitud, y latitud que la flexuosa: dividase su longitud AM en 48. partes iguales: en la figura solo se ha dividido

ca

en 24. partes; tirense por ellas las transversales paralelas al diametro del imo scapo. Tomense con el compàs los semidiametros de la coluna llana, y vayanse passando à la flexuosa, con este orden: el primer semidiametro pongase à una, y otra parte de la linea 3. que es la de en medio: el segundo à una, y otra parte de la linea 4. el tercero de la linea 5. y continuando en esta forma, quedará descrita la coluna.

De que se infiere, que la coluna espiral tiene en qualquiera parte sobrefalientes sus bueltas, mas que la coluna llana de igual bafa, y altura, la tercera parte de su semidiametro; y por consiguiente, para hacerla de piedra, ò madera, se ha de escoger un estipite, que tenga un tercio mas de semidiametro que la coluna acostumbrada; y se han de cabar las espiras hasta dos quintas del semidiametro aumentado, dandoles la figura circular que requieren. Con esto quedará bien formada, y disminuida la coluna; pero cuídese de observar lo siguiente.

1. Conste la coluna por lo menos de seis bueltas. 2. Si se erigiere una coluna sola, las bueltas pueden ser àzia donde quisieres; pero si se erigieren dos, como se suele hacer en un Altar, es yerro manifiesto el echar las bueltas àzia un mismo lado; y así es cierto han de ir encontradas. Si las columnas fueren quatro, dos à cada parte, lás de un lado han de torcerse de un mismo modo, y las otras dos al contrario. Estas columnas se pueden acomodar en qualquiera de los cinco ordenes, dandoles las bafas, y chapiteles propios de aquel orden.

*Modo 2. (fig. 38.)* Formese la coluna lisa con lineas ocultas: (26.) tirese la AO perpendicular al exe, è igual à la altura AB de la coluna: tirese la OB, y del centro O, hagase el arco AP, que se dividirá en 12. partes iguales: por los puntos de la division se tirarán del centro O, lineas rectas hasta que corten la coluna lisa: por los puntos de las intersecciones tirense paralelas à la bafa; y con las distancias de una paralela à otra se formarán triangulos equilateros, cuyos lados servirán de radios para formar los arcos, y las espiras de la coluna, como demuestra la columna 1. Este modo, y el siguiente son del P. Andrea Pozzo.

Mo-

## 62 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

*Modo 3.* Formada como antes la columna lisa, se tomará la xc igual al tercio de la columna, alargando hasta C el diametro del imo scapo. Tomese con el compàs el intervalo DC, y de los puntos D, y C, hagase con dicha abertura la interseccion E; y con la misma abertura descrivase desde E, como centro, el arco DC, que se dividirá en 12. partes iguales: tirese de estos puntos las paralelas à la basa. Divídanse los espacios comprendidos entre las paralelas en 4. partes iguales; y tomando tres de ellas con el compàs, se formarán los triangulos Isocelos, cuyos vertices serán los centros para describir los arcos de las espiras, como se ve en la columna 2.

### PROP. XXXV. Theorema.

*Explicause los ordenes Atlanticos, y Paranimphicos.*

**N**O son estos ordenes propiamente distintos de los cinco ordinarios, pues solo se diferencian de ellos, en que en lugar de columnas usan de estatuas de hombres que llaman *Atlantes*, y *Telamones*, que sobre sus ombros, ò cabeza sustentan los architraves de las obras; ò de estatuas de mugeres, que llaman *Ninfas*. Imitan los ordenes de Arquitectura en sus columnas à la estatura humana en sus medidas, como en otra parte dixè; y así en lugar de columnas pusieron muchos las estatuas que representan. En el orden Toscano, y Dorico pusieron *Telamones*, y *Atlantes*; y en el Jonico, Corinthio, y compuesto usaron de estatuas de *Ninfas*, à quienes imitan.

CA-

## CAPITULO IX.

**ADVIERTENSE LAS CONDICIONES QUE SE HAN DE  
observar en las Fabricas para su hermosura,  
y firmeza.**

## PROP. XXXVI. Problema.

*Explícate la simetría que han de tener los Templos, y piezas  
de las Casas, y Palacios.*

**P**ara que un Templo tenga magestad, y hermosura, requiere una cierta simetría, y proporción de sus partes, que es lo principal à que deve atender el Architecto, escusando los follages, y otros ornatos superfluos, porque éstos, cubriendo los cuerpos principales de la Architectura, quitan, si no en todo, en gran parte su belleza; cuidará pues ajustar la planta, y perfil à las proporciones siguientes.

Qualquiera Templo, tenga, ò no crucero, ha de tener à lo menos quatro quadros, ò quatro anchos de longitud; y si tuviere crucero, se le darán al cuerpo de la Iglesia dos quadros, y medio; uno al cimborio, y cupula, y medio al presbiterio; pero yo soy de sentir, se le dè al presbiterio todo un quadro; lo que juzgo ser necesario, si en èl ha de haver Coro, y en este caso tendrá de largo todo el Templo quatro quadros, y medio; y aun juzgo será mucho mejor se le den cinco quadros; tres hasta el crucero, uno para el cimborio, y otro al presbiterio. El crucero, y capillas han de tener de profundidad la mitad de lo ancho de la nave; y si constare el Templo de diferentes naves, cada una de los lados ha de tener de ancho la mitad de la principal, que es la de en medio, y asimismo las capillas: puede incluir en estas medidas la espesura de los postes, ò paredes.

Los claros de los arcos que forman las capillas, pueden

#### 64 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

den tener de alto dos anchos de los fuyos , ò algo menos; pero jamás ha de ser menor la razon de lo alto à lo ancho que la sesquialtera ; esto es, no ha de ser lo alto menos que un ancho, y medio : conque la imposta que sirve de chapitel à los postes , ò chambas , puede colocarse à elevacion de un quadro ; y con el medio punto , ò semicirculo del arco , quedará todo el vacio con alto , y ancho en razon sesquialtera , ò puede darse al poste , y imposta razon sesquialtera con la amplitud del arco , y el medio punto de este perficionará la razon dupla , y esto es lo mejor ; pero podrá quedar , si pareciere , la proporcion del claro dentro de estos limites. Podrá correr dicha imposta toda la capilla, y circuir todo el arco ; pero adviértase , que jamás ha de bolar tanto como la pilaltra , por ser ésta el cuerpo principal. Las puertas quadrangulares han de guardar tal razon entre su altura , y amplitud, que jamás ha de exceder la dupla , ni ha de ser menor que la sesquialtera. Para determinar su magnitud , se fuele dar esta regla : si el Templo , ò sala tiene de ancho de 20. à 24. pies , ha de tener de ancho la puerta una quinta parte de la sobredicha amplitud : si de 24. à 32. ha de tener el tercio ; y si de 32. à 50. la quarta parte de lo ancho del Templo : con esto queda proporcionada la magnitud de la puerta con la del Templo , ò pieza para quien sirve ; y generalmente dice el Obispo Caramuel , será magestuosa la puerta de un Templo , por grande que sea , si tiene 12. pies de umbral, y 24. de alto.

En los palacios , ò casas se formaràn las piezas con la proporcion siguiente. Las alcobas se haràn quadradas : las piezas de servicio tendrán de largo la diagonal del quadrado , y de ancho el largo del mismo quadrado. Las antefálas , y piezas de recibimientos , tendrán proporcion sesquialtera ; esto es , sea su ancho dos tercios de su largo : las salas de estrados guardaràn la razon de 7. à 4. y las que han de servir para saraos , y banquetes tendrán su largo duplo de su ancho , y todas han de tener su quadro , ò algo mas de altura. Las escaleras procederàn como se acostumbra , con buenos repartimientos en ramos , y def-

can-

canfos, disponiendolas de fuerte, que las gradas de cada ramo sean senares, lo que se ha de observar tambien en las que firven para subir à los Templos, y Presbiterios; porque de esta fuerte, empezando (como se deve) à subir con el pie diestro, serà èste tambien el que primero llegue al descanso, lo que no serìa si las gradas fueren pares, porque se pondria en el descanso el pie izquierdo antes que el derecho, lo que parece mal. Vease lo que de las escaleras se advierte en el Tratado siguiente, libro ultimo, donde se explica el modo de fabricarlas.

PROP. XXXVII. Problema.

*Danse algunas advertencias para la firmeza, y seguridad de las obras.*

1 **L**As paredes de una fabrica han de tener la crassicie competente segun su altura, y el peso que han de sostener: en las casas, por la trabazon de los maderos, que firven de tirantes, pueden tener menos crassicie. Deve tambien atender à la mayor, ò menor firmeza de los materiales, por lo qual no es facil dar regla general por la variedad de èstos en diferentes Países, si que se dexa à la prudencia de los practicos, y sabios Architectos. Quando el edificio lleva bovedas, se ha de atender el genero de bovedas que sustentan, para dar mayor, ò menor refuerzo à las paredes, como veremos en su lugar, donde determinarèmos la cantidad de los estribos que requieren todas las especies de bovedas, y arcos.

2 El fondo de la zanja para los cimientos sea en los Templos la tercia parte de su ancho; y en las casas, la quarta parte; y esto, en caso que se haya hallado en dicha profundidad tierra firme, porque sino, serà forzoso profundar mas hasta que se halle: à orilla del rio se ha de dar siempre mayor profundidad; y en todo caso puede ser mas, ò menos, segun la calidad del terreno. Los huecos de las puertas, han de tener los cimientos macizos, pero no los de las Capillas.

3 Las torres, y campanarios han de tener los cimientos

Tomo V.

E

mien-



## 66 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

mientos del todo macizos: sus paredes tendrán de grueso la quarta parte de su ancho, y de rodapie à la parte de fuera, la mitad del grueso de la pared, ò la dezima parte de su ancho de la torre, que es poco menos. Las zanjas tendrán de hondo la tercia parte de su ancho, hallandose tierra firme; pero no hallandose, se profundará mas hasta encontrarla. La altura de la torre ha de ser lo menos quatro cuerpos, ò anchos suyos hasta la cornija, y puede ser hasta cinco: como si una torre tiene 60. pies de ancho, profundará 20. pies; el grueso de las paredes será 15. pies y la altura de la torre será 240. No excediendo la altura los quatro cuerpos, podrá todo su medio quedar hueco; pero si fuere mayor la altura, se macizará su primer tercio, ò quarto. Lo demás se dexa à la discrecion de los Architectos.



# LIBRO II.

## DE LA ARCHITECTURA obliqua.

**H**Aviendo explicado en el Libro antecedente la Architectura recta, se sigue el tratar en el presente de la obliqua. Es la Architectura obliqua la que enseña edificar fabricas obliquas; y porque esta obliquidad puede hallarse, ò en la planta, ò en el perfil, ò en la contignacion, y techo que cubre, y cierra las obras, ò en todo esto junto, juzgo será conveniente tratar en este Libro todo lo concerniente à la obliquidad que interviniere, así en la planta, como en el perfil de las fabricas, dexando para el siguiente Tratado lo que conduxere para la inteligencia de la obliquidad,

dad, que suele haver en los techos, que primorosamente cubren por arriba los edificios, en que comprehendere la formacion artificiosa de todo genero de arcos, y bovedas que enseña à fabricar el arte, que comunmente llamamos *montea*.

## DEFINICIONES.

1 **P**lanta, ò *Ignographia recta*, se llama la que es paralelograma, y rectangula, esto es, que sus angulos son rectos, y sus lados paralelos.

2 *Planta*, ò *Ignographia obliqua*, es la que no es paralelograma rectangula, de fuerte, que aunque sea paralelograma, basta carecer de angulos rectos para ser obliqua.

3 La planta obliqua puede ser, ò *rectilinea*, ò *curvilínea*; la *rectilinea*, es la que se compone de lineas rectas; la *curvilínea*, de curvas, sean estas circulares, ò elípticas, ò otras semejantes.

4 *Perfil recto*, es el que se erige sobre planos horizontales, y se termina en ellos, formando angulos rectos, tanto en el que les sirve de planta, como en el que les cierra por arriba.

5 *Perfil obliquo*, es el que se erige sobre planos, ò suelos inclinados, ò se termina en los mismos, como sucede en las escaleras. Suele muchas veces tener una fabrica obliquidad, assi en la planta, como en el perfil, participando juntamente de declinacion, è inclinacion. De todo se tratarà en las proposiciones siguientes.

CA-

## CAPITULO I

DE LAS PLANTAS, O IGNOGRAPHIAS  
obliquas.

## PROP. I. Problema.

*Disposicion que deven observar las Ignographias de los cuerpos de Architectura en las plantas rectilineas obliquas.*

**L**As plantas rectilineas obliquas pueden ser paralelogramas sin angulos rectos, esto es, rhombos, ò rhomboides; y en este caso ambos lados tienen igual inclinacion àzia una misma parte: pueden tambien ser trapecias con testera, y frontispicio paralelos, pero desiguales, y por configuiente entrambos lados tendrán sus inclinaciones opuestas; y en todo caso se observará la regla siguiente.

*Regla general.* Todas las lineas, que en la ignographia recta eran paralelas à los muros, ò paredones de la fabrica, han de ser tambien paralelas à los mismos paredones en la ignographia obliqua. La razon es, porque de esta suerte guardarán uniformidad, y correspondencia los cuerpos de Architectura entre sí, y con el todo de la obra, lo que sería muy al contrario si no observassen el paralelismo sobredicho.

De que se sigue, que en las plantas rectilineas de figura rhomboides, como pueden ser algunos transitos, ò corredores, que proceden en viage, ò al foyayo, las plantas de los pedestales, que en la Architectura recta serian cuadradas, en ésta han de degenerar en rhombos; y las de los foccolos, que en la recta serian quadrilongos, han de desfigurarse en rhomboides; y asimismo las plantas de las parastades, ò pilastras, ò de otros cuerpos semejantes. Lo mismo se observará en las fabricas de figura trapecia, con testera, y frontispicio paralelos, y desiguales, observando  
los

los de cada parte el paralelismo con su paredon ; esto observarán tambien las basas de las columnas , y pilastras, y las de sus chapiteles , cuyas descripciones se harán en la forma siguiente.

PROP. II. Problema.

*Describir la Ignographia , ò vestigio de las basas de las Paras-  
tades , y columnas en las plantas rectilíneas  
obliquas.*

**E**L Obispo Caramuel en el tratado 6. de su *Archi-  
tectura* , establece como cosa muy cierta , è indubita-  
ble , que las plantas de las columnas , que en la Arquitectura  
recta eran redondas , en la obliqua han de degenerar en  
elípticas ; y en el artículo 4. enseña el modo para descri-  
vir las , sacando geométricamente las descripciones obli-  
guas de las rectas , de quienes proceden. Coniessó ser el  
artificio de estas descripciones muy sutil , y primoroso ; pe-  
ro no veo razon alguna , que nos obligue à admitir la so-  
bredicha transformacion de las columnas , antes hay algunas,  
que bastantemente persuaden no ser conveniente ; y no es  
la mas debil el haverlo así observado inconcusamente los  
Architectos antiguos en los magníficos edificios de Ar-  
chitectura obliqua que erigieron , cuyas ruinas , ya que no  
sustentan sus bóvedas , mantienen aun en la posteridad su  
memoria : y aunque Caramuel diga en el artic. 6. *Ser este  
un error comun , y universal , y en que no solo Vitruvio , sino  
todos los Architectos fueron ciegos* , propondré una , ò otra ra-  
zon , que me persuade mantenerme en el parecer de los An-  
tiguos.

I Siendo la planta de la columna oval , ò elíptica , ha  
de tener dos diámetros , uno mayor , y otro menor : luego  
segun alguno de ellos , se havrà de determinar la altura de  
la columna ; y qualquiera que para este efecto se elija , lleva  
su notable inconveniente , porque si escogemos el mayor ,  
y segun éste determinamos la altura de la columna , mirada  
ésta por la parte en que hace frente el diámetro mayor ,  
parecerà bien ; pero por la otra parte , en que forma su  
gros-

grosseza el diametro menor, parecerà muy delgada; y asì mismo si se determina la altura segun el diametro menor, mirada por la parte del mayor, parecerà muy enana; fealdad una, y otra intolerable en la coluna, que es el cuerpo mas principal, y visible de una fabrica.

2 Ni hay necesidad alguna de transformar la coluna circular en eliptica; porque el cuerpo circular es de la misma fuerte adaptable à la fabrica obliqua, que à la recta; de fuerte, que aunque el pedestal, y basa, para conservar el paralelismo con los muros de la fabrica, se hayan de variar en rhombos; pero el circulo siempre le conserva de la misma fuerte, por tener siempre uno de sus diametros paralelo à dichos muros; y asì como en estas fabricas obliquas, aunque el pedestal se desfigure, no por esso se deve desfigurar la estatua, que sobre ellos se coloca, asì tampoco se deve desfigurar, y transformar la coluna, que sobre dicho pedestal se erige. Serà pues mucho mejor conserve la coluna en planta, y perfil en fabricas obliquas la misma figura, dimension, y simetria que en las rectas, con lo qual serà facil la practica de formar su ignographia, como se figue.

Descrito el rhombo ABCD, (fig. 40.) que es la ignographia del plinto de la basa de la coluna, ò del neto del pedestal, se tirarán las diagonales; y el punto E, en que se cortan, serà el centro de la basa de la coluna; y tirando de dicho centro la perpendicular EF à qualquiera de los lados, serà la EF el radio del circulo, que sirve de planta al cordón, ò thoro mayor de la basa; y à competente distancia, segun lo dicho en el libro antecedente, se describiràn del mismo centro los demás circulos, segun fuere la basa, y el menor de ellos serà la planta, ò vestigio del imo scapo de la coluna.

PROP.

## PROP. III. Problema.

*Trazar los chapiteles de las columnas en las plantas rectilíneas obliquas.*

**E**N la planta, ò vestigio de los chapiteles de las parafades, y columnas, se deve observar en las delineaciones obliquas el mismo paralelismo con los paredones, que en sus basas, de fuerte, que todas las lineas que en la delineacion recta serian paralelas à los paredones, lo deven tambien ser en la obliqua: y porque de aqui resulta especial dificultad en los cortes, ò molduras de algunos chapiteles, explicarè brevemente el modo de formar sus ignographias, ò vestigios; y porque los chapiteles Toscano, y Dorico no tienen especial dificultad, por ser sus plantas totalmente semejantes à las basas, y formarse de la misma manera que ètas, bastará explicarlas en el Jonico, y Corinthio, con lo qual quedará sabido lo que se ha de hacer en el compuesto, que casi no se distingue del Corinthio.

**I** Para obrar con mayor acierto, será mejor describir primeramente la planta del chapitel recto; y empezando por el Jonico, sea en la *fig. 41.* su ignographia recta *A*, por la qual se ha de delinear la obliqua *B*: para esto se tirarán en la planta recta *A*, de cada moldura, ò corte de un lado, lineas rectas à su correspondiente en el otro lado, que serán paralelas entre sí, como se vé en la figura, las quales se continuarán hasta que corten la perpendicular *GH*: desde los puntos *G*, y *H*, se tirarán las rectas *GD*, *HE*, con la declinacion, ò obliquidad que fuere menester, segun la planta; y tomando las *CD*, *FE* iguales à *GH*, se tirarán las *CF*, *DE*, y quedará formado el rhombo: luego de cada interseccion de la *GH*, se tirarán paralelas à la *GD*, y en ellas se delinearán las molduras, ò cortes correspondientes, dandoles la obliquidad misma de las lineas, lo que se entenderá mas facilmente mirando la figura, que con muchas palabras: con lo qual quedará descrito el vestigio del chapitel obliquo, desde cuyo centro *B* se describirá el circulo igual al de *A*, que será el sumo escapo de la columna.

2 La

72 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.

2 La planta, ò vestigio del chapitel Corinthio se describirà de la misma manera. Vease la *figura 43.* donde descrita primeramente su planta recta A, y tiradas las lineas, que alli se expresan con puntos, se describirà el rhombo GE, con angulos mas, ò menos obliquos, segun fuere menester; y continuando las paralelas de la delineacion recta A, hasta que corten la linea GH: de los puntos de la GH, se tirarán en la descripción obliqua las paralelas al lado GD; y por los puntos en que éstas cortaren à las diagonales, se tirarán rectas paralelas à la GH: conque vendrà à quedar quadriculado el rhombo B en la misma forma que el cuadrado A; y tomando en èste las distancias de los puntos de las molduras, que determinan las paralelas, se irán passando al chapitel obliquo B, cada una à su paralela correspondiente; y guiando por estos puntos la pluma con destreza, quedará descrito el vestigio del chapitel obliquo, como se vè bastantemente en la figura. Ultimamente del centro B, se describirà un circulo igual al de la figura recta A, que serà el vestigio horizontal del sumo scapo de la coluna, sobre que asienta el chapitel. Segun esta planta trabajará el Artifice diestro las hojas, y demás cortes, ajustando sus proyecturas à las reglas que se dieron en la Prop. 21. del libro antecedente.

PROP. IV. Problema.

*Disposicion que deven observar las ignographias de los cuerpos de Architectura en las plantas curvilineas.*

**D**E lo que se dixo en la Propos. 1. de las plantas rectilíneas obliquas, se colige lo que se ha de decir de las plantas curvilineas, como son las circulares, y elípticas. Siendo pues regla general, que todas las lineas que en la ignographia recta eran paralelas à los muros de la fabrica, lo han de ser tambien en la obliqua, se sigue, que siendo circulares estos muros, ò paredones, lo havrán de ser tambien las lineas sobredichas; y por consiguiente, los pedestales, y basas de las colunas, y pilastras tendrán circulares aquellos lados, que por su disposicion han de ser paralelos al muro; conque seràn porciones de un circulo paralelo al que

que forman los paredones del edificio ; y por la misma razón las líneas, ò lados de dichos pedestales , y basas , que en la ignographia recta fueren perpendiculares al muro , havrán de encaminarse en la circular al centro de la fabrica.

Esto mismo que he dicho de la planta circular , digo tambien de la oval , ò elíptica , que los lados de las paraf-tades , basas , y pedestales , que son paralelas à los paredones , han de ser porciones de elipse descritas de los mismos puntos que la de los paredones , con quienes ha de ser paralela ; y los otros lados han de encaminarse al centro de la elipse ; y en todo caso han de conservar su propia magnitud , y figura circular las colunas , por las razones dichas en la *Propos. 2.*

## PROP. V. Problema.

*Describir la ignographia , ò vestigio de las basas , y chapiteles en las plantas circulares , y elípticas.*

LA descripción , ò vestigio de las basas curvilíneas de las colunas , se hará con suma facilidad en la forma siguiente. (*fig. 42.*) Determinado el semidiámetro BI de la coluna , se describirà el círculo ILMN , que será la planta de su imo scapo : luego del mismo centro B se describiràn los demás círculos , que son el vestigio de los thoros , y demás molduras de la basa. Hecho esto , del centro del edificio se describiràn los arcos EOF , GQD , tangentes de la basa ; y del mismo centro se tirarán las líneas rectas EG , FH , tangentes de la misma basa , en P , y R ; y el quadrilatero EGFH , será la planta del plinto de la basa , y quedará concluida su delineación. De aquí se colige el modo de describir los soccos , y pedestales , por ser sus líneas paralelas à las del quadrilatero EH.

Los chapiteles se delinearàn de la misma fuerte ; pero se obrará con mayor seguridad , describiendo primero el chapitel recto , del qual , mediante las quadriculas , se pasaràn al obliquo los puntos principales , que determinan los cortes de sus ornatos , y molduras , en la misma forma que se explicó en la *Propos. 3.* De la misma manera se describiràn las ignographias en la planta oval , ò elíptica ,  
fa-



74 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL.  
tácando los lados curvos por los mismos puntos, ò focos de la elipse de los paredones, y dirigiendo los lados rectos al centro de la misma elipse.

Todo lo sobredicho se observará tambien en los perfiles, ò colunarios, aunque estos formen diferentes naves, ò calles, conservando siempre el mismo diametro, y magnitud de las columnas, con lo qual guardará mayor uniformidad el edificio, y solo habrá diferencia en las frentes circulares de las basas, y pedestales, porque las mas cercanas al centro de la fabrica serán porciones algo mayores de su círculo, que las mas distantes. El Obispo Caramuel, en consecuencia de su doctrina, guarda otras reglas, que podrá ver el curioso en el *trat. 6.* de su *Arquitectura*, *art. 8.* pero sus delineaciones incurrén en este caso en los mismos, ò mayores inconvenientes, que se le objetaron en la *Prop. 2.*

## CAPITULO II.

### DE LOS PERFILES DE LAS OBRAS VERTICALMENTE *obliquas.*

**P**erfiles *obliquos*, como dixe al principio, son los que se erigen sobre planos inclinados, ò se terminan en ellos por arriba. Llamanse *planos inclinados* los que forman angulo con el plano horizontal; y este angulo es la *inclinacion* del plano, como en la *fig. 44.* el plano AB es horizontal, ò à nivel; y el plano DE, es el inclinado, y su inclinacion es el angulo CEA. Las fabricas erigidas à plomo sobre el plano horizontal AB, son edificios rectos, por formar sus paredes angulos rectos con dicho plano; pero los erigidos sobre el plano inclinado DE, son obliquos, por formar con dicho plano angulos obliquos; y porque esta obliquidad es vertical, se reduce casi toda al perfil de la obra. Las reglas que en ella se han de observar, son las siguientes.

PROP.

## PROP. VI. Problema.

*Describir las plantas de los cuerpos de Architectura en las fabricas verticalmente obliquas.*

**A** Qualquiera plano inclinado le corresponde otro plano horizontal, como se ve en la *fig. 45.* y por contiguente à los edificios que se erigen sobre planos inclinados, les corresponden dos plantas, ò ignographias, una en el plano horizontal, y otra en el inclinado. La principal, y que deve formar primero el Architecto, es la del plano horizontal, como aquella de quien resulta la del plano inclinado, por nacer ésta de la seccion obliqua del edificio recto, hecha en virtud del plano inclinado. Descrita pues la planta de qualquiera cuerpo de Architectura en el plano horizontal, segun las reglas de la Architectura recta; y como si sobre el dicho plano se huviera de levantar el edificio, se describirà la ignographia, ò vestigio del mismo cuerpo en el plano inclinado en la forma siguiente.

Supongamos se ha de erigir una columna redonda sobre el plano inclinado *AG.* (*fig. 45.*) Determinado el diametro *NA* de su imo scapo en el plano horizontal, se describirà el semicirculo *NXA*; y dividiendo dicho diametro en qualesquiera partes iguales, como por exemplo en seis, se tirarán las *OT, PV,* &c. perpendiculares al diametro, que se continuaràn hasta que corten el plano inclinado *AG,* en *G, H,* &c. luego se hará la *HF* perpendicular à *AG,* è igual à *OT*; y la *IE* paralela à *HF,* è igual à *PV,* y asì de las demás; y guiando la pluma por los puntos *G, F, E,* &c. quedará descrita la mitad de la planta de la columna, que será una semielipse: la otra mitad se describirà passando las mismas distancias *HF, IE,* &c. à la otra parte en las mismas lineas continuadas. De la misma suerte, y aun con mayor facilidad, se describiràn las plantas de los pedestales, basas, &c.

PROP.

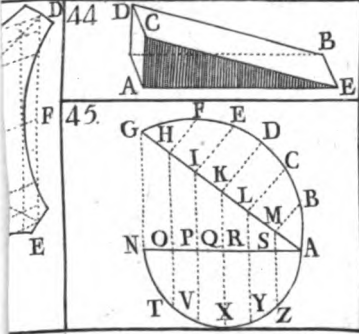
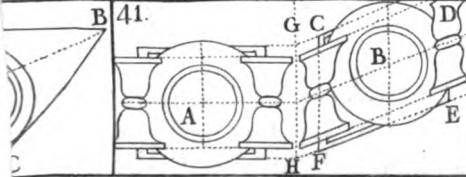
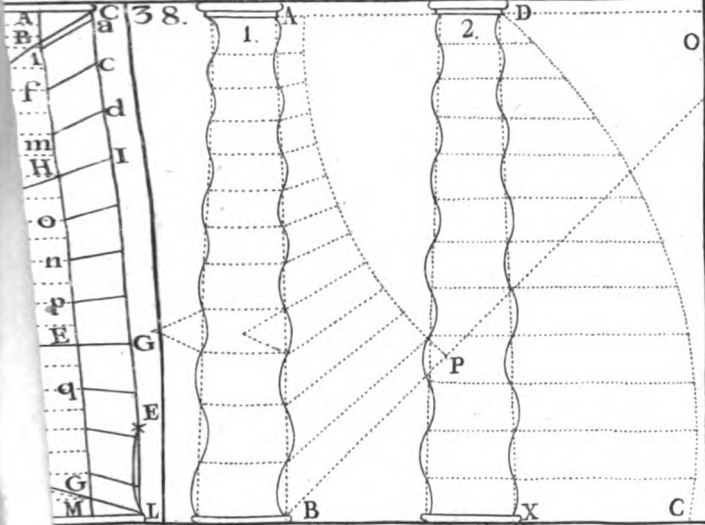
## PROP. VII. Problema.

*Describir el perfil de los cuerpos de Arquitectura en las fabricas verticalmente obliquas.*

**D**E lo dicho en la Propos. antecedente se colige, que los cuerpos de Arquitectura verticalmente obliquos, tendrán la misma amplitud, ó crassicie, según la sección, ó línea horizontal que tendrían, si se erigiesen sobre el plano horizontal correspondiente al inclinado; conque será cosa fácil formar su perfil como se sigue.

Primeramente, para mayor acierto se delineará el perfil recto; y de éste se sacará el obliquo. Sirva de exemplo la columna Toscana, que se ve en la *figura 46*. Hecha pues su lineacion recta, se dividirá la altura de su scapo en algunas partes iguales, como por exemplo en 6. y por estas divisiones, como tambien por todos los cortes de su basa, y chapitel, se tirarán paralelas horizontales, hasta encontrar con la perpendicular AB: de los puntos en que la cortaren, se tirarán paralelas al suelo inclinado AE; y habiendo tirado la ED paralela à AB, que representará el exe de la columna, se tirará afsimismo la RX paralela à ED, à quien cortarán las líneas inclinadas en los puntos T, P, O, &c. de los quales se tirarán perpendiculares à la ED, que serán todas paralelas entre sí: à estas paralelas se irán pasando los semidiametros de la columna recta; esto es, zx, à ZX; lm, à LM; y afsi de las demás: y llevando la línea por los puntos X, M, N, &c. quedará formado el perfil de la una parte de la columna con su disminucion devida: la otra parte se formará pasando à ella cada semidiametro obliquo de la primera, y señalando puntos en las mismas paralelas obliquas. La basa, y chapitel con todos sus cortes quedan formadas con las mismas paralelas obliquas; y porque la figura se expresa bastantemente, no me detengo en mas larga declaracion.

De esta misma manera, y aun con menos trabajo, se describirá el perfil de los pedestales, y cornijas; advirtiendo, que todos los cortes que en la cornija recta son para-



H. Ricarte sculp<sup>t</sup>



paralelos al horizonte , en la obliqua lo han de ser al plano inclinado ; y los que eran perpendiculares al horizonte , ò baxavan à plomo en la recta, deven tambien baxar à plomo en la obliqua : por ser cosa tan notoriamente facil, y de todos sabida, no me detengo mas en ella.

## ESCOLIO.

**D**E lo dicho se colige , que las pilastras , y columnas en este genero de Architectura obliqua conservan el mismo diametro horizontal que en la recta ; y por consiguiente , la misma espesura. El Obispo Caramuel en el trat. 6. art. 9. juzga , no parecer bien estas columnas , por salir sobrado baxos à la vista los chapiteles ; por esta causa forma las columnas , trasladando las medidas rf, qg, &c. no à las horizontales RF, QG, sino à las inclinadas ; pero en este modo de obrar hallo otro inconveniente mayor , y es , que la columna sale mas delgada ; pues siempre su propio modulo es el semidiametro horizontal de su imo scapo, y no el inclinado ; de que se sigue tener mayor altura respecto de su circunferencia de la que pide su simetria : y haviendo esta columna de sustentar el mismo peso que la recta , no se porqué se haya de formar mas delgada ; pero no estando esto sujeto à las leyes rigurosas de Geometria , podrá el Artifice obrar segun mejor le pareciere.

## PROP. VIII. Problema.

*Explicase el modo como se han de hacer estos perfiles , quando el suelo del edificio es horizontal , y el techo es inclinado , ò obliquo.*

**E**S cierto , que sobre el suelo horizontal se ha de erigir la fabrica recta ; y es tambien cierto , que siendo el techo , que termina la obra obliquo , que el remate de ella havrà de ser asimismo obliquo ; de que infiero , haver de ser estas fabricas en parte rectas , y en parte obliquas ; y no haviendo de passar repentinamente, y de golpe de lo recto à lo obliquo , que esse seria error muy feo , se sigue haverse de disimular artificiosamente esse tránsito , lo qual se puede hacer en la forma siguiente.

Sea

## 78 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

Sea en la *figura* 47. el plano horizontal CB, sobre que han de cargar los balaustrés de una escalera: sea CA donde han de terminarse: describáse primeramente el balaustré recto GH, de cuyos cortes mas principales se tirarán paralelas horizontales, que corten perpendicular AB: de intersecciones se tirarán líneas al punto C, en quien concurren el plano horizontal, y el inclinado; y éstas determinarán el lugar, y obliquidad que han de tener las molduras, y cortes de los balaustrés que se huvieren de colocar entre los planos sobredichos.

Este modo de Arquitectura puede ocurrir en las escaleras, cuyas barandas suelen adornarse con balaustrés, que asentando sobre el plano de las gradas, que es horizontal, terminan en el passamano, que es obliquo. Condena Caramuel con razon en el *art.* 12. à las que teniendo la cornija obliqua, constan de columnas, y chapiteles rectos, que no pudiendo concordar con ella, las ajustò el Architecto, como por fuerza, y sin gracia, con unos zoquetes triangulares, que como ripios llenan el vacio; y no parecen otra cosa, que *quinta rosa in curru*, de lo que puede ser fiel testigo la vilita.

### PROP. IX. Problema.

*Formar las plantas, y perfiles de los cuerpos de Arquitectura en los edificios que constan de declinacion, è inclinacion.*

Quando la fabrica tuviere declinacion, è inclinacion juntamente siendo rectilíneas; se describirà la planta, y perfil de los cuerpos de Arquitectura de la misma suerte que los de las Proposic. passadas; solo que la planta de dichos cuerpos, en el plano horizontal ha de ser la misma que dixe en la *Prop.* 2. para los pedestales, y basas de las columnas; y en la *Prop.* 3. para los chapiteles; y así no es menester mas explicacion.

Si la declinacion del edificio fuere curvilínea, se declinarà la planta de los cuerpos sobredichos en el plano horizontal, con la disposicion misma que se dixo en las *Proposiciones* 4 y 5. descrita èsta, se sacará el perfil de la misma.

misma fuerte que en las obliquas rectilneas ; solo que las piedras de la superficie han de observar , y seguir la misma obliquidad , y curvatura de la planta ; dandoles afsimismo a los cortes , y molduras la obliquidad vertical , ò inclinacion de la obra : todo lo qual se reduce al corte , y formacion de las plantillas , que se explicará en el tratado siguiente.

## PROP. X. Problema.

*Formar las cornijas obliquas , y unirlas con las rectas.*

**E**S muy frecuente en las fabricas el uso de las cornijas obliquas , singularmente en los remates de los frontispicios ; y en los ornatos que suelen coronar las ventanas , y puertas , y acompañar las escaleras , siendo muy ordinario correr recta una cornija hasta cierto termino , donde , haciendo angulo , prosigue de alli adelante obliqua ; y como tenga bastante dificultad el unir la cornija obliqua con la recta de quien procede , será forzoso ocurrir con los preceptos siguientes à qualquiera defacierto , que en este punto ofenderia notablemente la vista.

1 La cornija AD horizontal , ( *fig. 48.* ) ha de proseguir obliqua por AE : tirese la AB perpendicular al horizonte , ò à plomo : profiganse todos los cortes , ò molduras de la cornija recta AD , hasta que corten la recta AB ; y de las intersecciones tirense paralelas à la linea obliqua AE , y quedará formada la cornija obliqua , que unirá con la recta en la linea AB ; pero porque parece mal que esta linea de la union cayga fuera de la coluna , segun se ve en dicha figura , será mucho mejor se disponga como en la figura 49. en que la linea de la union cae en medio de la coluna , pero será menester , que esta sea recta en la mitad que corresponde à la cornija recta ; y obliqua en la otra mitad correspondiente à la obliqua. Advertate tambien , que todos los cortes , y molduras , que en la cornija recta fueren perpendiculares , y paralelos à la AB , han de conservarse en la obliqua el mismo perpendicular , y paralelismo , como se ve en la *figura 50.*

Con

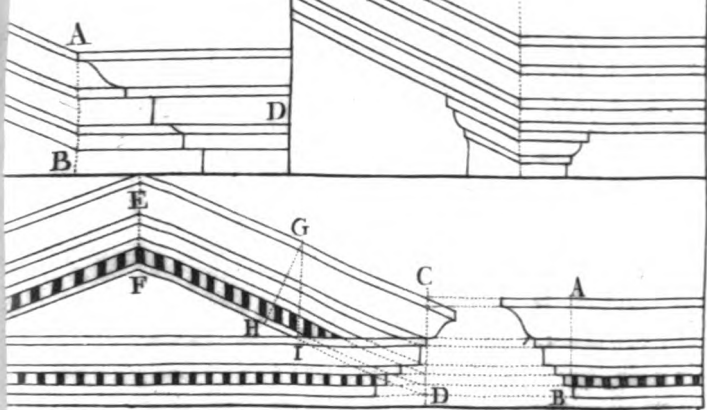


## 80 TRAT. XIV. DE LA ARCHITECTURA CIVIL:

2 Con el mismo artificio sobredicho se determinará el origen, y disposición de los cortes en las cornijas angulatas, y circulares, que se suelen colocar en las fachadas de las puertas, y ventanas, y en la coronación, y remate de otros edificios. Supongamos pues, se ha de formar una cornija angulata KEC, (fig. 50.) determinado primeramente el ángulo E, (31. lib. 1.) se describirá con líneas ocultas la cornija recta que se quisiere usar, y sea AB: tirense las CD, EF, y AB, perpendiculares al horizonte; y por consiguiente paralelas: continúense las líneas de la cornija recta hasta que corten la CD; y de las intersecciones suban paralelas à la CE, hasta llegar à la EF; en la qual formando todas un mismo ángulo, prosigan paralelas à la EK, y quedará perfecta la delineación, en la qual los dentellones son verticales, y perpendiculares, ò paralelos à la GI; pero no à la GH, que sería notabilísima fealdad, y error.

TRA;

49.



H Riccio sculp.





# TRATADO XV.

DE LA

## MONTEA, Y CORTES

DE CANTERIA.



Comprehende este Tratado lo mas sutil, y primoroso de la Architectura, que es la formacion de todo genero de arcos, y bovedas, cortando sus piedras, y ajustandolas con tal artificio, que la misma gravedad, y peso, que las havia de precipitar àzia la tierra, las mantenga constantes en el ayre, sustentandose las unas à las otras, en virtud de la mutua complicacion que las enlaza, con que cierran por arriba las fabricas con toda seguridad, y firmeza. Juzgo serà materia de mucha utilidad para los Maestros de Architectura, y Canteria, por comprehender todo lo concerniente à entrambas Artes. Va distribuida para mayor claridad en cinco Libros. El primero, serà de los principios fundamentales de todo el Tratado. El segundo, tratarà de los arcos, y bovedas cilindricas. El tercero, de las conicas. El quarto, de las esphericas, y del concurso de diferentes bovedas.

Tomo V.

F

das.

82 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.  
das. El quinto, de las espirales, y de otros irregulares  
generos de bueltas.



# LIBRO I.

## DE LOS FUNDAMENTOS DEL Arte de Montea, y Can- teria.

### DEFINICIONES.

1 **L** Os *arcos*, que adornan, y sustentan los edificios; y las *bovedas*, que les cubren, y cierran, no son otra cosa, si bien se consideran, que unos cortes, secciones de cilindros, ò esferas, ò de otros solidos concavos, hechas por planos verticales, ò horizontales, rectos, ò obliquos, de que resulta la gran diversidad de sus especies, que explicaremos en su lugar.

2 Las piedras de que se componen los arcos, y bovedas, imitan la forma de una cuña, como se ve en la *figura 1*. Constan de seis superficies, de las cuales la interior *IM*, es concava, y se llama *dovela interior*; su opuesta *FGH*, es convexa, y se llama *dovela exterior*. La superficie *FM*, que suele ser vertical, se llama *paramento*, y *cara anterior*; y su opuesta *IH*, *paramento*, y *cara interior*. Las otras dos superficies *FI*, *MH*, se llaman *lechos*, ò *juntas*, por juntarse, y servir de lechos las de unas piedras para las otras. La superficie sobre quien asienta, y ajusta otra, se suele especialmente llamar *lecho*; y la que asienta sobre ella, *sobrelecho*. La piedra que está en medio

dio de un arco, ò boveda, se llama *clave*; y las primeras à uno, y otro pie, *incumbas*, ò *bolsones*.

3 Para cada superficie de las sobredichas, se puede hacer su *plantilla*, que no es otra cosa, que una tabla, ò plancha cortada con los mismos angulos, y figura, que ha de tener la sobredicha superficie de la piedra, para que puesta sobre ella, se le dè aquella misma disposicion, y figura, quitando todo lo superfluo: el modo de cortar las plantillas, no solo para los arcos, y bovedas, si tambien para otros qualesquiera cuerpos de Architectura, se colegirà de lo que despues diremos.

4 *Cimbra*, ò *cerchon*, es la tabla, ò tablas de madera, cortadas con la misma concavidad del arco, ò boveda, que sirven de exemplar, y pauta para su formacion.

5 *Gnomon*, ò *esquadra*, es un instrumento bien conocido, compuesto de dos reglas, que forman un angulo recto.

6 *Gnomon movable*, ò *saltarella*, es un instrumento compuesto de dos reglas movibles sobre un punto à modo de compàs, con el qual se toma qualquier angulo, y se passà à las piedras, en quienes se executa.

7 *Regla cercha*, ò *baivel*, es una tabla cortada, de fuerte, que forme un angulo mixtilineo igual al que hacen los lechos de las piedras de un arco con la superficie concava del mismo, de que se hablarà varias veces. Na me detengo en explicar los demàs instrumentos de que necessitan los Architectos, y Canteros, como son *nivel*, *pico*, *escoda*, *cincel*, y *tallantes*, por ser bien conocidos.

8 El *vestigio*, ò *ignographia horizontal* de qualquiera magnitud puesta, ò imaginada en el ayre, es aquella figura que tendria su sombra en el plano horizontal, causada de los rayos del Sol, puesto perpendicularmente sobre dicha magnitud: de que se colige formarse dicha *ignographia*, tirando perpendiculares al horizonte de las extremidades, y angulos de la sobredicha magnitud, porque los rayos del Sol, que la formarían, serian perpendi-

84 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.  
culares al horizonte, y paralelos en sí sensiblemente por la gran distancia del Sol.

9 *Vestigio vertical*, es el que se formaria en un plano vertical con los rayos del Sol puesto en el horizonte, los cuales serian perpendiculares al plano, y paralelos entre sí, y con el horizonte.

PROP. I. Theorema.

*La ignographia horizontal de una linea recta puesta en el ayre, y paralela al horizonte, es tambien linea recta igual, y paralela à la sobredicha. (fig. 1.)*

LA recta AB se considera en el ayre, y paralela al suelo horizontal. Digo, que su ignographia horizontal CD es paralela, è igual à AB.

*Demonstr.* Las rectas AC, BD, que forman la ignographia, (def. 7.) son perpendiculares al suelo horizontal: luego tambien lo son à la AB, y por consiguiente son entre sí paralelas; y siendo AB paralela al horizonte, son tambien AC, y BD iguales: luego la ignographia, ò linea CD, que las junta, será (33. 1. Eucl.) igual, y paralela à la AB.

Por la misma razon la ignographia vertical de una linea recta perpendicular al horizonte, es igual, y paralela à dicha linea.

PROP. II. Theorema.

*La ignographia horizontal de una linea recta inclinada al horizonte, es una linea recta menor que la sobredicha. (fig. 1.)*

SEA la recta AE inclinada àzia el horizonte. Digo, que su ignographia horizontal CD, es menor que la linea AE. La razon es, porque (1.) la ignographia CD, que lo es tambien de la AB, por suponerse entrambas en un mismo plano vertical, es igual à AB; y siendo AB menor que AE, por oponerse à menor angulo en el triangulo ABE, será tambien CD menor que AE.

PROP.

## PROP. III. Theorema.

*Las líneas paralelas , è iguales , que estàn en diferentes planos verticales, tienen sus Ignographias iguales, y tambien paralelas. (fig2.)*

**L**As dos líneas AB, CD, son paralelas, è iguales, y estàn en diferentes planos verticales. Digo, que sus ignographias EF, GH, son tambien paralelas, è iguales. Tirese los perpendiculos, que forman sus ignographias, y tomese la GK igual à FD; y en el plano GA tirese la KI paralela à CD, y à la AB; y juntense las CI, DK.

*Demonstr.* Las DF, KG, son por construcción iguales, y por ser perpendiculares al mismo plano horizontal, son tambien paralelas: luego las DK, FG, que las juntan, son tambien paralelas, è iguales; y por la misma razon son las paralelas AB, IK iguales; y asimismo las CI, DK serán paralelas, è iguales, por serlo las CD, IK à quienes juntan: luego siendo la DK paralela al horizonte, tambien lo será CI: luego la EH, que está en el mismo plano que la CI, y está en el horizonte, será tambien igual, y paralela à la CI: luego las EH, FG son paralelas, è iguales; y por consiguiente las ignographias EF, GH, que las juntan, son paralelas, è iguales.

Dixe en la proposición, que *las paralelas, è iguales, que estàn en diferentes planos verticales, tienen sus ignographias paralelas, è iguales*, porque si estàn en un mismo plano vertical, como las AB, IK, tienen por ignographia la línea HG solamente: como tambien las AB, ML, tienen las ignographias HG, ON iguales; pero que concurren formando una misma línea, como es por sí manifesto.

PROP.



## PROP. IV. Theorema.

Si las líneas paralelas al horizonte forman ángulo, sus ignographias horizontales formarán el mismo ángulo. (fig. 2.)

Sean las líneas DK, KI, paralelas al horizonte, y formen qualquiera ángulo K. Digo, que sus ignographias horizontales HG, GF, forman el ángulo G igual al ángulo K. *Demonstr.* (1.) La ignographia HG, es paralela à la recta IK; y la GF, à la KI : luego ( 10. 11. Eucl. ) el ángulo G, es igual al ángulo K.

## COROLARIOS.

1 **L**a ignographia horizontal de qualquiera poligono paralela al horizonte es igual, y semejante al sobredicho poligono, por tener sus lados, y ángulos iguales à los del poligono. Lo mismo es en los círculos, elipses, y otras qualesquiera figuras curvilineas, por ser poligonos de infinitos lados.

2 Las líneas que forman ángulo, y están en un mismo plano vertical, tienen sus ignographias horizontales concurrentes en una misma línea. Consta de la proposicion 2. donde se ve que las líneas AB, AE, ( fig. 1. ) que forman el ángulo A, y están en un mismo plano vertical, tienen por comun ignographia la recta CD.

3 Qualquiera poligono, cuyo plano fuere vertical, tiene por ignographia horizontal una línea recta. Asimismo el círculo, ò elipse vertical tiene por ignographia horizontal una línea recta igual à su diametro. Consta de lo dicho ; pero si sus planos fueren inclinados, sera su ignographia diferente, tanto quanto fuere mayor, ò menor su inclinacion.

4 Todo lo que se ha dicho hasta agora de la ignographia horizontal, se ha de entender tambien de la vertical, siendo la disposicion de las líneas, y planos, respecto del plano vertical, semejante à la que se ha considerado, respecto del horizontal.

## PROP. V. Problema.

Dadas tres plantillas, que juntas formen un ángulo solido, hallar las inclinaciones de sus planos.

**M**odo 1. Juntense las tres plantillas, de fuerte, que formen el ángulo solido ; y con la faltarella se

to-

tomarán los ángulos que forman unas con otras, que son sus inclinaciones: como si en la *fig. 5.* se juntan las plantillas AB, KL, BF, de suerte, que formen el ángulo sólido B, se tirarán las perpendiculares EC, CO, à la comun sección BL; y ajustando los brazos de la saltarella à estas perpendiculares, se hará el ángulo ECO de la inclinacion, que se pretende.

*Modo 2. geometrico.* En la *fig. 3.* los planos AB, AC, AD, se han de juntar para que formen el ángulo sólido A: pidefe el ángulo de inclinacion que tendrá el plano AD con AC; y en el mismo AD con AB.

*Operacion.* Juntense, ò descrivanse los tres planos en un mismo plano, de modo, que se unan, y convengan en los lados AN, AM. Hecho esto, de los puntos E, y F, tirense las EG, FH, perpendiculares à dichos lados, que se proseguirán hasta que concurran en I: del punto I, con el intervalo HF, se hará el corte K; y tirando la IK, el ángulo HIK, será el de la inclinacion de los planos AC, AD: y asimismo si con el intervalo GE, se hace desde I el corte L en el lado AN prolongado, será el ángulo LIG, el de la inclinacion de los planos AB, AD.

*Demonstr.* Imagínese que los planos AC, AB, se muevan volviendose sobre las AM, AN, hasta que AF, AE, se junten en una misma linea, y los puntos E, y F, en un mismo punto; de que se seguirá, que las EG, GI, doblándose, formarán ángulo en G, como tambien las FH, HI en H: lo qual se percibirá claramente haciendo la figura en papel à parte, y cortandola de suerte, que doblando el papel por las lineas AM, AN, venga à juntarse AF con AE: donde se verá, que si del punto E, y F, (que se hacen uno) se tira una linea al punto I, será perpendicular al plano AD; y se prueba haver de ser así, porque la NG es perpendicular à las EG, GI: luego (4. 11. Eucl.) es perpendicular al plano del triangulo EGI, que se formará con el dicho doblamiento; y por consiguiente, el plano AD, que passa por las lineas NG, GI, es perpendicular al plano del triangulo EGI, y éste à aquel. Por la misma razon es el plano del triangulo FHI perpendicular al mismo plano AD: luego (19. 11. Eucl.) la linea  
EI,

88 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

EL, ò FL, que es la misma, es perpendicular al dicho plano AD; conque el triangulo FIH, es rectangulo en I; y por consiguiente, el angulo FHI, es la inclinacion de los planos AC, AD: éste pues digo ser igual al angulo HIK; porque los triangulos FIH, IKH, son totalmente iguales, por tener el lado IH comun; y los lados IK, FH, iguales por construccion; y los angulos comprendidos iguales por ser rectos: luego los angulos IHF, HIK son iguales, que es lo que se pretende. De la misma suerte se demonstrará ser iguales los angulos IGE, LIG.

PROP. VI. Problema.

*Dados los lados de un paralelogramo, y en uno de ellos el punto en que cae la perpendicular tirada de la extremidad del otro, perficionar el paralelogramo. (fig. 4.)*

SEAN dados los lados NP, y X de un paralelogramo; y el punto Q, en que viene à caer la perpendicular tirada de la extremidad del otro lado: pide se perficione el paralelogramo.

*Operacion.* Del punto dado Q, levante se la perpendicular QM, larga à discrecion: tomese con el compàs la linea X, y haciendo centro en N, con la dicha distancia corte se la perpendicular en M; y tirando la NM, perficione se el paralelogramo, haciendo la MO igual, y paralela à NP, y tirando la OP. Es tan claro, que no necesita de demonstracion.

PROP. VII. Problema.

*Modo primero de formar, y cortar las piedras. (fig. 5.)*

LOS Maestros de Canteria tienen dos modos de cortar las piedras: el primero mas facil, y ordinario, es el que se vale de las plantillas, eerchas, baiveles, y saltarella, con que forman los planos, y superficies de las piedras, dandoles los devidos angulos de inclinacion; y es como se sigue.

Supongamos se ha de trabajar la piedra de la *figur. 5.* para un arco, cuyas tres plantillas se suponen ya cortadas.

das. 1. Trabajese la superficie DB, aplicandole su propia plantilla; y aunque esta superficie ha de ser curva, por pertenecer à la dobla interior del arco, pero conviene se haga primero plana. 2. Señalese con lapis la EC perpendicular à la BL, y asimismo la CO perpendicular à la misma BL: abrafe una regata en la piedra siguiendo la CO; y tomando con la saltarella el angulo de inclinacion que ha de tener el plano LM, con el plano DB, segun le dà la plantilla de la cara AB, se ajustará el un pie de dicho instrumento sobre la linea EC, y el otro en la regata CO, la qual se profundará, segun fuere menester, hasta que los pies de la saltarella se ajusten perfectamente el uno sobre EC, y el otro sobre CO. Hecho esto, quitese de la piedra todo lo superfluo, hasta que la superficie LM quede bien llana, de fuerte, que no quede vestigio de la regata CO; y con esto quedará concluida esta superficie, y de la misma manera se trabajará la otra AD su correspondiente.

3 Para trabajar la superficie AB, tirese con lapis la GH perpendicular à la KB, y asimismo la HI perpendicular à la misma KB, y se abrirá como antes una regata HI; y tomando de las plantillas el angulo que han de formar los planos AB, KL, se ajustarán sus dos brazos, el uno sobre GH, y el otro en la regata HI, que se profundará hasta que el angulo de la saltarella ajuste perfectamente con el de la piedra, y cada brazo de aquella con cada superficie de esta, y allanando toda la superficie KM, hasta que desaparezca la regata, quedará concluida la sobredicha superficie; y de la misma suerte se trabajará su opuesta DF. Ultimamente, con el segmento de circulo S, cuya curvatura se supone ajustada à la de la cimbría, ó eerchon del arco, se formará la concavidad de la superficie DB, que se hizo plana para facilitar la operacion. Suelese ordinariamente trabajar esta superficie concava de DB, formando en una tabla como X, el angulo mixtilíneo, ajustado al mixtilíneo AKB, que ha de tener la piedra: llamase dicha tabla *regla cercha*, ò *curvel*.

*Adviertase, que habiendose trabajado los lechos ML, y AD, se puede trabajar la superficie AB, aplicando solamente sobre ML,*

su

*su propia plantilla, por dar èsta el angulo MBL; y no serà menester buscar el angulo IHG, por la saltarella, y se escusarà la operacion puesta en el num. 3.*

## PROP. VIII. Problema.

*Modo segundo de formar, y cortar las piedras. (fig. 6.)*

**E**ste segundo modo de cortar las piedras usa de quadriculas, y robos; y aunque es mas ingenioso que el primero, pero tiene mas dificultad, y desperdicia mucha piedra; y porque raras veces serà menester ponerle en practica, resumirè en breve su explicacion. Sea pues (fig. 6.) la plantilla ABCD, para la frente de la piedra que se ha de formar, que supongo sea vertical; y tirando la horizontal GH, se baxaràn los perpendiculos de los angulos, y quedará formada su ignographia en la linea GKAH. Supongo tambien, que la ignographia horizontal de la piedra, formada con las perpendiculares que baxan de sus angulos, sea el paralelogramo GE.

*Operacion.* Cortese en la piedra OM la superficie plana OYLN, igual, y semejante à la ignographia GE: cortese tambien la superficie plana OZ, à esquadra con la primera: levantese la perpendicular OP, igual à la GD; y tomando OX, igual à GK, se levantará la perpendicular XS, igual à KC; y en ella se señalarà XT, igual à KI. Asimismo se hará la OV, igual à GA; y la perpendicular Y&, igual à HB: y se tendrá la figura PS&V, igual, y semejante à la plantilla ABCD: hagafe lo mismo con todo cuidado en la superficie de la piedra opuesta à la OS; y cortando à la larga en toda la piedra los segmentos POV, &VY, quedará perfecta la piedra como se deseava.

*Algunas dificultades se pueden ofrecer en esta practica, que si fuere menester se explicarán en su lugar.*

PROP.





## PROP. IX. Problema.

*Describir la Ignographia assi horizontal , como vertical del arco fundamental. (fig. 7.)*

**L**amo *arco fundamental*, ò *principal*, al que consta de un semicirculo entero, que tambien suelen llamar los *Architectos*, *arco de medio punto*. Este arco, y sus *ignographias* sirven como de fundamento para la delineacion de otros muchos generos de arcos, y bovedas, como se verá en el discurso de este tratado, y por esso con razon se le da el nombre de *principal*, ò *fundamental*. Su descripcion es bien sabida: hase en la forma siguiente.

Sobre la recta AB se ha de describir un arco circular, ò de medio punto. *Operacion.* Dividase por medio en D, y haciendo centro en D, con el intervalo DA, hagase el semicirculo AOB, que será la dobla exterior del arco: cortese la A 3. igual à la crasie del arco, y con la distancia D 3. hagase el semicirculo 3 M 3. y será la dobla interior. Dividase este semicirculo en algunas partes iguales; pero impares, para que no venga junta en el medio, si que esté allí entera la clave, ò tholo FOG: del centro D tirense por dichas divisiones lineas rectas de la una dobla à la otra, y éstas serán las juntas de las piedras; y con esto quedará descrita la frente del arco.

La *ignographia horizontal* se hará en la forma siguiente. De los puntos de las divisiones hechas assi en la dobla interior, como en la exterior, tirense perpendiculares al diametro horizontal AB: las que baxan de la dobla exterior son de puntos para mayor distincion de las que descienden de la interior: con esto quedará en la linea AB hecha la *ignographia horizontal* de la frente del arco, y de todas las juntas de sus piedras, como consta del *Corolario* 3. despues de la *Propos.* 4. donde se ve claramente, que por los puntos de esta *ignographia* han de pasar las lineas que terminan el vestigio horizontal de las juntas, ò lechos de las piedras.

La *ignographia vertical* se describe, tirando por las mismas



92 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

mas divisiones de los semicirculos lineas paralelas al diametro horizontal AB ; las del circulo exterior de puntos para distincion de las otras ; y éstas cortaràn el semidiametro vertical DO en los puntos N , L , &c. y quedará formada la ignographia vertical de la frente del arco : y en lugar de la DO , se formaràn dichas divisiones en la AC su igual , y paralela , para mayor limpieza , y menos confusion.

Muchas veces será menester la sobredicha division de la linea AB como fundamento para diferentes operaciones, por ser el arco semicircular, como tengo dicho, el principio, y origen de quien se deducen los demás; y por no repetir la practica sobredicha, nos contentaremos con trasladar el diametro horizontal AB con sus divisiones, como tambien la AC quando fuere menester: y para que mas facilmente se pueda tener presente dicho arco, se ha puesto à parte su figura al principio de este libro.



## LIBRO II.

### DE LA DESCRIPCION , Y FABRICA de los Arcos , y Bovedas Cilindricas.

**A** Ssi los arcos , como las bovedas pueden ser , ò cilindricos , ò conicos : aquellos son porciones de un cilindro; y éstos de una piramide conica. Trataré en este libro solamente de los cilindricos, comprehendiendo en ellos tanto los circulares como los elipticos ; pues en quanto à lo que de ellos hemos de decir aora, no llevan los unos especial dificultad, que no se ha-

halle tambien en los otros: porque así como el arco, ò boveda circular se concibe claramente engendrarse del movimiento de un semicirculo, cuyo centro camine por una linea recta, que es el exe de dicho arco, ò boveda; así tambien los elipticos se imaginan engendrarse del movimiento mismo que se supone hacer una semielipse, como luego dirè. Comprehendo pues en este libro el modo de trazar, y fabricar los sobredichos arcos, y bovedas segun todas sus diferencias, que se explican en las definiciones siguientes.

## DEFINICIONES.

1 **A**rco *semicircular*, ò *de medio punto*, es el que consta de un perfecto semicirculo, como el de la *fig. 7.*

2 *Arco escarzano* se llama, el que siendo circular, no llega à tener enteramente el medio punto, ni à ser perfecto semicirculo, como el de la *fig. 9.*

3 *Arco eliptico rebaxado*, es el que consta de una media elipse, teniendo por diametro de su claro el mayor diametro de aquella, y por altura, ò sagita, el menor semidiametro. Quando se describe con cordel, es una rigurosa semielipse; y se llama *arco de cordel*, (*fig. 12.*)

Quando con porciones de circulo se llama *carpanel*, ò *apoynelado*, (*fig. 10.*)

4 *Arco de todo punto*, ò *levantado de punto*, puede ser de dos maneras: el primero es el que consta de una media elipse, siendo el menor diametro de èsta el del claro del arco; y su altura, ò sagita el mayor semidiametro. Puede-se llamar *eliptico levantado*. El segundo es el que consta de dos porciones de circulo, que forman angulo en la clave, por lo que se llama *apuntado*, (*fig. 15.*)

5 *Arco degenerante*, es el que viene à degenerar en linea recta, (*fig. 17.*) y suele llamarse *adintelado*, ò *à nivel*. Puede tambien degenerar en otro genero de lineas, como veremos despues. Si este arco fuere por una de sus caras degenerante en linea recta à nivel, ò adintelado; y por

94 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

por la otra guardare su buelta , ò curvatura , se llamarà *capialzado*.

6 Quando la primera piedra , ò los primeros ladrillos de uno, y otro pie del arco asientan à nivel, y sobre plano horizontal, se dice *mover el arco de quadrado, ò horizontalmente* ; pero quando asientan sobre plano inclinado , se dice *mover de salmer , ò de plano inclinado*.

7 Así las juntas de las piedras, como las hiladas de los ladrillos de que constan los arcos, se encaminan àzia alguno, ò algunos puntos determinados : y esta direccion se llama *tirantéz del arco*.

8 *Cintrel*, es un hilo , ò vara que se asienta en el punto àzia donde van las tiranteces del arco , y sirve para labrarle, de fuerte , que en qualquier parte observe su propia tirantéz.

9 En las bovedas se distinguen tambien las mismas especies que en los arcos; y así son , ò *semicirculares*, ò *de medio punto* : *escarzanas* : *elipticas rebaxadas*, ò *de cordel*, ò *de punto levantado*. Y à mas de esto , de los encuentros de sus cañones, y mixtura de sus monteas resultan otras, de que se tratarà mas adelante.

10 *Basa de un arco*, ò *boveda*, es el plano vertical , ò quasi vertical , que tiene la misma figura del arco , ò boveda : y así la basa de una boveda , ò arco semicircular es un semicírculo vertical ; la de la boveda , ò arco eliptico es una media elipse vertical; y así de los demás. De que se colige, haverse de confiderar dos basas en qualquiera arco, que son los terminos de su profundidad, ò *crassicie*: y así mismo en qualquiera boveda , que son los terminos de su cañon : y la distancia que hay de una basa à la opuesta es *la longitud del cañon de la boveda*.

11 *Exe de un arco*, ò *boveda*, es la linea recta que passa del centro de una basa al centro de la otra opuesta , corriendo à lo largo todo el cañon.

12 Concibese resultar el cañon de una boveda , ò arco , del movimiento que hace un plano igual, y semejante à su basa , corriendo su centro por el exe de dicho arco , ò boveda : de que se colige , que si dicho exe es perpen-

pendicular al plano de la basa , todas las lineas paralelas al exe , tiradas tanto en la superficie concava , como en la convexa , seràn perpendiculares à la basa ; y si el exe fuere obliquo à la basa , tambien lo seràn todas las sobredichas paralelas : conque siendo el exe perpendicular à la basa , la boveda , y arco seràn *rectos* ; pero si fuere obliquo , seràn *obliquos*.

## CAPITULO I.

*DE LOS ARCOS , Y BOVEDAS CILINDRICAS REGULARES , tanto rectas , como obliquas.*

**T**odo lo que en este libro se dixere de los arcos cilindricos , se ha de entender tambien de las bovedas cilindricas , pues solo se diferencian éstas de los arcos en estenderse à mayor longitud. Explicaré pues en este capitulo el modo de trazar , y fabricar todo genero de arcos cilindricos , asi rectos , como obliquos ; pero sin que en ellos concorra irregularidad alguna de las muchas que pueden concurrir , y que explicaré en el capitulo siguiente ; y porque los arcos , y bovedas se pueden fabricar , ù de piedra , ù de ladrillo de rosca , ù tabicado , propondré las reglas que se deven observar en qualquiera caso de los sobredichos.

## PROP. I. Problema.

*Trazar , y fabricar el Arco recto semicircular , ù de medio punto.*

**E**L modo de trazar este arco de medio punto , es bien facil , pues solo consiste en describir dos semicirculos ; uno para la dovela interior , ù concava ; y otro para la exterior , ù convexa ; y en encaminar , y dirigir sus tirantes al centro que sirvió para su descripcion , como queda dicho en la *prop. 9. lib. 1.* Este arco es muy perfecto , y seguro con que lleve los competentes estrivos pa-  
ra

ra resistir sus empujos, como despues dirè; y su buelta empieza à mover de quadrado, ò plano horizontal.

Para fabricar afsi el arco semicircular, como todos los demàs, se harà primeramente su cimbría, ò cerchon, que para èste es bien facil, por no ser mas que un semicirculo de madera ajustado à la buelta, ò dobla interior. Puedese fabricar el arco de Albañilería, ù de piedra: siendo de Albañilería, ò es tabicado, que solo sirve para falseado, y apariencia, ù de ladrillo de rosca; si es tabicado, se iràn juntando, y uniendo los ladrillos por sus lados figuiendo la cimbría, ò cerchon; y no ha menester mas habilidad. El de ladrillo de rosca, hecho con buen yesso es muy fuerte, y en su fabrica se observará lo siguiente. 1. Se ha de cuidar, que las hiladas sean nones, para que la clave no venga en junta. 2. Se fixará el cintrel en el centro del arco, con el qual se dirigiràn las tiranteces de sus hiladas perfectamente àzia el centro, las quales se han de ir echando igualmente à uno, y otro lado del arco, cuidando vaya delantero el grueso del tendel en cada hilada: lo que se continuará, hasta que quede cerrado, y concluido el arco.

Si se ha de fabricar de fillares, se obrará como se sigue. Supongamos, que sobre la recta AB, (fig. 8.) se ha de formar un arco circular recto. Descrita primero su frente, è ignographia, como se dixo en la *propof. 9. lib. 1.* se tirará la AR, igual à la latitud del arco, ò cralsicie de la pared: tirese asimismo BO, igual, y paralela à la AR, y juntese la RO; y de cada punto de la division de la AB, tirese paralelas à la misma AR, y en el rectangulo RB, quedará formada la entera ignographia del arco. Hecho esto, cortese la plantilla de un paramento, ò frente de una piedra, por exemplo de la AE, (fig. 7.) y ajustandola sobre la piedra, se trabajará esta superficie; y formada èsta, se formaràn las de los lechos con sola la esquadra, por ser en este arco perpendiculares à la frente: con sola la plantilla sobredicha se trabajaràn las demàs piedras, sin que sean menester mas plantillas por la igualdad, y uniformidad que guarda este arco en todas sus piedras; y sus doblas se mol-

moldearán con toda seguridad, y acierto con el baivel X. *Esto mismo se observará en la fabrica del cañon seguido de boveda semicircular, y recta, por la razon dicha arriba.*

Si se quisiere formar tambien plantilla para los lechos, se hará un rectangulo perfectamente igual, y semejante al rectangulo AR 33. (fig.8.) y éste será la plantilla para todos los lechos, y sobreluchos.

Tambien si se quisiere cortar plantilla para la dovela interior, se formará un rectangulo, que tenga por un lado la misma AR; y por otro lado, la cuerda, ò subtensa de la porcion del arco 3.E, (fig.7.) que le toca à aquella piedra con esta plantilla, se trabajará plana la dovela interior, à quien se le dará despues la curvatura, ò usando de la porcion de circulo de madera ajustado à la cimbra, segun dixen en la *prop.7. lib. 1.* ò con la plantilla del paramento, ò regla cercha, ò baivel.

*En la misma forma que aqui se ha dicho, se trabajarán las piedras en los demás generos de arcos rectos, sean elipticos, ò de cordel, ò escarzano, ò de pies iguales, &c. porque teniendo la plantilla, ò exemplar de la frente con sola la esquadra, se trabajarán las demás superficies; pero con esta diferencia, que en el arco circular sea de medio punto, ò escarzano, singularmente si éste mueve de salmer, como es razon, las mismas plantillas de la primera piedra, sirven para todas las demás: lo que no puede ser en los arcos de cordel elipticos, ni en los degenerantes, ni de pies desiguales, como por sí es manifesto, y veremos en las proposiciones siguientes.*

### PROP. II. Problema.

*Describir, y fabricar el Arco Escarzano. (fig.9.)*

**E**L arco escarzano se acostumbra poner sobre las puertas, y ventanas para cerrarlas con mayor seguridad por arriba. Su descripción es la siguiente. Sea MN el ancho de la puerta, ò ventana sobre que se ha de fabricar el arco: con la distancia MN, haciendo centro en M, y N, describáse dos pequeños arcos, que se cruzarán en O, y tirando las ONP, OMR, largas à discrecion, con la

## 98 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

distancia OM, haciendo centro en O, describase el arco MN, que será la dovela interior; y cortando la MR igual à la crasie del arco, desde el mismo punto O, con la distancia OR, se hará el arco RP, que será la dovela exterior, y quedará trazado el arco escarzano.

Su fabrica es la siguiente. Porque este arco mueve de salmer, como consta de su descripción, lo primero de todo se fabricará dicho salmer à una, y otra parte: prolongúese pues la MN àzia Q, y ajustando la saltaregla al ángulo PNQ, se labrarán con ella los salmeres: si fueren de piedra, se les dará con dicha saltaregla el ángulo PNQ; y si se fabricaren de ladrillo, puesto el un pie de dicho instrumento horizontalmente, de fuerte, que ajuste sobre la NQ, el otro dará la NP; y en cada hilada de ladrillo se irá el Artifice retirando, y con esto guardará la inclinacion NP.

Hechos los salmeres, se fabricará el arco, guardando las mismas reglas que dimos en la propos. antecedente para el de medio punto; esto es, que si ha de ser de ladrillo de rosca, sean las hiladas nones, y se vayan dirigiendo con el cintrel, que se ha de fixar en el punto O, llevandole siempre delantero, y ganando en la dovela superior lo que el mismo demuestra. Si el arco ha de ser de piedras sillares, se cuidará sean nones; y hecha la plantilla para la primera piedra, se trabajarán con ella, y con la esquadra todas sus superficies; y con el baivel X, las dovelas: y como todas las piedras sean semejantes, è iguales, no se necesitará para ellas de otra plantilla, como dixen en la proposicion passada.

*El Padre Dechaes trat. 14. lib. 1. propos. 9. reprueba este genero de arcos, diciendo usan de el los imperitos, y señala dos causas: la primera, porque ofende à la vista, por no formar, como es cierto, las primeras piedras angulos rectos con la subtensa, ò cuerda MN; la segunda, porque las piedras del medio, y mas superiores, rempujan con mayor facilidad à las inferiores, y éstas tienen menos resistencia contra aquellas. Pero aunque este arco incurra en estos inconvenientes, suponiendo, como supone el P. Dechaes, que empiece moviendo de quadrado, ò hori-*

201-

zontalmente; pero cesan todos moviendo de salmer, mientras que dicho movimiento quede manifiesto; pues assentando las primeras piedras sobre dicho salmer, hace la misma vista, y tiene la misma firmeza que la porcion EMH del arco de medio punto, (fig. 7.) como es evidente; pero quedando oculto el salmer, como es forzoso en las bovedas, hace muy mala vista, por ser principio general comprobado con la experiencia, que todas las bueltas han de formar angulos rectos con la cuerda de su concavidad, infisiendo sobre dicha cuerda perpendicularmente, como advierse bien el Autor citado.

## PROP. III. Problema.

Describir, y fabricar el Arco rebaxado.

**T**odos los arcos, que no llegan à tener el medio punto enteramente, esto es, que su altura, ò sagita es menor que su semidiametro horizontal, se llaman *rebaxados*, entre los cuales se puede tambien comprehender el *escarzano*, de que tratè en la proposicion passada, separandole de los demàs, por ser solamente una porcion del arco de medio punto, y muy desemejante de los que aora he de explicar. Es el arco rebaxado una media elipse, ò muy semejante à ella: puede se formar por qualquiera de los modos siguientes.

*Modo 1.* Si se quiere trazar un arco rebaxado, à que tambien llaman *apaynelado*, ò *carpanel*, se obrarà de esta fuerte. Sea (fig. 10.) NH el diametro horizontal del claro que ha de tener el arco: dividase la NH en tres partes en M, L, y haciendo centro en estos puntos, con la distancia LM, descrivanse dos arcos, que se corten en O: desde O, por el punto M, tirese la recta OMP; y asimismo por L, tirese la OLI; y haciendo centro en O, con la distancia OP, hagase el arco PI; y haciendo centro en L, con la distancia LH, hagase el arco IH; y asimismo desde M, el arco NP, y quedarà descrita la dobeta interior del arco. Cortese la NT igual à la crassicie que ha de tener; y desde M, con la distancia MT, hagase el arco TR; y desde L, el arco QV: y con la distancia OR, haciendo cen-



tro en O, hagase el arco RQ, y quedará trazado el arco.

Su fabrica es como se sigue. Este arco puede mover de falmer, ò de quadrado, y esto es lo que parece mejor à la vista, aunque juzgo que el falmer le añade mayor firmeza. Suponiendo pues primeramente mueva de falmer, se formará este tirando la linea LF, y obrando en lo demás como se dixo en la proposicion antecedente. Hecho el falmer, si el arco ha de ser de ladrillo de rotca, se fixará el cintrel en L, y se irán echando las hiladas hasta Q, y à la otra parte se fixará en M, para las hiladas hasta R: luego se fixará dicho cintrel en O, y con él se irán echando las hiladas de R, hasta Q, en la forma que se dixo en el escarzano. Y haciendose de piedra las juntas, se encaminarán tambien à los mismos puntos; y se trabajarán las piedras como luego diré. Asimismo suponiendo mueva este arco de quadrado, ò sobre la horizontal TV, se fixará el cintrel en los mismos tres puntos M, L, O: de suerte, que haviendo de ser el arco de ladrillo, todas las hiladas de la porcion HI, se regularán con el cintrel fixado en L; y asimismo las de NP, con el cintrel fixado en M; y las de PSI, con el cintrel fixado en O. Y de la misma fuerte haciendose el arco de sillares, las juntas que huviere desde H, hasta I, irán àzia el punto L; las de N, hasta P, al punto M; y las de la porcion PSI, al punto O, cuidando siempre, que así las hiladas de ladrillo, como las piedras, sean nones. Otros fabrican este arco, fixando el cintrel solamente en el punto K, dirigiendo al dicho punto las hiladas, si se hace de ladrillo; y las juntas, si se fabrica de piedra; pero entiendo, que del modo antes dicho hace mejor vista, y aun parece tendrá el arco mayor fortaleza.

Las piedras se labran de la misma manera que en los arcos antecedentes, solo que son menester diferentes plantillas para los parametros, porque la plantilla hecha para el parametro NE, sirve para todas las piedras de la porcion NR; y de su correspondiente HQ, al otro lado; pero para las de la porcion PSQ se necesita de diferente plantilla, por ir las juntas à diferente centro que las sobredichas. Si

los

Los arcos sobredichos se quisieren rebaxar mas, se repartirà el diametro horizontal NH en mas partes, y se obrarà segun lo que dixè en el tratado de la Geometria Practica, lib. 2. prop. 14. pero es mucho mejor qualquiera de los modos siguientes, por llevar la ventaja al sobredicho de poderse rebaxar los arcos à arbitrio del Artifice, aunque se le dè determinada la altura, ò sagita de ellos.

Modo 2. Sea AB el diametro horizontal del arco; (fig. 11.) y sea CR la altura que ha de tener: cortense arbitrariamente; pero iguales las AS, BQ, CP: tirese la linea PQ, que se dividirà en dos partes iguales con la perpendicular MO, la qual cortarà à la CR prolongada en O. Tirese desde O, por el punto Q, la linea OQZ; y por S, la OSI; y desde O, con la distancia OC, hagase el arco ICZ; y desde Q, con la distancia QZ, haga se el arco ZB; y desde S, el arco SA; y quedarà formada la dobela interior del arco; y de los mismos centros se describirà la exterior. Trazado el arco en esta forma, se executarà su fabrica de la misma suerte que se dixo en el antecedente.

Modo 3. Es el que expliquè en el lugar citado, prop. 16. y el que mas frequentemente usan los Artifices; y porque se executa con un cordel, llaman comunmente *arco de cordel* al que se tornea con este artificio. Sea pues (fig. 12.) AH el mayor diametro de la dobela, ò buelta interior del arco; y el semidiametro menor, ò sagita, sea OI perpendicular à AH: del punto I, con la distancia OA, señalanse en el mayor diametro los puntos C, y E: tomese un cordel igual à AH; y fixando el un cabo en C, y el otro en E, el medio del cordel podrà justamente subir hasta I, y formarà el triangulo CIE: pongase en I un lapis, y vayase llevando hasta A, y hasta H, conservando siempre el cordel tirante, y quedarà descrita la circunferencia concava AIH. La exterior, y convexa se describirà de la misma suerte, determinando primero las LA, KI, HM, porque con la distancia OM, desde K, se determinarán los puntos en que se han de fixar los cabos del cordel, que ha de ser igual à LM. Lo que se deve observar para fabricar este arco, se dirà despues.

Mo-

*Modo 4.* Sea en la *fig. 13.* dado el diametro mayor AB, y el semidiametro menor CD. Para formar este arco tomese una regla de madera, y notense en ella ambos semidiametros mayor, y menor, de suerte, que GE se haga igual à CB; y FE, à CD. Vayase moviendo esta regla de suerte que el punto F corra siempre por sobre CB, y CA; y el punto G, por sobre CH; y con esto la extremidad E describirà el arco rebaxado, que serà el mismo que si se describiesse con el cordel.

Este arco puede mover de salmer, y de quadrado: si mueve de salmer, se fixarà el cintrel en el punto de la DH, donde concurriere la linea inclinada que forma el salmer, como se dixo en el efcarzano, y con el se dirigiran las juntas de las piedras, ò las hiladas de ladrillo; pero si moviere de quadrado, que es lo mejor, se podrà fixar el cintrel en el punto C; pero lo mas acertado es no darle punto determinado, si valerse de la misma vara GE, como de cintrel, para dirigir las juntas de las piedras, è hiladas de ladrillo, procurando en cada una ajustar el punto G en la CH, y el punto F en la CB, y dando à las hiladas, y juntas aquel declivio que da la FE. En lo demàs se observará lo mismo que en los antecedentes queda dicho.

Tambien se pueden formar las juntas del modo siguiente. Dividase la dobela interior del arco (*fig. 12.*) en partes iguales nones en B, D, &c. y haciendo centro en A, y D, con una misma abertura de compàs, haganse dos arcos que se crucen en G, y otros dos que se crucen en N; y tirando por G, y N la FB, quedará formada esta junta: de la misma suerte se formarán las demàs. Aunque los modos sobredichos de rebaxar los arcos, y bovedas, son bastantes para el intento, añado el que se sigue por ser de grande utilidad en esta materia, y de que muchas veces usaremos en el discurso de este tratado. Procede, como llaman algunos, por *tranquiles*, infiriendo su delineacion del *arco fundamental*, que, como dixe, es el de medio punto, y sirve para reducir la diagonal à los formeros en los encuentross de las bovedas, especialmente en los angulos de los claustros.

Mo-

*Modo 5. (fig. 14.)* Tirese la linea AB, larga à discrecion: levantese sobre ella la perpendicular DI, igual à la altura, ò sagita que ha de tener el arco rebaxado; y con la DI formese el arco semicircular, describiendo sus dobelas, como se dixo en la *propof. 1.* y tirando juntamente las perpendiculares al diametro AB, que le dividen, formando alli la ignographia del arco, como dixe en la *propof. 9. lib. 1.* Hecho esto, tirese la linea AC, igual al diametro del arco rebaxado que se quiere describir, formando el angulo BAC, segun se quisiere: juntese la recta BC: haganse por cada division de la AB, paralelas à la BC, que cortaràn à la AC de la misma fuerte que lo està la AB. De los puntos que dividen la AC, levantense perpendiculares, haciendolas iguales cada una à su correspondiente en el arco fundamental AOB. Hecho esto, se irà guiando una linea curva por las extremidades de las perpendiculares, y quedará trazado el arco rebaxado, cuya altura será igual à la del arco fundamental, y su cuerda la AC: y ultimamente, juntando las extremidades de las perpendiculares que forman la dobla convexa, cada una con su correspondiente en la dobla concava, se tendràn las juntas de las piedras.

*Demonstr.* Imaginése que el triangulo ABC està en el plano horizontal; y que sobre la linea AB està verticalmente elevado el arco circular; y que sobre la AC hay un plano vertical: esto supuesto, no hay duda, que si de todos los puntos del arco circular salen lineas perpendiculares al plano del mismo arco, y paralelas entre si, que formaràn un cilindro, que encontrando con el plano vertical puesto sobre la AC, quedará en virtud de este cortado obliquamente: luego la seccion será elipse; y por ser las lineas que forman el cilindro paralelas al horizonte, será la perpendicular DO, de la elipse, igual à la otra DO, del arco circular, y así de las demás perpendiculares: luego haciendo esto mismo, segun la regla dada, quedará descrito el arco eliptico, ò rebaxado AOC, con la altura OD, como se deseava.

*Adviertase, que segun este ultimo modo de rebaxar el arco, las caras, ò paramentos de arriba salen con menos amplitud que los*

104 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

los de los pies del arco, como se ve en la figura, siendo así, que la crafscie es igual en todas sus partes; lo que proviene de la obliquidad con que se corta el medio cilindro; y por la misma razón las juntas de las piedras salen muy obliquas; y entrambas cosas ofenderian notablemente la vista: por lo que solo se pondrà esto en execucion donde el arco no haga frente, como es en el encuentro de dos cañones cilindricos de buelta, que formen angulo, donde por estar todas las piedras embevidas en la boveda, no lleva lo sobredicho inconveniente alguno; antes bien son aquellos los cortes que en dicho caso se requieren, como en varias partes veremos.

PROP. IV. Problema.

Descrivir, y fabricar el Arco levantado de punto.

EL arco levantado de punto, puede ser *apuntado*, ó *eliptico*. El primero se describe en la forma siguiente: Sobre la cuerda CD, (fig. 15.) y con la sagita AB, mayor que la femicuerda AC, se ha de formar un arco.

*Operacion.* De los puntos B, y D, con una misma distancia arbitraria, haganse las intersecciones E, F, y tirando por ellas la recta EF, cortará la cuerda en G: hagale centro en G, y con la distancia GB, hagase el arco DB: tomese AH igual à AG, y con la distancia HB, descrivale el arco BC; y describiendo de los mismos puntos la dobla interior, quedará trazado el arco que se llama *trespuntado*, ó *de tercero punto*, porque à mas de los puntos D, y A, necesita del tercero G para su descripcion. Si los arcos DB, y BC fueren descritos como de centros de los mismos puntos C, y D, se llamaria *arco apuntado*, à diferencia del sobredicho.

Siendo este arco de Canteria, se labrarà con dos cintreles, que se fixaràn en los puntos H, G: con el de H se labrarà el medio BC; y con el otro el DB, encaminando las juntas en este al punto G, y en el otro al punto H: y con sola una plantilla para la cara de una piedra, se labraràn todas las demàs, como en el arco de medio punto, usando de la esquadra para labrar las demàs superficies, segun se dixo en la prop. 1. y del baivel X para moldear sus

do-

dobelas. Han de ser tambien sus piedras nones para que una de ellas forme la clave.

Siendo de ladrillo , se puede labrar con los dos cintreles arriba dichos ; pero lleva el inconveniente, que concluida la dobela interior , ò concava, queda aun sin acabarse la exterior , ò convexa , como se ve en ML ; y por esta causa llenan algunos aquel vacio con ladrillos , pueitos de plano horizontalmente : puedese tambien labrar con un solo cintrel fixado en A ; pero salen las hiladas muy obliquas , y parecen mal à la vista. Lo mejor parece labrarle con los dos cintreles H, y G ; y en acercandose à la clave , irles poco à poco retirando àzia el punto A , y con esto se ordenarán las hiladas con buena proporcion.

Son estos arcos propios del orden Gothico , y à mas de no ser hermosos , son algo debiles cerca de sus tercios I, K, singularmente sino estàn bien cargados en la clave B ; porque el peso que carga sobre sus lados rempuja con su impulso la clave àzia arriba ; pero tienen la conveniencia de impeler las paredes de sus lados mucho menos que las otras especies de arcos ; y por consiguiente necesitan de menos estrivos , y pueden sustentar mucho peso.

Si en lugar del arco apuntado se quisiere formar arco eliptico levantado de punto , haciendo que la sagita sea el mayor semidiametro de la elipse , se harà su descripcion por qualquiera de los modos de la propos. passada, solo que los centros de su delineacion , y fabrica, se han de tomar en el diametro horizontal prolongado à una, y otra parte: por no tener especial dificultad, no me detengo mas en su explicacion ; puedese tambien formar por tranquilos como el rebaxado, usando de las mismas reglas del modo 5. proposicion antecedente.

**PROP.**

## PROP. V. Problema.

*Describir, y fabricar qualquier arco de pies desiguales.*  
(fig. 16.)

Este genero de arcos es propio de la Architectura obliqua, y suelen edificarse sobre planos inclinados al horizonte; porque si sobre la linea AB, inclinada al horizonte, se formasse un arco semicircular, serian sus pies perpendiculares al plano AB, y por consiguiente, no insistirian perpendicularmente sobre el horizonte; lo qual se requiere, no solo para la hermosura, si tambien para la firmeza de la obra: conque en estos casos necessariamente se ha de fabricar arco de pies desiguales. Su descripcion es como se sigue.

Tírese la linea horizontal AC, y la perpendicular BC: añadasele à la dicha horizontal en seguida la CE, igual à CB: tírese BD, paralela à AC: dividase la AE por medio en F, desde donde se levantará la perpendicular FDG. Hecho esto, del centro F, con la distancia FA, describáse el cuadrante AG; y del centro D, con la distancia DB, describáse el cuadrante BG, y quedará formado el arco que se pretende; porque este segundo cuadrante se unirá perfectamente con el primero en G; porque siendo iguales FE, FG, como tambien las FD, ò CB, y CE por construccion, quitadas éstas de aquellas, restarán iguales las DG, y FC, ò DB. La periferia convexa se describirá de los mismos centros.

Este arco se labrará con dos cintreles, el uno fixado en F, y el otro en D: con el primero se labrará el arco AG, y con el segundo lo restante GB; y se procederá en su fabrica como en la del arco de medio punto, *propof. 1.* por componerse de dos cuadrantes de circulo.

Si importare describir arcos rebaxados elipticos de pies desiguales en lugar de los cuadrantes de circulo AG, GB, se describirian cuadrantes de elipfes por qualquiera de los modos explicados en la *propof. 3.* y tambien se podrá obrar en la forma siguiente: Descrito primera-

mea-

mente el arco de pies desiguales compuesto de dos cuadrantes de circulo en la forma arriba dicha , se tirarán perpendiculares de las juntas de las piedras à la horizontal AC, y servirá el arco descrito de fundamental para rebaxar otro qualquiera de pies desiguales , procediendo por tranquilos en la misma forma que se rebaxaron los de pies iguales por el modo 5. *propof.* 3. y asimismo se podrán trazar los de punto levantado. No añado mas explicacion por ser de sí bastantemente claro.

## PROP. VI. Problema.

*Describir , y fabricar los Arcos Degenerantes.*

**L**amo *arcos degenerantes* à aquellos cuyas piedras estando unidas entre sí de la misma manera que en los arcos , no se terminan en figura circular , si en otra muy distante: algunos vienen à terminarse en linea recta por abaxo, ò tambien por arriba , y estos se llaman *degenerantes en linea recta*, y *adintelados*, ò *à nivel*. Otros degeneran en poligonos, estendiendose sus piedras hasta formales. Tambien pueden degenerar los arcos de circulares en elipticos, y de elipticos en linea recta. El modo de trazarles es el siguiente.

Pidese , que sobre la linea AB , que representa el ancho de una puerta , ò ventana , se describa un arco degenerante en linea recta. *Operacion.* Dividase la AB por medio en G: (*fig.* 17.) tirese la FG perpendicular à la AB , y que sea igual à GB; y con la distancia FB, haciendo centro en F, describale el arco ACB; dividase este arco en partes iguales , y nones: y tirando rectas del punto F por cada division , se terminarán en la AB , y en su paralela DE; y éstas serán las juntas de las piedras , y quedará delineado el arco.

Si este arco fuere de ladrillo , se pondrán primeramente unas tablas , ò maderos en AB , que servirán de cimbría , y formados los salmares se fixará el cintrel en F , y se irán echando las hiladas que han de ser nones , de la misma manera que en los demás hemos dicho. Y haviendo de ser



fer de fillares, se haràn plantillas para las caras de las piedras, y los lechos; y las demàs superficies se facaràn à esquadra; y sus dobelas se tornearàn con la saltaregla. Sirven ordinariamente estos arcos para cerrar por arriba las puertas, y ventanas cuadradas, que por ser grandes, ò no hay piedras tan largas, que basten à cerrarlas, ò aunque las haya, se asegura muy poco con ellas su permanencia, por abrirse regularmente por medio con su propio peso ayudado del que se les carga encima: y con este genero de arcos se le da à la puerta la figura quadrada, y se asegura juntamente su firmeza: porque la piedra C del medio no puede caer, si no es que falten las de los lados, por ser mas ancha por arriba; y asimismo las que se figuen no pueden deslizar, sin que falten las ultimas, ni éstas pueden caer, sin que falten las paredes que las mantienen: pero se deve cuidar mucho estèn las piedras extremas bien ajustadas, para que no floxeen por el impulso que las de en medio les imprimen àzia uno, y otro lado; y para prevenir este inconveniente, conviene, que en cada piedra se haga el recodo que se ve en la figura, formandole, no en la cara, si unos tres dedos distante de ella; por esta misma causa necesitan estos arcos de grandes estrivos, y no se deven fabricar sino en medio de paredes continuadas à entrambas partes.

De la misma suerte se formaràn los arcos que degeneran en qualesquiera polygonos inscriptibles en el semicirculo, alargando solamente las piedras que forman el arco semicircular por la parte concava hasta las cuerdas, ò lados del polygono; los quales tendràn la misma firmeza que el arco sobredicho.

Tambien se formaràn de la misma suerte los arcos que degeneran de circulares en elipticos, haciendo que las piedras que se terminan en la recta AB, se terminen en una linea oval, ò eliptica. Y asimismo se harà, que el arco eliptico degeneren en linea recta, solo con hacer, que el arco ACB sea porcion, no de circulo, si de elipse; pero el descrito arriba es el que ordinariamente se practica.

De

De aqui se colige tambien el modo de formar los arcos pendientes, cuyos pies de una parte se juntan en uno que no llega al suelo, quedando al parecer entrambos arcos pendientes en el ayre, como se ve en la fig. 18. Fabricanse formando un arco eliptico rebaxado, ò de cordel, y dexando la llave, y sus colaterales tan largas, que lleguen à formar las dos periferias concavas de los arcos menores: y si acaso no bastassen las dichas piedras à formar el pie pendiente, se añadiràn otras, uniendolas con las de arriba con gafas de hierro; lo que no lleva peligro alguno, pues lo mismo es cargar el arco eliptico con peso sobrepuesto à la clave, que con peso pendiente de ella. La methodo de su fabrica se colige de lo dicho en los antecedentes.

*Seguiase aqui el tratar de los arcos capitalzados; pero por llevar consigo no pequeña irregularidad; los dexo para el cap. 2.*

PROP. VII. Theorema.

*Explicanse las diferentes obliquidades que pueden tener los arcos. (fig. 19.)*

Los arcos pueden ser obliquos, ò por ser secciones obliquas de un cilindro recto; ò por ser secciones obliquas de un cilindro obliquo. Para inteligencia de esto, se ha de advertir lo que dixe en el tratado 3. que hay cilindros, que son esencialmente, y por su naturaleza rectos; y otros, que por su naturaleza son obliquos. Cilindros circulares esencialmente rectos, son aquellos que si se cortan con un plano recto, ò perpendicular à su exe, la seccion que resulta, es circulo, tengan dichos cilindros, ò no tengan basa circular; tal es el cilindro AD, (fig. 19.) en el qual qualquiera seccion HD, recta al exe GC, es circulo, aunque tuviesse por basa la AF, que no es circulo. Cilindros circulares esencialmente obliquos, son aquellos, que aunque tengan la basa circular, la seccion recta al exe no es circulo; tal es MP, cuya basa MN, se supone circular, y la seccion RN, recta al exe HK, no es circulo, como se demonstrò en el trat. 8.

Su-

## 110 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

Suponiendo pues, que el cilindro recto AD, ò su mitad por lo largo, sea un cañon de boveda, si se corta por AB, HD, secciones rectas al exe, resultará un arco recto, ò boveda recta, por ser su exe perpendicular à su basa, ò frente; pero si se corta por AF, TV, resultará un arco, que por ser su exe obliquo à la basa, ò frente, será obliquo; pero por ser su cañon por su naturaleza recto, y tener la obliquidad unicamente por la seccion que forma su frente, se llamarà *obliquo por frente*, ò *à viage por frente*. Supongamos aora sea MOPN un cañon de boveda, y que se corte por RS, y resultará el arco, ò boveda MS esencialmente obliquo, por ser seccion de un cilindro esencialmente obliquo, ò escaleno. De que se sigue, que el primer arco sobredicho tendrá la frente rebaxada, y eliptica; y el segundo la tendrá circular. Y esto mismo que se ha dicho de los cilindros circulares, se ha de tener respectivamente tambien de los elipticos.

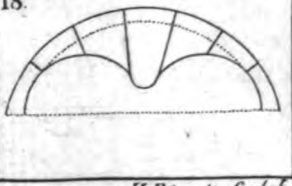
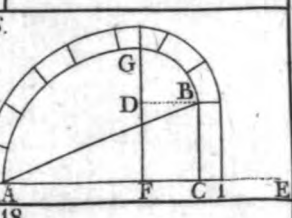
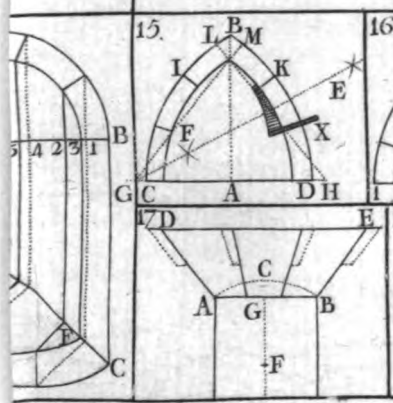
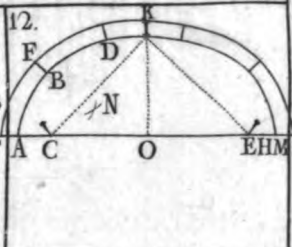
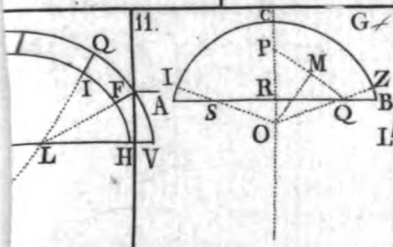
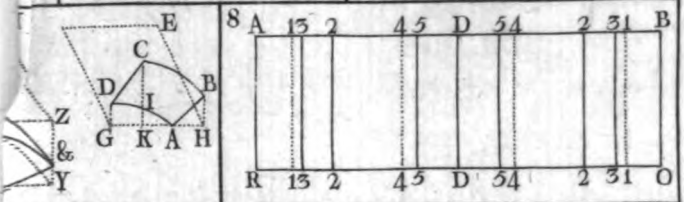
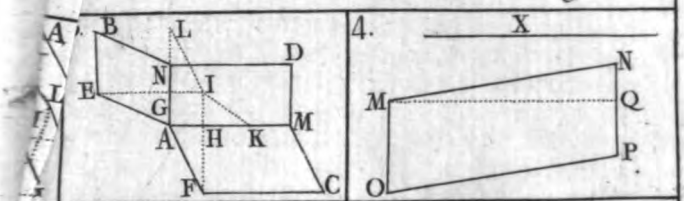
### PROP. VIII. Problema.

*Describir, y fabricar qualquiera genero de arcos, que por una frente sean rectos, y por otra obliquos.*  
(figur. 20.)

**E**N esta, y las siguientes proposiciones hablarè generalmente de todas las especies de arcos referidas, por ser las practicas que en ellas se enseñan indiferentes, y adaptables con igual facilidad à todos los arcos así de medio punto, como rebaxados, ò levantados: así de pies iguales, como desiguales: por lo que bastará dar su explicacion en el arco de medio punto; pues lo que de èste se dixere, se entenderà de la misma fuerte en los otros.

Sea pues ABSR planta de una pared de desigual craficie, por ser mayor en BS, que en AR: y en ella se ha de fabricar un arco de medio punto, que segun la frente AB, sea recto; y segun la RS, obliquo: esto es, que sea absolutamente recto, por ser seccion de un cilindro recto; y obliquo, ò aviajado solamente, por la frente RS.

Ope-



H. Ricarte sculp.



*Operacion.* Descrivase sobre la AB el arco de medio punto con su ignographia, (9.1.) y continuense sus perpendiculares hasta la RS. Descrivase sobre RS, si pareciere, el arco de igual altura al de medio punto, (3.) y quedará trazada la frente obliqua del arco, y descrita toda su ignographia, con que se podrán cortar exactamente las plantillas para labrarle. Pero antes de todo será muy conveniente formar la idea de esta operacion por lo mucho que aprovechará para la clara inteligencia de todo lo que en adelante se ha de tratar. Imagínesse pues sobre la AB levantado verticalmente el arco AOB, y que de todos los puntos de su periferia así concava, como convexa corran líneas paralelas à su exe: es claro, que éstas formarán un cilindro circular recto, y concavo: luego si éste se corta con un plano obliquo RS, esta seccion será elíptica: luego la frente del arco correspondiente sobre la RS, será rebaxada, ù de cordel: y considerando planos verticales, que descendan por las líneas rectas, que à lo largo corren la dobela desde la AOB, à la elíptica sobre RS, formarán en el suelo la planta de todas las juntas; y por consiguiente servirán estas líneas para cortar las plantillas por ser iguales à sus lados, (3.1.) lo que se executará en la forma siguiente.

1 Las plantillas para la frente del arco circular AOB, se forman como queda dicho en la *prop.* 1.

2 Las plantillas para las juntas, ó lechos, se cortaràn con gran facilidad, porque la línea A 3. sirve de basa para todas, con la qual se sacaràn à esquadra los lados, dándose la magnitud que denotan las líneas mismas que en la ignographia proceden de dichas juntas: como para formar la plantilla del lecho A 3. se hará el quadrilatero 1. que tenga por basa la A 3. y sus lados sean iguales à las líneas AR: 3. 3. y tirando la R 3. quedará hecha la plantilla; para cortar la de la junta E, se tirará à parte en 2. la línea 1. 2. igual à la misma A 3. de la ignographia, de quien se sacaràn à esquadra los lados, el uno igual à 1. 1. y el otro à 2. 2. que son los que proceden de dicha junta, y cerrando con la 1. 2. quedará formada la plantilla; y así de las demás.

Las

## 112 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

3 Las plantillas para la parte concava de cada piedra, que primero se trabaja plana, se forman así: para la superficie de 3E, se tomará por base la subtenía de 3E; y se tirarán à esquadra sus dos lados, el uno igual à 3. 3. y el otro à 2. 2. sus correspondientes; y cerrando con una línea, quedará hecha su plantilla, como se ve en 3. Para la concavidad EF, se tomará por base la subtenía igual à EF, y haciendo à esquadra el un lado igual à 4. 4. y el otro à 5. 5. será hecha su plantilla; y de la misma manera se harán las demás.

4 Ultimamente, si se quisieren cortar las plantillas de la frente obliqua del arco que está sobre RS, se haría su descripción por tranquilos, dándole igual altura à la del arco AOB, como en la *prop.* 3. y se cortarían las plantillas, como allí se dixo.

Si este arco se huviere de labrar de la rodilla de rosca, se hará una cimbria de medio punto ajustada à la frente, ò buelta AOB, y con ésta se labrará todo el cañon, por ser éste de su naturaleza circular: à mas de ésta se hará otra cimbria ajustada à la frente obliqua que viene sobre RS, para que las hiladas terminen por aquella parte perfectamente en ella, las quales se echarán como en otros arcos, fixando siempre el cintrel en el exe del cañon, representado en la línea DD, porque àzia éste han de ir las hiladas, como tambien las juntas de las piedras, lo qual se consigue fixando siempre el cintrel en el centro D de la cimbria, por no apartarse jamás éste punto del exe del arco; y no porque la frente RS, es de arco del cordel se ha de usar de diferentes cintreles, si solo de uno en la forma dicha.

De lo dicho se colige el modo de trazar, y fabricar las demás especies de arcos, quando se ofreciere haver de ser rectos por una frente, y obliquos por la otra, pues no hay mas diferencia, que describir en lugar del arco AOB de medio punto qualquiera de los otros; y guardar en su fabrica las reglas que se dieron en las proposiciones antecedentes.

PROP.

## PROP. IX. Problema.

*Describir, y fabricar qualesquiera Arcos de entrambas frentes obliquas. (fig. 20.)*

**S**Upongo tambien, que este arco, como el pasado, es parte de un cilindro recto, pero cortado obliquamente con los planos AM, RS, y sea por exemplo el dicho cilindro semicircular: pidefe pues el modo de formar este arco.

*Operacion.* Hecha la misma descripcion de la proposicion antecedente, el paralelogramo RM, serà la ignographia de dicho arco; y describiendo tambien si pareciere sobre la RS, el arco rebaxado como en la *propof.* 13. se tendrà quanto es menester para cortar las plantillas de las piedras.

1 Las plantillas de la frente del arco rebaxado, que viene à caer sobre la RS, se cortaràn de la misma manera, que se dixo en la *propof.* 3. y suponiendo sean las RS, AM, paralelas, las mismas plantillas serviràn para entrambas frentes; pero si no fuèren paralelas, se havria de describir otra vez sobre la AB, la frente del arco rebaxado de igual altura à la DO., procediendo por tranquilos, segun se dixo en la proposicion citada, y segun ella se cortarian sus plantillas en la forma dicha.

2 Para cortar las plantillas de los lechos, se procederà de esta manera: la del lecho horizontal; que es el de la primera piedra, no tiene dificultad, porque es el paralelogramo rhomboyde AR<sub>3</sub>. Para el lecho siguiente se tirerà à parte en X la línea 1. 2. igual à la A<sub>3</sub>. del arco fundamental: tirense las perpendiculares 1. 1. 2. 2. iguales à sus correspondientes en dicho arco principal: cortense las 1. G, 2. H, iguales tambien à sus correspondientes; y el paralelogramo G<sub>2</sub>. serà la plantilla que se desea. De la misma manera se cortaràn las de los demàs lechos, tomando siempre del arco principal, con el orden referido, las líneas sus correspondientes.

3 Si se quisieren plantillas para la parte concava, como

Tomo V.

M

mo



114 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

mo por exemplo para la de la primera piedra, se tirará à parte en Z la linea 3.E, igual à la subtensa 3.E del arco fundamental: saquese la perpendicular E2. igual à la 2.2. y la 3.V, igual à la 3.3. y cortando la EQ, igual à la 2.H, y la 3.N, igual à la 3.N del arco fundamental, se perficionarà el paralelogramo N2. que ferà la plantilla que se pretende. Otros modos hay para cortar las plantillas, que vienen à coincidir con el sobredicho.

Si en lugar del cilindro, y arco circular que hemos supuesto, se quisiere usar del arco, y cilindro rebaxado, ù del de pies desiguales, se obraria respectivamente de la misma manera, tomando por fundamental el que se quisiere de los dichos.

El modo de formar los arcos esencialmente obliquos, ò que son secciones de un cilindro obliquo, se verà mas adelante.

*Adviertase, que este genero de arcos no empuja directamente el estrivo, por lo que no seria seguro si fuesse de gran luz, y poca crassicie; pero siendo de mucha crassicie, quedará asegurado, por alcanzarle entonces gran parte de estrivo, que recibe su empujo.*

*Todos los arcos, y bovedas, que hasta aqui se han explicado, y asimismo todos los demás que se han de explicar, será muy conveniente se formen primero de yeso con todos sus cortes, con lo qual formará mejor su idea el Architecto, y asegurará mas el acierto.*

·PROP. X. Problema.

*Describir, y fabricar qualquiera genero de Arcos en un angulo, ò esquina. (fig.21.)*

**D**Os cosas se han de presuponer para que la fabrica de estos arcos sea firme, y segura: la primera, que el angulo no sea menor que recto; la segunda, que las paredes tengan bastante crassicie. Sean pues las paredes, que forman angulo, EDG, FCH, en las quales se ha de fabricar el arco. *Operacion.* Tirese la recta AB, y sobre ella descrivase el arco semicircular para fundamento, como  
el

el AOB de la *figura* 20. alarguense todas las perpendiculares que baxan de las juntas, como se vé en la *fig.* 21. y se tendrá la ignographia : hagase aora sobre la FC un medio arco con su altura, igual à la DO del fundamental, por la *prop.* 3. *modo* 5. y se tendrá quanto se necesita para cortar las plantillas.

1 Para las frentes se tomaràn las plantillas del medio arco descrito sobre la FC, como en los antecedentes, y èstas mismas serviràn para el otro medio arco, que corresponde sobre la CH, supuesto sean las FC, CH iguales; porque siendo desiguales, se havrà de describir otro medio arco sobre la CH, y de èste se sacarian las plantillas para sus frentes.

2 Las plantillas para los lechos se cortaràn tambien como en la *prop.* anteced. porque la del primer lecho, que es horizontal, es el paralelogramo F9. para la del lecho de la segunda junta se cortarà en la AB la 1. 7. igual à la A3. y tirando del punto 7. una perpendicular, se cortarà en ella 7. 7. igual à la linea 2. 2. y tirando la O7. y perficionando el paralelogramo, ferà èste la plantilla para el lecho, y sobrelecho de la segunda junta. La del tercer lecho se hará tomando en la AB la 5. 8. igual à la A3. y tirando la perpendicular 8.8. se cortarà en ella la porcion 8.8. igual à la linea 4.4. y perficionando el paralelogramo, se tendrá la plantilla que se pretende.

3 Las plantillas para las superficies de la dobela concava, como por exemplo, de la primera piedra, en la parte DH, se haràn en esta forma: tirese à parte para mayor claridad la 2.L, igual à la subtensa de dicha piedra en el arco fundamental: faquese la perpendicular LR igual à la linea 3.3. y la 2.2. igual à la 2.2. de la planta: cortese en la RL, ò sobre R, ò debaxo, la MR igual à 3.R, y asimismo la 2.P; y juntando la PM, perfionese el paralelogramo PR, que ferà la plantilla.

Fundase esta práctica, en que sobre la AB, se supone levantado el arco recto fundamental de medio punto, cuya profundidad se continùà hasta las lineas FC, y que cortandole con la ED, solo queda la porcion del cañon com-

116 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

prehendida entre las líneas obliquas ED, FC, de que resultan los cortes de las piedras según se han descrito. De la misma suerte se procedería, si en lugar del arco de medio punto descrito sobre la AB, se describiese allí otro cualquiera.

Si se quisere, que los medios arcos, que resultan sobre las FC, CH, fuesen de medio punto, se había de empezar por éstos la operación, describiendo sobre las FC, CH, unos cuadrantes de círculo, que se dividirían en sus piedras iguales; y tirando de las divisiones perpendiculares à las FC, CH, quedarían éstas divididas, como en la operación pasada lo quedó AB: de cada división de las sobredichas se tirarían paralelas à la AF, y quedaría dividida la AB con diferentes divisiones, que las que tienen en la fig. 20. Hecho esto, de cada división de la AB, se levantarían perpendiculares iguales à los perpendiculares de los medios arcos hechos sobre FC, CH; y se tendría todo lo necesario para cortar las plantillas de la misma suerte que se cortaron arriba.

PROP. XI. Theorema.

*Explícase el empujo de los arcos, y los estrivos que requieren para su firmeza.*

**E**S indubitable, que los arcos, y bovedas tienen gran fuerza contra las paredes de los lados, lo que proviene de tener sus piedras la figura de una cuña, que con el ímpetu de su innata gravedad, procurando caerse àzia el suelo, rempujan las del medio à las de los lados, y todas juntas à las paredes colaterales que las mantienen: por lo qual, para que éstas puedan resistir al ímpulso que les imprime el arco, es forzoso tengan proporcionados refuerzos, que comunmente llamamos estrivos; y para determinarles, es forzoso atender à la naturaleza del arco, y à la altitud de las paredes: porque los arcos, quanto mas rebaxados, tienen mayor empujo; y menor, quanto fueren mas levantados de punto. Y es la razón, porque el ímpulso de los rebaxados se dirige por un línea, que huyendo de

de la perpendicular al centro de la tierra, se acerca mas à ser perpendicular contra las paredes, lo que le hace mas vigoroso contra ellas; pero los mas levantados de punto exercen su impulso por linea menos distante de la perpendicular à la tierra, y por consiguiente es su impulso mas obliquo contra las paredes, y menos robusto.

Asimismo las paredes mas altas tienen menos resistencia contra la fuerza del arco, porque el centro del movimiento que tendrían las paredes, caso que cediessen al empujo del arco, està en el pie de la pared sobre el suelo: luego así como una potencia con tanto menos fuerza mueve una palanca, quanto se aplica en mayor distancia del centro, ó punto de su movimiento: así el arco tanto mas facilmente vencerà la resistencia de las paredes, quanto por ser éstas mas altas, les imprime su impulso en lugar mas alto, y apartado de su pie, que, como he dicho, es el centro de su movimiento. Para determinar pues los estrivos que requieren los arcos, se suelen dar las reglas siguientes, fundadas mas en la experiencia, que en demonstracion Mathematica.

Comunmente dan por regla general, que se divida en tres partes iguales la circunferencia interior del arco, sea este circular, ó eliptico, ó otro qualquiera, como por exemplo ABC, (fig. 22.) cuya tercera parte sea BC. Tirese la recta BC larga à discrecion, y cortando la CD igual à la CB, se tirarán las perpendiculares CE, DF, y la linea ED será la cantidad del estrivo que requiere el arco. Otros dan por regla general, que sean los estrivos el tercio del diametro AC, que es algo mas de lo que se determina por la regla primera. Pero lo cierto es, que en este punto se ha de estàr à lo experimentado por los Artifices, que prudentemente atienden las varias circunstancias que pueden ocurrir; y parece requiere mas estrivos el arco, ó boveda de piedra, que la de ladrillo de rosca, y esta mas que la de tabicado.

En quanto à la crafscie que ha de tener el arco, no hay regla fixa, si que el prudente Architecto se la deve dar, atendiendo à la firmeza de la materia de que se fabrica, y al peso que ha de sustentar.

Si

*Si se quisiere que un arco se mantenga seguro con poco, ò casi ningun estribo, se hará su dobla superior trespuntada, aunque la inferior sea semicirculo, y sus tirantezes se encaminaran à los centros de la dobla superior; y siendo de piedra, con que se le hagan dos, ò tres hiladas de ensachado, no necesitarà de mas estribos.*

## CAPITULO II.

DE LOS ARCOS, Y BOVEDAS CILINDRICAS  
*irregulares, tanto rectas, como obliquas.*

**E**N el capitulo passado se tratò de las bovedas, y arcos regulares; esto es, que no llevan consigo irregularidad alguna, de çalidad que pueda causar mas dificultad en su formacion, que la que proviene de ser los cortes de sus frentes rectos, ò obliquos à sus exes: en este capitulo explicarè la formacion de los que, ò por razon del sitio en que se erigen, ò de otras fabricas con que se unen, y encuentran, contraen varias irregularidades en sus cortes, que juzgo se comprehenderàn con facilidad, haviendose entendido las que se explicaron en el antecedente.

## PROP. XII. Problema.

*Formar los arcos, y bovedas circulares, ò elipticos, ò de pies desiguales en una pared escarpada, ò de çrassicie desigual. (fig. 23.)*

**E**Ntiendo por *pared escarpada* aquella que tiene mayor çrassicie en el pie, que arriba; de suerte, que vaya èsta continuamente disminuyendose al passo que sube la pared: pidefe pues, que en ella se forme un arco, sea circular, ò rebaxado, ò de pies desiguales sin mas irregularidad que la que le dà dicha pared. Para formar la idea de este arco, se ha de imaginar un medio cilindro horizontal, que fenece en dicha pared, y es cortado por ella; y por consiguiente dicho arco tendrà mayor çrassicie en sus

fus pies que en su clave; y suponiendo aora por exemplo sea dicho arco circular, se obrará en la forma siguiente.

Atiendase la *figura 7.* del arco fundamental, cuyo diametro AB, es la AB de la *figura 23.* con sus mismas notas, y divisiones; y el radio, ó sagita DO, sea tambien el mismo con sus mismas divisiones, aunque por ser menor la figura sea todo mas pequeño: tirese la DP, de fuerte, que se forme el angulo ODP, igual à la inclinacion de la superficie de la pared; esto es, sea la OP, igual à la diferencia de crasície que tiene la pared en el pie del arco, y en la clave; de fuerte, que en D tenga la pared la crasície AR, y en O se haya disminuido lo que dice la OP: tirense las líneas II, KK, LL, &c. paralelas à OP. Digo, que en los puntos H, y E, (*fig. 7.*) del arco fundamental, la crasície del arco será menos que en A, y B, lo que dice la línea II; (*fig. 23.*) y en los puntos E, y G del mismo arco fundamental, se habrá disminuido lo que dice la línea LL; y así en los demás puntos verticales. Esto supuesto, se formará la ignographia de este arco, y las plantillas de sus piedras, en la forma siguiente.

Tengale presente juntamente con la *figur. 23.* la *figur. 7.* del arco fundamental; y porque en este baxa de E la perpendicular E2. la línea 22. sería la ignographia de la línea de la junta paralela al exe, si la crasície de la pared no fuera subiendo en disminucion; pero porque sube en disminucion, se cortará de la línea 2. 2. la línea 2. 8. igual à la I, I, su correspondiente. (*fig. 23.*) Tambien de la línea 1. 1. se cortará la 1. 9. igual à KK su correspondiente, y se tendrá en la ignographia RB, la 8. 2. igual à la crasície de la extremidad E de la primera piedra del arco principal en la parte concava, y la 9. 1. será la crasície de la misma piedra en la extremidad K de la parte convexa. De esta misma fuerte se determinará en el dicho rectangulo RB, la crasície que le toca à qualquiera piedra en las extremidades de sus lechos, así en la parte concava, como en la convexa; y se habrá concluido la ignographia, en la qual se podrán guiar dos líneas curvas por los puntos seña-

la-

lados que perteneceràn, una à lo concavo del arco, y otra à lo convexo.

Las plantillas se cortaràn en la forma siguiente ; y supuesto que las piedras de la una parte del arco son iguales, y semejantes à las de la otra, las mismas plantillas serviràn para las piedras de entrambas partes : pidense pues primeramente las plantillas de la primera piedra AE, que, como en las demàs, podràn ser cinco diferentes; esto es, las de los dos lechos, de los dos paramentos, ò frentes, y la de la concavidad. La del lecho inferior, y horizontal, es el mismo rectángulo R3. por no haverse aun disminuido allí la pared. Para formar la del lecho superior correspondiente à E, se atenderà à su ignographia en el rectángulo RB, y se hallarà ser 1. 2. Tirese pues à parte las líneas 1. 1. 2. 2. iguales à las sobredichas; pero distantes entre sí quanto es la A3. y quedarà hecho el rectángulo 1122. cortese en la 1. 1. la 1.9. igual à la 1.9. de la ignographia; y en la 2. 2. la 2. 8. igual à la 2. 8. de la misma ignographia; y tirando la 9. 8. ferà el trapecio 1928. la plantilla que se desea.

Para formar aora la tercera plantilla, que es la de la concavidad 3E, (fig. 7.) trasladese à parte la línea 3. 3. de la ignographia, por quanto en el punto 3. que es el pie del arco, aun no se disminuyò la pared: hagase la línea 3. 2. igual à la subtenfa 3E del arco fundamental; y tirando la línea 2. 2. igual à la correspondiente en la ignographia, ò à la misma 3. 3. se perficionarà el rectángulo 3322. De la línea 2. 2. de la ignographia, se tomarà la 2. 8. y se passará à la línea 2.2. del rectángulo sobredicho, y se notará el punto 8. y tirando la recta 3. 8. se havrà formado el trapecio 3328. que es la plantilla de la concavidad, à quien se darà la curvatura, como en otras partes queda dicho.

Para cortar las plantillas de la piedra EF, se formará como antes el rectángulo 4455. igual al R3. y porque la ignographia horizontal del lecho F, son las líneas 4.4. 5.5. se notará en el rectángulo con los mismos numeros, y se cortaràn de ellas los segmentos 4X, 5V, iguales à sus correspondientes.

respondientes en la ignographia ; y el trapecio  $X_45X$ , será la plantilla para dicho lecho : el otro correspondiente à la junta E, tiene la misma plantilla, que antes se formò para la piedra primera, por ser dicha junta comun à entrambas.

Para formar la plantilla de la concavidad de dicha piedra, se describirà à parte el rectangulo 2. 2. 5. 5. de las lineas 2. 2. 5. 5. sus correspondientes en la ignographia, dandole por basa la 2. 5. igual à la subtensa EF del arco fundamental ; y de la 2. 2. se cortará la 2. 8. igual à su correspondiente en dicha ignographia ; y de la 5. 5. la 5. V, igual tambien à su correspondiente ; y el trapecio 825.V, será la plantilla.

Si se quisieren formar plantillas para las caras, se advertirà, que la de la cara interior, es la misma que pinta el arco fundamental, por guardar por aquella parte la pared el plomo ; pero la de la cara exterior, cuya ignographia cae àzia RS, ha de ser diferente, porque estando en superficie inclinada, ha de ser mayor que la cara interior. Esto pues se conseguirà dando à cada punto las elevaciones señaladas en la linea inclinada DP, esto es, al punto O de la clave se le darà la altura DP ; y al punto M de la misma clave se le darà la altura DM de dicha inclinada: conque la MP, será la altura que ha de tener la plantilla del paramento exterior de dicha clave, que como se ve, es mayor que la MO, que es la altura de su paramento, ò frente interior ; y así se procederà en las demás: advirtiendo, que la curvatura, así concava, como convexa de esta frente, se apartará algo del medio punto, porque la obliquidad de aquella superficie, la hace algun tanto levantada de punto, por ser su altura, ò sagita la DP, que es mayor que la DO propia del medio punto ; y así se havrà de formar, segun dixè à lo ultimo de la *propof.* 4.

Adviertase, que se puede escusar el trabajo de formar plantillas para los paramentos exteriores sobredichos, y para la concavidad ; porque con solas las de los lechos, y las de los paramentos interiores, que son à plomo, se pueden cortar las piedras en esta forma : Apliquese prime-

ra-



ramente à la piedra la plantilla de la frente interior, y trabajese esta frente: luego con la esquadra se allanarán las superficies de los lechos, sobre quienes se aplicarán sus propias plantillas; y cortando segun éstas las piedras, quedarán perfectos los lechos, y con sola la esquadra se podrán allanar, y perficionar la concavidad, y el paramento exterior.

Todo lo que aqui se ha explicado en el arco circular, vale tambien en los rebaxados, levantados, y de pies desiguales, solo con que se describa por fundamental qualquiera de ellos en lugar del circular, y se forme su ignographia, afsi horizontal, como vertical, como se dixo en las proposiciones passadas; y con esta prevencion se obrará en lo demàs, como en el circular, sin diferencia alguna. Si estos arcos, ò bovedas se huvieren de fabricar de ladrillo, se guardarán las reglas dadas en los antecedentes; y afsi juzgo no será menester mas explicacion.

### PROP. XIII. Problema.

*Formar un arco circular, ò eliptico, ù de pies desiguales, que por una frente sea recto, y por la otra encuentre rectamente con el lado de un cañon de boveda cilindrico, y seguido. (fig. 24.)*

**P**Ara formar cabal concepto del encuentro de un arco con un cañon seguido de boveda cilindrica, se ha de imaginar sobre la AB, descrito, y levantado un arco, por exemplo, de medio punto, cuya longitud, siguiendo como siempre su exe, procede segun la linea DT, y las demàs sus paralelas, continuandose hasta encontrar con la buelta de un cañon de boveda, que corre paralelo al plano del arco; esto es, à su diametro AB. De que se sigue necessariamente, que sus piedras tendrán una superficie en el plano del mismo arco, y formarán su frente sobre la AB, que es su ignographia; pero la otra superficie opuesta se terminará en el cañon de la boveda transversal, formando alli su superficie concava; y por quanto  
 ésta

èsta tiene forma de arco, en lo mas superior estarà apartada de la linea RS, ù del plano vertical, que se imagina sobre RS: y las piedras del arco elevado sobre AB, se havrán de estender hasta formar el cañon de la boveda, corriendo unas mas, otras menos, hasta llegar al dicho cañon. El modo de formar este arco, y las plantillas de sus piedras, es el siguiente.

Sea la linea AB ( *fig. 24.* ) la misma del arco fundamental, con las mismas divisiones, y cifras; y asimismo la DO perpendicular sea la sagita del arco fundamental con sus divisiones, tomadas de la *fig. 7.* Y tirando las AR, BS, iguales à la longitud de las primeras piedras, ò pies del arco, perficionese el paralelogramo RB, tirando las paralelas, que son la ignographia de las juntas de todas las piedras; las quales no passarian de la RS, si el arco no se huviera de estender hasta encontrar con la boveda. Supongase, que la DO està en la pared que se imagina sobre la RS: hagase el arco DP, que sea porcion del que forma la boveda, el qual se descrivirà con el radio igual al de la boveda, si èsta fuere circular; pero si fuere eliptica, el arco DP seria porcion de su elipse, y se formaria con sus propios puntos, y diametros. Hecho esto, de cada division de la DO se tirarán paralelas à la AB, terminandolas en la porcion del arco DP; y estas paralelas servirán para dár la competente longitud à las ignographias de las juntas, en esta forma: La DT se aumentará añadiendole la TV igual à la linea OP: à la linea 4. se le añadirà la linea N, y à la linea 1. la linea M, y así à la otra parte: y tirando la curva por los puntos RL<sub>4</sub>V, se tendrá en plano la ignographia del corte de la dobela exterior del arco con la de la boveda. Asimismo añadiendo à la DT la linea L, se tendrá el punto Q: y añadiendo à la linea 5. la linea K, se tendrá el otro punto 5. y añadiendo à la linea 2. la linea I, se tendrá el otro punto 2. y por estos puntos se descrivirà el corte de la dobela interior del arco con la de la boveda. La razon de esto es clara, porque la buelta de boveda que se levanta sobre la RS, corvandose se aparta de la RS, de la  
 mis-

misma fuerte que el arco DP se aparta de la DO: luego para que la junta DT llegue à alcanzar dicha boveda, se havrà de alargar tanto, quanto es la linea OP; y afsimismo respectivamente las demás juntas.

Con la preparacion sobredicha se cortaràn las plantillas como se sigue. Primeramente las del paramento, ò frente, que corresponden sobre la AB, son las mismas del arco recto de medio punto, que se describieron en la *prop.* 1. Y tambien los angulos que forman los lechos con la concavidad, son los mismos; y por consiguiente se trabajaràn con la misma regla cercha que aquellos; pero sus lados se estienen hasta buscar el cañon de la boveda tranversal: y así se trazaràn sus plantillas en la forma siguiente. La del lecho E, (*fig.* 7.) tiene por basa una linea igual à la A 3. (*fig.* 24.) y sus lados son el uno 1.1. y el otro 2. 2. El lecho F, (*fig.* 7.) tiene por basa la misma A 3. y por lados las lineas 4. 4. y 5. 5. y estas mismas plantillas sirven para la otra parte del arco. Las plantillas de la concavidad se haràn así. La de la primera piedra AE del arco tendrà por basa la subtensa 3.E, (*fig.* 7.) y sus lados seràn 3. 3. y 2. 2. *fig.* 24. Y la de la siguiente EF tendrà por basa la subtensa EF, y por lados perpendiculares à dicha basa tendrà las lineas 2. 2. y 5. 5. las quales tambien serviràn para la otra parte.

Pero es menester advertir, que así las plantillas de los lechos, como las de las concavidades, tienen curvo el lado que termina en la boveda: y para darle la curvatura, es menester tirar una linea media entre sus lados en la *ignographia*, y passarla à la plantilla, poniendola en medio de sus lados, y paralela à ellos, por cuyas extremidades se guiarà una linea curva, y serà la que se pretende. Como porque los lados de la concavidad AE, (*fig.* 7.) son en la *fig.* 24. las lineas 2. 2. y 3. 3. se tirará entre estas en la *ignographia* otra paralela à ellas; y se passará à la plantilla en la forma dicha, como se ve en M; y afsimismo en las de los lechos. Esto se explicará con mayor claridad en la *propos.* 15.

Estas plantillas bastan para trabajar las piedras de este arco; pero para moldear, y perficionar sus paramentos

en la parte de la boveda, se cortarà una cercha ajustada à la curvatura de esta boveda, la qual se deve aplicar à dichos paramentos siempre à plomo: lo que estando con la piedra en el taller, se hará, señalando con lapis, ò con una sanceladura la linea que formará en ella el plomo, despues de puesta en la obra; y esto se executará señalando en cada frente, ò paramento recto una linea paralela à la DO, (fig. 7.) y de sus extremidades se sacaràn lineas rectas; una por la dobla convexa, y otra por la concava, paralelas à los lados de las juntas, hasta el paramento curvo, en el qual se uniràn sus extremidades con otra linea; y esta será la vertical, ù del plomo que se pretende, à quien se aplicará siempre paralela la cercha, para perficionar los paramentos del arco que caen en la boveda.

Si à mas de esto se quisieren hacer plantillas para los paramentos corvos, aunque no son menester, se tirará à parte la RS con sus divisiones; sobre las quales se levantaràn perpendiculares, en esta forma. Sobre la division 2. se levantará una perpendicular igual, no à la recta DI, (fig. 24.) si à la curva DI; y así las demás, haciendolas iguales à las curvas que alli las corresponden; y llevando por las extremidades la linea curva, y haciendo lo demás que se suele, quando se obra por tranquilos, quedaràn formados estos paramentos, que se harán en materia flexible, para que aplicando su diametro sobre la RS, se ajusten los paramentos à lo curvo de la boveda.

De esta misma fuerte se procederà en otra qualquiera especie de arcos que lleguen à encontrar con la boveda transversal, tomando por arco fundamental para la descripcion el que se pidiere. Y asimismo se obrará, aunque dicha boveda, en quien encuentran, sea escarzana, rebaxada de cordel, ù de otra especie; pues solo se variará el arco DP, que deve ser el mismo de la boveda, ò ajustado à su curvatura.

PROP.

## PROP. XIV. Problema.

*Format un arco, que por una frente sea recto, y por la otra encuentre obliquamente con un cañon de boveda cilíndrica. (fig. 25.)*

EN la propof. anteced. fe defcribió un arco, que incurre en un cañon de boveda rectamente; efto es, que el exe del arco es perpendicular al exe de la boveda. En esta propoficion fe explica la formacion del mismo arco, que incurre obliquamente contra la boveda; efto es, que fu exe forma angulos obliquos con el exe de ella. Sea pues la AB el diametro del arco recto femicircular; y la RS fea el lado de la boveda. Alarguense à discrecion las lineas, que fon la ignographia de las juntas: ajustefe aora la linea 13. X igual à la OP de la fig. 24. y que fea perpendicular à la RS; lo qual fe hará, facando del punto T la perpendicular TZ igual à la sobredicha OP, y tirando la Z 13. paralela à la RS, de la misma manera fe iràn ajultando perpendicularmente las demás lineas N, M, L, K, I, del triangulo de la fig. 24. y quedaràn determinados los puntos 8. 10. 13. &c. que pertenecen à la dovela exterior del concurfo, ò corte del arco con la boveda; y los puntos 9. 11. 12. que pertenecen à la dovela interior: y guiando por ellos una linea, quedaràn formadas en la ignographia entrambas dovelas, y determinadas las ignographias de las juntas. La razon porque las lineas OP, N, M, &c. fe ponen perpendiculares à la RS, es, porque las sobredichas lineas fon iguales à lo que la buelta de la boveda fe aparta en diferentes puntos del plano vertical que fe imagina sobre la RS, como fe dixo en la propof. passada: lo qual fe midé por las perpendiculares al dicho plano, luego tambien fe han de hacer perpendiculares à la RS en la ignographia. De aqui fe facaràn las plantillas, como fe sigue.

I Las plantillas para los paramentos del arco, que corresponden sobre la AB, fon las mismas del arco principal, *propof. 1.*

Las

2 Las de los lechos se formarán rectangulares por la parte de AB; y para la del lecho E, (fig. 7.) se tomará para basa la recta A3, ó una línea igual à la A3, y sus lados serán las líneas 1.8. y 2.9. (fig. 25.) Para la del lecho F, se tomará para basa la misma A3, y sus lados serán 2.9. y 5.11. y así de las demás.

3 Las plantillas para las concavidades se formarán tomando por basa las subtensas de la concavidad de cada piedra; y por lados, los mismos que se tomaron para los lechos.

Los angulos de los lechos, con las superficies concavas, son los mismos que en el arco principal: y formando, segun ellos, la regla cercha, ó baivel, con ésta, y las plantillas sobredichas, se podrá trabajar todo el arco, sin que se necesite de formar plantillas para los paramentos de la frente obliqua, que corresponde sobre la RS, observando en lo demás lo dicho en la propos. antecedente.

#### PROP. XV. Problema.

*Formar qualquiera genero de arco, por una frente recto, y que por la otra encuentre con la concavidad de una torre redonda; ò tambien, que encuentre con lo concavo de una media naranja. (fig. 26.)*

Supongase un arco recto, segun la frente correspondiente, sobre la línea AB, sea de medio punto, ò rebaxado, &c. Mas por exemplo, supongamos sea el de medio punto, y que éste se continúa hasta encontrar con la concavidad redonda RS de una torre: pide se su formación.

Trasladense à la AB las divisiones mismas del arco fundamental, (fig. 7.) y tirense por ellas las perpendiculares continuadas hasta la concavidad RS., y se tendrá lo que es menester para formar las plantillas.

Las de los paramentos de la frente recta AB, son las mismas del arco fundamental, *propos. 1.* Las de los lechos se cortaràn como en los antecedentes. La del primer lecho,

cho, que asienta à nivel, es  $A_3$ .  $3.R$ . La plantilla del lecho, que corresponde à  $E$  en el arco fundamental, (*fig. 7.*) tendrá por basa la línea  $A_3$ . y por lados las líneas  $1. 1.$  y  $2. 2.$  que se facarán à esquadra con la  $A_3$ . La del lecho  $F$  tendrá la misma basa  $A_3$ . y por lados las líneas  $4. 4.$  y  $5. 5.$  y así de las demás. Las plantillas de la parte concava se harán tambien de la misma suerte, pero tomando por basas las subtenfas; y así, la basa de la plantilla para la parte concava de la primera piedra, será  $3.E$ , y sus lados  $3. 3.$  y  $2. 2.$  que han de ser perpendiculares à dicha basa. Para la segunda piedra se tomará por basa la subtenfa  $EF$ , y por lados las  $2. 2.$  y  $5. 5.$  y así en las demás. Con estas plantillas se cortaràn las piedras, formando tambien una regla cercha, ò baivel, que tenga la curvatura propia del arco fundamental, y el angulo de ella con los lechos, segun dixen en la proposicion antecedente.

Pero para que se vea claramente el modo de dar la curvatura, así à los lechos, como à las dobelas inferior, y superior, por la parte en que encuentran con la concavidad de la torre, lo explicarè en una de sus piedras, que es la que se representa à parte en  $Z$ , correspondiente à la  $HG$  del arco principal. (*fig. 7.*) Dividanse por medio, así las juntas, como las dobelas, en los puntos  $S, Q, R, T$ , y de éstos caygan las perpendiculares hasta la periferia concava de la torre, como se ve en  $Z$ . Hecho esto, para cortar la plantilla del lecho  $OG$ , se tirará à parte en  $X$  la línea  $5. 4.$  igual à  $OG$ , y luego las perpendiculares  $5. 5.$  y  $4. 4.$  iguales à sus correspondientes en la planta; y dividiendo el lado  $5. 4.$  por medio, se tirará de dicho punto otra perpendicular, que se hará igual à la que le corresponde en la planta entre las  $5. 5.$  y  $4. 4.$  y cogiendo los tres puntos con una línea curva, quedará formada la plantilla del lecho  $GO$ : de la misma manera se hará la de  $HP$ , valiendose de las líneas de su *ignographia*.

Asimismo se hará tambien la de la concavidad  $GH$ , tirando à parte en  $V$  la línea  $5. 2.$  igual à  $GH$ ; y sacando las perpendiculares  $5. 5.$  y  $2. 2.$  iguales à sus correspondientes en la planta, se tirará en igual distancia de ellas

la

la perpendicular  $n, n$ , igual tambien à su correspondientes y llevando una linea por los tres puntos extremos, quedará hecha la plantilla; y de la propia suerte se hará, si pareciere la de la dobla superior convexa. Todo esto se puede executar en la misma piedra con mucho acierto, despues de trabajados los lechos, y moldeadas las doblas con el baivel, porque con la sobredicha operacion se terminarán las doblas, y lechos conforme se requiere para que formen la concavidad de la torre. Tengase presente este modo de obrar, para que en semejantes ocasiones no sea menester repetirle.

Hecho lo sobredicho, se trabajarán las piedras facilmente por la parte que forman el concavo de la torre, con una sarcha ajustada à su concavidad, pero poniendola siempre à nivel, esto es, segun aquellas lineas que señalaria el nivel en la piedra puesta en la obra, lo que se hará en esta forma, aun estando la piedra en el taller. Saquese del punto  $P$  del perfil una linea perpendicular à  $P1$ . hasta que toque la arista en el punto  $E$ ; y ésta misma se colocará del propio modo en la plantilla, ò en la misma piedra, y la sarcha se pondrá siempre paralela à ella, y se irá moldeando la cara de la piedra. Tengase tambien esto advertido, como lo que en la *prop.* 13. se dixo de la perpendicular, porque puede aprovechar en muchos casos.

Supongamos aora haya de continuarse el sobredicho arco hasta terminarse en el concavo esférico de una media naranja, cuya planta sea el circulo  $RS$ . Para este caso se levantará la perpendicular  $DO$ , igual à la sagita del arco fundamental con sus mismas divisiones, que son la ignographia vertical de este arco: (*propof.* 1.) luego se describirá el arco  $DP$ , que sea segmento de un circulo maximo de la media naranja, esto es, que sea parte del cuadrante de circulo, que baxando del polo, ò clave de la media naranja, forme angulos rectos con el circulo horizontal, que es su basa; y tirando la transversal  $OP$ , paralela à  $AB$ , se tirarán tambien las paralelas  $N, M$ , &c. como se ve en la *fig.* 26. Con éstas se describirá la ignographia del corte, que hace el arco propuesto con la media naranja, en esta forma.



Las transversales del triangulo DOP, se iràn passando baxo la periferia RXS, de fuerte, que se terminen por un cabo en ella, y por otro en las paralelas que baxan de la AB, dirigiendose àzia el centro V, lo qual se podrá hacer, ò como en la propos. passada se tirò la X13. ò tambien poniendo la regla en V, y ajustando segun ella las transversales, de fuerte, que vengan justas entre la circunferencia RXS, y la perpendicular su correspondiente. Adaptaràse pues la linea transversal OP, en la XN; la transversal N, se adaptará entre la circunferencia, y su linea 4. 4. y determinará en ésta el punto T. La transversal K, se ajustará entre la misma circunferencia, y la perpendicular 1. 1. y se tendrá en ésta el punto Q; y guiando una linea por los puntos RQTN, será ésta la planta de lo convexo del corte del arco con la boveda. Así mismo se describirá la planta de lo concavo, adaptando la transversal M, de X à M; la transversal L, desde la periferia à la linea 5. 5. y la transversal I, desde la periferia à la linea 2. 2. y tirando una linea por los puntos señalados. Con esto se tendrá quanto se necesita para cortar las plantillas.

Las de los lechos tienen por basa la linea A3. y las de la concavidad, las subtenidas del arco fundamental; y los lados de unas, y otras serán las perpendiculares, que baxan de la AB, como en otras ocasiones se ha dicho; pero tomadas precisamente hasta el punto, que con el artificio antecedente se señaló por termino à cada una, como 4. T, &c. dandole à cada plantilla por lados las perpendiculares propias, segun en otras queda explicado, advirtiendo, que todas las plantillas son rectangulares por la parte que miran la AB, por suponerse recto el arco, segun dicha linea. De esta misma fuerte se trazaria el mismo arco recto, que encontrasse en una torre redonda, cuyo muro por la parte interior fuesse escarpado, solo en que en lugar del arco DP se tiraria un recta, que formasse el angulo de la inclinacion de dicho muro.

PROP.

## PROP. XVI. Problema.

*Formar qualquier Arco en una Torre redonda, aunque sea escarpada. (fig. 27.)*

**I** Pídesse la formación de un arco, por exemplo, de medio punto, en una torre redonda, cuyo muro tuba à plomo, según entrambas superficies. Tirese la recta AB igual al diametro del arco: descrívasse sobre ella el arco fundamental de medio punto, como se hizo en la fig. 7 ò trasládense de allí sus divisiones con las mismas notas en la AB: tirense las perpendiculares AF, BG, y dividiendo la AB por medio en D con una perpendicular, se tomarà en ésta desde D una porcion igual al semidiametro de la circunferencia exterior de la torre, y con essa distancia se describirà el arco CDE, que será la planta de la porcion de dicha circunferencia, que ocupará el arco que se ha de fabricar: asimismo se describirà desde el mismo centro, con el semidiametro de la circunferencia interior de la torre, el arco FTG; y quedará hecha la planta del segmento de la torre, que ocupará el arco: luego se tirarán de los puntos de la AB las perpendiculares que lleguen hasta la circunferencia concava; y con esto se cortaràn las plantillas en la forma siguiente.

Para hacer las de la frente convexa del arco, se entenderà à parte en lugar capáz la linea curva CDE, de suerte, que sea recta, y tenga sus divisiones 1. 3. &c. De éstas se levantaràn otras tantas perpendiculares, que se haràn iguales à las correspondientes en el arco fundamental; y guiando por ellas las lineas de las circunferencias, se havrà formado otro arco algo rebaxado, como se ha hecho en otras ocasiones, y así no le repito en la figura, y allí saldràn delineadas las plantillas de los paramentos de la frente convexa del arco, la qual viene à corresponder sobre su planta CDE. De la misma suerte se formaràn las de la frente concava FTG; pero se ha de advertir, que estas plantillas se deven cortar en materia

flexible, que se pueda doblar sobre las piedras, à quienes se les darà la curvatura convexa igual à la de la torre, con un segmento de cerchon concavo, segun la convexidad CDL; y la concava, con un cerchon convexo, que ajuste con la concavidad FTG, cuidando se aplique siempre à la piedra segun nivel, para lo qual serà conveniente señalar en las plantillas algunas lineas horizontales, que se podrán tirar en el mismo arco rebaxado, que se formò para hacerlas.

Las plantillas para los lechos se haràn con facilidad, porque la del primer lecho es el trapecio CFHQ. Para el segundo lecho se tirará à parte la linea 1. 2. igual à la A3. De sus extremidades tirense las perpendiculares 1. 6. 2. 7. iguales à sus correspondientes en la ignographia; y cortando de ellas las lineas 1. 1. y 2. 2. quedará hecha la plantilla, que serà quasi rhomboide 1. 6. 7. 2. con las basas 1. 2. 6. 7. algo curvas, cuya curvatura se les darà como se dixo en la proposicion passada. De este mismo modo se haràn las demàs.

De la misma suerte se formaràn las de la dobela concava del arco, tomando por basas las subtenfas de las concavidades de las piedras del arco fundamental, que se imagina sobre la AB; y así, para formar la plantilla de la concavidad de la primera piedra, se tomarà de dicho arco (fig. 7.) la subtenfa 3.E, y se tirará à parte la linea 3. 2. igual à la 3.E; y tirando las perpendiculares 3.H; y 2. 7. iguales à las de la ignographia sus correspondientes, se cortaràn de éstas las 3.Q, y 2. 2. tambien tomadas de la misma ignographia; y tirando las Q2. H7. algo curvas, quedará formada la plantilla. Quan curvas hayan de ser éstas lineas, es algo trabajoso el determinarlas; pero si se quiere mayor exaccion, se tirarán del medio de las concavidades de cada piedra del arco fundamental, otras perpendiculares à la AB, que dividiràn tambien la ignographia AG, como se hizo en la propos. passada; y con ellas se determinará el punto de en medio de la curvatura de éstas lineas, de la misma suerte que se han determinado los puntos Q2. y los H7. y por los tres

tres puntos se describirá con mas certeza la linea curva; y así en las demás plantillas.

2. Supongamos aora, que la torre en que se ha de fabricar dicho arco, sea elcarpada por la superficie exterior. En este caso se tirará la DO igual à la sagita del arco fundamental, que se imagina sobre AB, y en ella se notaràn los puntos N, M, &c. que son la ignographia vertical de dicho arco: luego se tirará la DP, que forma el angulo ODP, igual à la declinacion del muro, ò à lo que se retira del perpendicular; y tirando la OP paralela à AB, y de los puntos N, M, &c. las demás paralelas, se iràn éstas passando à la linea DT, empezando siempre del punto D, esto es, la DS se hará igual à la OP, y las demás se pasaràn en la misma forma: luego se pondrà el pie del compàs en el centro de la torre, y el otro se estenderà hasta las divisiones hechas en DS, y se describiràn unas porciones de circulo, que se terminen en las perpendiculares correspondientes à cada division; y así, el arco que sale de la division que se figue sobre la S, se terminará en la perpendicular 5. el de la division siguiente, en la perpendicular 4. &c. luego se tirarán lineas rectas del centro de la torre por los puntos que terminan los arcos en las perpendiculares, y se podrán cortar las plantillas como se figue.

Las de los lechos se cortaràn como antes se dixo, fòlo que así como se cortò la porcion 2. 2. se havrà de cortar algo mas, esto es, lo que hay en la ignographia desde el punto 2. de la AB, hasta el circulo que termina en la linea 2. y en el otro lado se cortarà lo que hay desde 1. hasta el circulo que termina en esta linea; y así en las demás plantillas de los lechos. La razon es, porque estos segmentos que se quitan, son lo que la pared se disminuye en aquellos puntos.

Si se quisieren formar plantillas para los paramentos, se estenderà la curva CDE en linea recta, con las divisiones X, Z, &c. ultimamente hechas; y de estas divisiones se levantaràn las perpendiculares, iguales à las del arco fundamental; y se formará un otro arco, de cuyos pa-

234 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:  
paramentos se tomaràn las plantillas para los del que se ha de fabricar, que se havràn de cortar en materia flexible; y aunque estas plantillas no sean en rigor las que deven ser, por ser conica la superficie de esta torre, que continuada feneceria en un punto; pero es tan poca la diferencia, que se puede despreciar. De aqui se colige el modo de trazar esta especie de arco; aunque fuesse rebaxado, ù de pies desiguales, ù de otra forma.

#### PROP. XVII. Problema.

*Formar un arco obliquamente en una torre redonda. (fig. 28.)*

Sea la AB la ignographia horizontal del arco fundamental con las acostumbradas divisiones, de las quales salgan las perpendiculares continuadas por toda la superficie de la pared de la torre, que es CGEH, cuya parte convexa ha de tocar en la linea AB, à tanta distancia del medio, quanta se quisiere sea la obliquidad del arco; y con solo esto se cortaràn las plantillas.

1 Las de los paramentos de la parte convexa CE, se haràn, estendiendo primeramente la CE en linea recta con sus divisiones, de las quales se levantaràn las perpendiculares iguales à las correspondientes del arco fundamental, (fig. 7.) que se imagina sobre la AB; por cuyas extremidades se descrivirà un arco, en quien se tendràn las plantillas que se piden, y se havràn de cortar en materia flexible, para que se puedan doblar sobre la superficie convexa de la torre.

2 Las de los lechos se haràn como en otras ocasiones se ha dicho: la del primer lecho horizontal en la una parte serà el trapecio mixtilineo CGOI, y en la otra el FE. La del segundo lecho se harà cortando en la misma ignographia, en la parte BO, la linea 1. 7. igual à la B3. y sacando la perpendicular del punto 7. se cortará de ella la linea 7. 7. igual à la linea 2. 2. y à toda la perpendicular 7. se le dará toda la magnitud de la perpendicular 2. Y tirando las lineas 1. 7. y la del otro cabo algo curvas, que-

quedarà formada la plantilla; y así las demás.

3 Las de la superficie concava se formaràn así: Supongamos, por exemplo, se ha de cortar la plantilla para la concavidad de la segunda piedra HG ( *fig. 7.* ) en el arco fundamental, cuyas perpendiculares son la 2. y la 5. tirese pues à parte, como se ve en A, la recta 5. 2. igual à la cuerda del arco sobredicho HG; y sacando las perpendiculares 5.X, 2.Z, iguales à las sobredichas sus correspondientes, se cortarán de ellas los segmentos 5. 5. y 2. 2. iguales à los que les corresponden en la *fig. 27.* y juntando los extremos con las líneas curvas, como dixe en la proposición antecedente, quedarà hecha la plantilla, y así las demás. De la misma suerte se obrará en otra qualquiera especie de arco; y de aqui se puede tambien colegir facilmente el modo de trazar estos arcos, aunque encontrassen con alguna boveda puesta en lo interior de la torre.

PROP. XVIII. Problema.

*Trazar qualquiera especie de arco recto entre dos bovedas.*  
( *fig. 29.* )

**S**Upongánse dos cañones seguidos de boveda, cuyas curvaturas son LP, y GH, paralelos entre sí, y distantes, por exemplo, lo que expresa la LG; è importa fabricar un arco, que teniendo una frente en la boveda LP, y la otra en GH, forme puerta, ò transito de la una à la otra.

*Operacion.* Sea AB el diametro horizontal del arco, con las divisiones ordinarias del fundamental, ( *fig. 7.* ) que es la ignographia horizontal de sus juntas. Dividase la LG por medio en D, con la perpendicular DO, igual à la sagita del arco, y con la ignographia vertical de sus juntas, por cuyas divisiones, que son las mismas de la *fig. 7.* se tirarán paralelas à la horizontal LG. Por las divisiones de la AB tirense perpendiculares, que pasen à una, y otra parte: tomese aora con el compàs la DG, y passese desde B arriba, y abaxo, señalando puntos en la perpen-

### 136 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

pendicular. Asimismo se passará la paralela II del punto e. à entrambas partes en la perpendicular que passá por 2. la paralela L, à la perpendicular 5. la paralela M, à la perpendicular D; y por estos puntos se passará la linea curva à una, y otra parte. Asimismo se passarán las otras paralelas à sus perpendiculares correspondientes; y guiando por sus puntos otra linea curva, quedará descrita la ignographia del arco, con todo lo que es menester para cortar sus plantillas.

1. Las de las frentes, ò paramentos se harán tirando à parte la AB con sus divisiones, y levantando perpendiculares de cada division, y haciendolas iguales cada una à la linea curva de la GH su correspondiente; conque saldrá la descripcion de la frente de un arco levantado de punto, cuyas divisiones, ò partes serán las plantillas para los paramentos, que caen en las bovedas, las quales se cortaràn, como en semejantes casos queda dicho, en materia flexible.

2. Las plantillas para los lechos se cortaràn como se sigue: La del lecho horizontal es el rectángulo AL, por no haverse aun contraido alli aumento alguno, por lo curvo de las bovedas. Para la del lecho siguiente se tirará à parte la linea 1. 2. igual à la A3. que es la distancia entre la dobla exterior, è interior del arco fundamental: trasladense las lineas 1. 1. y 2. 2. perpendicularmente arriba, y abaxo de la linea transversal 1. 2. y juntando los cabos con una linea, que havrà de ser algo curva, el trapecio V ferà la plantilla del segundo lecho; y en esta misma forma se harán las demàs, tomando siempre para su latitud la A3.

3. Las que han de servir para las doblas concavas, se tomaràn para su latitud las cuerdas de su concavidad: como para la primera se hará la linea 3. 2. igual à la cuerda de dicho arco en el fundamental: y de sus extremidades se tiraràn las perpendiculares 3. 3. y 2. 2. como antes, à entrambas partes; y el trapecio X ferà la plantilla.

Todo esto se funda, en que no es otra cosa este arco,  
que

que dos arcos rectos , que teniendo su frente recta sobre la AB, corren el uno à una parte, y el otro à la opuesta, y encuentran con una boveda seguida, en la misma forma que el arco explicado en la *prop.* 14. y assi, el modo de obrar es el mismo.

*En las quatro proposiciones siguientes pongo la descripcion, y fabrica de quatro maneras de arcos, cuyas diferencias conviene se tengan previstas: los tres primeros son essencialmente rectos, porque aunque su obliquidad corra por todo el arco; pero una de sus dobelas, ò sea la convexa, ò la concava; conserva siempre la rectitud, por tener su eje perpendicular al plano de su frente, ò basta, lo que no observa el que descriuiremos en quarto lugar, por lo qual es essencialmente obliquo.*

PROP. XIX. Problema.

*TRAZAR un arco aviajado por sola una parte. (fig. 30.)*

**S**obre la LR, diametro del arco, describase el arco recto, y perfecto, por exemplo, de medio punto: tirese tambien sus juntas àzia su centro A, de cuyas extremidades desciendan del modo ordinario las perpendiculares al diametro: escojase otro centro B, apartado de A segun la cantidad del viage que ha de tener el arco: y con el intervalo BC, describase el semicirculo CKH, el qual determinará quanto ha de ser aviajado el arco; y la una frente será la que forman las dobelas paralelas LFR, y GEC, que queda intacta; pero la otra será la contenida entre LFK, ò otro su igual, que se considera mas adentro, y el arco HKC, la qual, como se vé en la figura, no es igual, si que queda cortada: con esta descripcion se formarán las plantillas.

1 Las de la frente intacta son las comprendidas entre los arcos paralelos LFR, GEC: y las de la frente opuesta son las que se comprehenden entre los dos circulos LFR, HKC, que no son paralelos, como se expresa en la misma figura.

2 Las plantillas para los lechos se harán **¶**si. Tirese à parte la EF, igual à la LG; y la perpendicular FG,  
igual



igual à la crafscie , ò profundidad del arco ; y formese el rectángulo EG , el qual serviria sin duda de plantilla para todos los lechos , si el arco no fuere aviajado ; pero por serlo es menester cortarle : y así se hará la GH igual à la GH de la figura mayor , la GI , à la GI ; la GK , à la GK ; y así de las demás ; y el trapecio EFHL será la plantilla del primer lecho : EFIL , para el segundo , &c. cada una para su correspondiente.

No hay necesidad de plantillas para las dobelas conca-vas ; porque allanadas las frentes enteras , se estienden sobre ellas sus propias plantillas , y se les dà su figura : luego con la esquadra se trabajan los lechos ; y estendiendo sobre ellos sus plantillas , se les dà la forma que han de tener , y se concluye la obra.

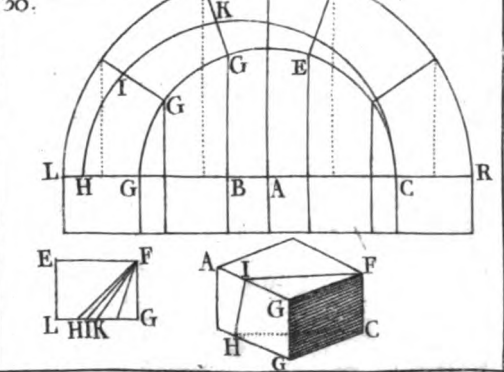
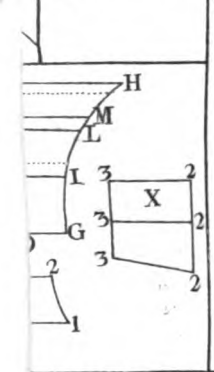
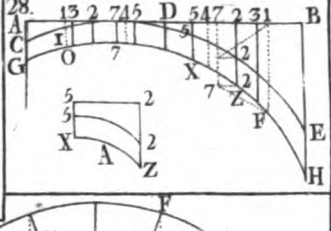
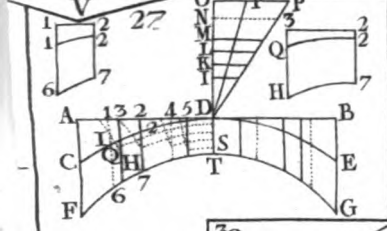
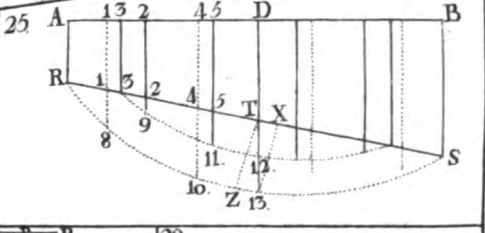
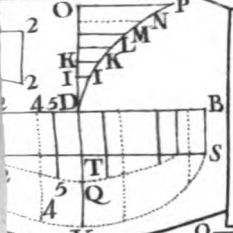
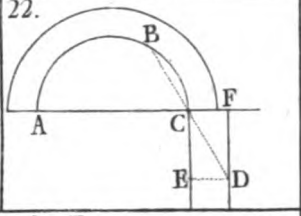
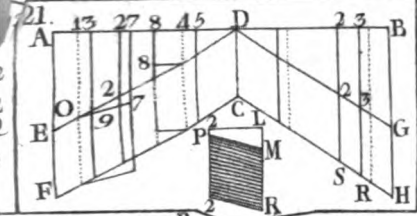
En este , y los siguientes arcos à viaje se trabajan con mas facilidad las piedras por el modo que dixè en la *prop. 8. lib. 1.* porque formandose primeramente la piedra AC , como para un arco ordinario , se notaràn en ella las GI , GH , iguales à sus correspondientes en la figura ; y tirando las IF , HC , se cortará el pedazo IHGCF , y quedará formada la piedra ; y así en las demás.

#### • PROP. XX. Problema.

*Descrivir un arco aviajado por entrambas frentes , pero imperfectamente.*

**E**L viaje de que se habló en la proposicion passada , corre por toda la crafscie del arco ; porque empezando de la que està entera , corre hasta la opuesta , que està cortada con el arco de círculo excentrico ; pero en este se suponen cortadas entrambas frentes con los círculos excentricos ; y el viaje que de cada una de ellas se imagina , solo se estiende hasta la mitad de la crafscie , ò profundidad del arco ; porque si passasse mas adelante , sería el arco del todo aviajado , de que hablaremos en la proposicion siguiente.

No es otra cosa este arco que dos de los antecedentes , que vienen à juntarse por los planos de sus fren-



*Ricarte fult.*



frentes, teniendo encontradas sus secciones excentricas, esto es, el un arco àzia la derecha, y el otro àzia la izquierda. El modo de trazar las plantillas, y cortar sus piedras, es el mismo; y así no se necesita de mas difusa explicacion. Solo adviérto, que las plantillas de los lechos serán medio quadrangulas, y medio trapecias, por no ser otro que dos plantillas semejantes à las de la proposicion passada, unidas encontradamente: y lo mismo digo de las que se formaren para las concavidades.

## PROP. XXI. Problema.

*Describir un arco totalmente aviajado. (fig. 31.)*

**S**Ea AC el diametro del claro del arco que se pretende describir; y AB la distancia de la dobla interior, y exterior. Dividase la AC en dos partes iguales en S; y de S, como centro, con el intervalo SA, hagase el semicirculo AHC: y dividiendo la BC tambien por medio, hagase el arco BLC, y quedará descrita la frente anterior del arco, que será BLCHA, y se supone corresponder sobre la PQ. Imagínese aora el mismo semicirculo AHC en la frente opuesta interior del arco; y dividiendo la AD por medio, descrivasé el semicirculo AND, y quedará descrita la frente interior, que es DNAHC, y se imagina corresponder sobre la AD: y tirando las juntas àzia el centro S, se tendrá lo necesario para cortar sus piedras, que en este arco se hará mejor por el modo 2. de la *prop. 8. lib. 1.*

Supongase pues la primera piedra ABEF cortada como para un arco ordinario, y recto, como se ve en X: cortese allí la linea AB, igual à su correspondiente AB en la figura grande: y en el superior cortese la EF, igual tambien à su correspondiente. En la frente opuesta en el punto inferior A, no se corte nada; pero en lo superior cortese FI, igual al otro FI: y aplicando la cercha de la circunferencia exterior à los puntos B, y E, señalese el arco BE; y tirando las EI, BA, se cortará todo lo superfluo de la piedra, dexando solamente la porcion ABEIFA.

Su-

Supongáse afsimifimo la segunda piedra , cuyo circulo interior es FH, cortada como para el arco recto, y entero, como se ve en Z; y en la cara anterior cortense las FE, HL, iguales à sus correspondientes; y en la cara opuesta , è interior cortense las FI, HK , iguales afsimifimo à sus correspondientes; y con la cercha exterior señalese el arco EL : y tirando las LK , EI , se cortará la piedra , dexando solamente la porcion FLHK.

Para formar la clave, se cortarán en su frente anterior las LH , MO; y en la interior las HK , MN ; y aplicando la cercha, se señalará lo que se ha de cortar de la clave, que saldrá algo tortuosa. De la misma suerte se trabajarán las piedras del otro lado.

## PROP. XXII. Problema.

*Descrivir qualquier arco perfectamente obliquo. ( fig. 32. )*

**T**odos los arcos, y bovedas de que hasta aqui hemos hablado , son esencialmente rectos , aunque cortados obliquamente ; aora empezamos à tratar de los que son esencialmente obliquos ; esto es , que son secciones de cilindros obliquos : y todo lo que diremos del arco, por exemplo , de medio pupto , se entenderá de los rebaxados , levantados , y de pies desiguales ; pues suponiendoles à éstos por fundamentales , en todo lo demás se procede sin diferencia alguna.

Sea pues la recta AB el diametro del arco : descrivase sobre ella el arco semicircular con sus juntas , perpendiculars , è ignographia. ( *prop. 7.* ) Tirese por su centro D el exe PO obliquo , mas , ó menos , segun lo ha de ser el arco : por las divisiones de la AB tirense las paralelas , que serán la ignographia horizontal de las juntas : tirese tambien la FG , perpendicular al exe PO , que lo será afsimifimo à todas las paralelas : y determinada la profundidad que ha de tener el arco , que supongo sea SR , se perficionará el paralelogramo TB , y quedará concluida la planta del arco , para cortar sus plantillas.

1 Las de los paramentos de entrambas frentes son

las

las mismas del arco fundamental, (fig. 7.)

2 Si se quiere formar regla cercha, ò baivel ajustado à los angulos de los lechos con la concavidad, se tirará à parte una linea igual à la FG, con las mismas divisiones, que hacen en ésta las paralelas: de cada division se levantaràn perpendiculares iguales à las del arco fundamental, cada una à su correspondiente: y tirando por sus extremidades las lineas curvas, quedará formado un arco recto, segun el modo 5. prop. 3. en la qual se veràn claramente los angulos de las juntas, ò lechos con la superficie concava; y segun ellos, se cortará la regla cercha, la qual será certísimas, por ser así el exe, como sus paralelas perpendiculares al plano del arco ultimamente descrito, à quien ajusta la regla cercha, ò baivel.

3 Las plantillas para los lechos se harán como se sigue. La del lecho horizontal, que es el primero, es el paralelogramo AH de la misma planta. La del segundo lecho ha de tener por lados las paralelas 1. y 2. pero han de distar entre sí mas que en dicha planta. Tirese pues del punto 2. la recta 2. 8. perpendicular à la linea 1. Y en una carta à parte tirese la recta 1. 1. igual à la recta 1. de la planta: cortese en la que se tirò à parte, la recta 1. 8. igual à la 1. 8. de la planta: del punto 8. levántese una perpendicular larga à discrecion: toñese con el compàs la A 3. de la planta, y poniendo en el punto 1. de la plantilla el un pie, con el otro se cortará la perpendicular que se levantò del punto 8. y tirando la 1. 2. perficionese el paralelogramo, y ésta será la plantilla para el segundo lecho: consta de la prop. 6. lib. 1. La plantilla para el tercer lecho, se cortará así. Porque sus lados han de ser las lineas 4. y 5. de la ignographia, se tirará como antes la perpendicular 5. 9. y à parte se hará la recta 4. 4. igual à la linea 4. de la ignographia, y en ella se cortará la 4. 9. igual à la de la planta: y levantando una perpendicular del punto 9. se ajustará la 4. 5. igual à la A 3. y se perficionará el paralelogramo, que será la plantilla que se pretende.

4 Las plantillas para la parte concava se harán del  
mis-

142 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

misimo modo que las antecedentes: la de la primera concavidad tiene por lados las lineas 3. y 2. Tirese pues del punto 2. la perpendicular 2. 7. y en el papel à parte hagase la 3. 3. igual à linea 3. de la planta; y cortese en ella 3. 7. igual à la porcion 3. 7. de la misma planta: levantese la perpendicular del punto 7. y tomando con el compàs la cuerda de la concavidad el arco fundamental, se ajustará de 3. à 2. y perficionando el paralelogramo, quedará hecha la plantilla; y así de las demás.

PROP. XXIII. Problema.

*Trazar qualquiera especie de arco obliquo entre dos bovedas.*  
(fig. 32.)

Sean como en la *propof.* 18. dos cañones de boveda, cuyas curvaturas son RO, SQ, distantes entre sí lo que dice la RS: y se ha de fabricar un arco obliquo, que tenga una frente en la boveda RO, y la otra en la SQ.

*Operacion.* Levantense las perpendiculares RO, SO, iguales à la sagita del arco fundamental; y divididas en sus puntos, como en la *fig.* 7. tirense por las divisiones las OO, NN, &c. paralelas à RS: ajustense aora perpendicularmente estas paralelas entre la TR, y las lineas obliquas, cada una à su correspondiente, de fuerte, que siendo perpendiculares à la TR, corten las paralelas obliquas, con lo que quedarán estas aumentadas, segun lo que cada una ha de menester para alcanzar la boveda: como por exemplo, la OO servirá para aumentar la linea de enmedio, adaptandola en la forma dicha; la NN, NN para la linea 4. la LL, para la 5. la I, I, para la 2. y así de las demás, como se ve en la figura; y lo mismo se hará sobre la AB, por suponerse correr por allí otra boveda: con esto se podrán cortar las plantillas.

Las de las frentes se cortarán en materia flexible, para que doblandose, se puedan ajustar à lo concavo de la boveda. Para formarlas se tirará à parte la linea TR con las divisiones que nuevamente hicieron en ella las perpen-

pendiculares, esto es, con los puntos M, O, L, N, I, K: de estos puntos se levantarán perpendiculares, iguales à las líneas curvas de los segmentos del arco RO, cada una à su correspondiente: como del punto K se levantará la perpendicular igual al arco RK; del punto I, se levantará perpendicular igual al arco RI; y así de las demás: y tirando por las extremidades una línea curva, quedará formado un arco, en quien se hallarán delineadas las plantillas de las frentes, que se ajustarán à la concavidad de la bóveda. No he delineado este arco, por entenderse toda la operacion facilmente con lo dicho.

2 Para las plantillas de los lechos, se formaràn las mismas que en la proposicion passada, como si no intervinieran las bóvedas; y añadiendoles los aumentos que se han determinado ya en la ignographia, quedaràn descritas: como por exemplo à la plantilla, cuyos lados son 4. 4. y 5. 5. se añadiràn à entrambas partes las líneas 4.N, 5.L, iguales à sus correspondientes en la figura de la ignographia, y quedará formada la plantilla. La del primer lecho, que es horizontal, será el mismo paralelogramo AH.

3 Las de las dobelas concavas del arco, se harán de la misma manera, añadiendo à las formadas en la proposicion antecedente, los aumentos que para cada una corresponden en la ignographia.

Si así como este arco se termina en las bóvedas sobredichas, se terminasse en una pared escarpada, estos mismos segmentos, en lugar de añadirles, se quitarian de los mismos lados, como se colige de lo que en otra parte se dixo.

#### PROP. XXIV. Problema.

*Formar qualquiera especie de Arco obliquo en una Torre redonda. (fig. 33.)*

**E**L arco que aqui delineamos es muy diferente del que se delineó en la *propof. 17.* porque alli se describió un arco recto, esto es, que es parte de un cilindro recto, pero que se formasse obliquamente en una torre

re-



144 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

redonda, ò que èsta le cortasse con obliquidad; pero el que aora se describe es por su naturaleza obliquo, por ser parte de cilindro obliquo: y de la misma fuerte que se delineará el circular, se delinearán los rebaxados, levantados, y de pies desiguales.

*Operacion.* Tirese la linea AB, diametro del arco fundamental, con las mismas divisiones con que se halla dividida en la *prop. 9. lib. 1. fig. 7.* Tirese de cada division lineas paralelas al exe obliquo del arco que se ha de describir, que traviessen la crassicie de la pared de la torre, que supongo sea RSVT. Tirese la BC perpendicular al exe; y por coníguente à todas las paralelas, la qual será el diametro del arco recto imaginario; y trasladandola à parte con todas las divisiones que hacen en ella las paralelas, se levantaràn de dichas divisiones unas perpendiculares iguales à las del arco fundamental, y se havrà formado el arco recto sobredicho, cuyas juntas, y concavidades formaràn el angulo de los lechos con las concavidades que ha de tener el arco que se fabrica; y así se cortará segun dicho angulo la regla cercha, que servirá para cortar las piedras. Hecho esto, se formaràn las plantillas, como se sigue.

1 Si se quieren formar las plantillas para la frente convexa RDS, se estenderà à parte la RDS, de fuerte, que sea linea recta con las mismas divisiones, de quienes se levantaràn perpendiculares iguales à sus correspondientes en el arco fundamental, y quedará delineado un arco, cuyas frentes serán las plantillas que se desean; y se cortarán en materia flexible, para que doblandose, se adapten à la superficie curva de la torre. De la misma fuerte se formaràn las de las frentes de la concavidad TDV. La razon de esto es clara; porque imaginando levantado perpendicularmente sobre la AB el arco fundamental, todas las lineas que salen de las extremidades de sus juntas, y corren paralelas al horizonte, encontrando en la torre, vienen à herirla en puntos que distan del horizonte, tanto quanto sus correspondientes en el arco fundamental; y por coníguente las perpendiculares de entrambos han de ser necessariamente iguales.

Las

2 Las plantillas de los lechos se trazarán como se sigue. La del lecho primero, y horizontal, es la figura TY. La del segundo lecho se trazará tirando à parte la recta 1. 2. igual, no à la A3. si à la linea CO del arco recto; y tirando por sus extremidades las perpendiculares 1. 1. 2. 2. que sean iguales à sus correspondientes en la planta TS, quedará formada la plantilla. Para la del tercer lecho se hará la 4. 5. igual à la misma CO, y las perpendiculares se harán iguales por una, y otra parte à las 4. y 5. sus correspondientes en dicha ignographia: la curvatura por los lados, que están en la periferia de la torre, se hará como en la *propoficion* 15.

3 Las plantillas para la concavidad del arco, se harán tomando la O2. igual à una de las subtenfas del arco recto, que se hizo à parte sobre la AB; y por sus extremidades se tiraràn las perpendiculares, igualandolas con sus correspondientes en la ignographia, como para la primera piedra se hará la OY de la plantilla, igual à la OY de la ignographia; y la 2. 2. à la 2. 2. y así en las demás, tomando siempre la OY para transversal, y los lados iguales à los que fueren sus correspondientes.

De aqui se colige facilmente el modo de trazar este arco, en caso que la torre fuere escarpada, pues solo sería menester ir acortando las lineas obliquas, que entran en la crafscie de la torre, segun se hizo en la *propof.* 16. y asimismo se procederia, caso que se huviere de formar este arco obliquo en un angulo, formando su planta como en la *propof.* 10. solo que las lineas cortarian con otra obliquidad las paredes, por ser obliquas à la AB.

### PROP. XXV. Problema.

*Describir qualquiera Arco rectamente inclinado, que encuentra, y se termina en un cañon de boveda.*

(fig. 34.)

**E**N esta, y las siguientes proposiciones se explican los arcos inclinados, esto es, cuyo exe no es perpendicular à la frente, ò basa del arco, si que se inclina àzia

Tomo V.

K

ba-

baxo, los quales son por esta causa obliquos; y en consecuencia à lo dicho en la *propof. 7.* puede ser en ellos esta obliquidad *accidental*, ò *essencial*. Serà accidental, si siendo porciones de cilindro recto, son cortados obliquamente por sus frentes con planos, ò paredes verticales; y será esencial, si son ellos porciones de cilindros obliquos. Así unos como otros, à mas de la sobredicha obliquidad, que podemos llamar *vertical*, pueden tener otra obliquidad *lateral*, ò *horizontal*, como la que tenían los arcos obliquos; de que hasta aora se ha tratado. A los que carecieren de esta segunda obliquidad, llamaremos *rectamente inclinados*; y à los que la tuvieren, *obliquamente inclinados*.

Lo principal que se requiere para describir, y trazar estos arcos, es la formación del arco recto, esto es, del arco, cuya sagita es perpendicular al exe del inclinado, ò declinante que se fabrica, el qual, aunque es un arco supuesto, y como fingido, pero sirve para la descripción del real, y verdadero, cortando, segun sus angulos, las reglas cerchas, y vaibeles, como hemos visto en las proposiciones passadas, y se verá en las siguientes.

Supongamos pues se ha de describir un arco, en quien el plano de su frente sea basa de un cilindro inclinado, cuya seccion será el arco, y por consiguiente, será esencialmente obliquo; y que dicha frente sea de un arco de medio punto, cuyo diametro vertical sea DO: sea tambien el exe del arco la inclinada DD; y porque este arco ha de incurrir, y terminarse en una boveda, sea DC la seccion de ésta, en quien se termine el arco. Haganse en la DO las divisiones mismas de la *propof. 9. lib. 1.* por las quales se tirarán las paralelas al exe, terminandolas en la buelta DC. Tirese aora del punto D la recta DE, perpendicular al exe, y à sus paralelas.

Hecho esto, se hallará facilmente el arco recto, porque su sagita será la linea DE: cortense pues en las paralelas las HS, FG, &c. iguales à las lineas transversales sus correspondientes en el arco fundamental de la *fig. 7.* y tirando las curvas por sus extremidades, quedará formado

do el arco recto; y bastará formar su mitad, como en la figura. Si pareciere, se podrá hacer à parte el arco recto trasladando la línea AD, que sea el semidiametro del arco fundamental con sus divisiones, y levantando de sus puntos las perpendiculares; pero no iguales à las DI, DK, &c. si à las DF, DP, &c. y describiendo por sus extremidades la circunferencia. Hecho esto, se harán las plantillas como se sigue.

1 La del lecho horizontal será el rectángulo 3.L, que tiene por lado menor la A3. y por el mayor la AL, igual à la DD. El segundo lecho, que es el de la junta siguiente, se hará tirando la GG, igual à la GG del arco recto; y tirando las perpendiculares, se cortará la línea GK, igual à la PK; y la GR, igual à la PR: y asimismo se hará la GI, igual à la FI; y la GQ, igual à la FQ; y el plano RKIQ será la plantilla; y así de las demás.

2 La plantilla de la concavidad G3. se hará tirando à parte las G3. y sacando perpendiculares à sus extremidades, de las cuales la 3.D, ha de ser igual à la DD; la GI, à la FI; y la GQ, à la FQ; y el trapecio 1. 3. DQ, será la plantilla; y así las demás: pero la del concavo de la clave será un rectángulo, que ha de tener por un lado la HS duplicada, y por el otro la LT.

Si no huviere encuentro con la boveda DC, si que el muro fuese de igual crasicie, las longitudes de los lados, que se han tomado hasta la DC, se tomarian hasta la DV; y si el muro fuese escarpado segun la DX, se tomarian hasta esta línea las longitudes sobredichas. Y si la pared fuere escarpada, segun la frente DO, se tiraria esta línea inclinada àzia la DE, segun fuere la cantidad de la escarpa.

3 Si se quisieren hacer plantillas para las frentes de las piedras del arco, que formen la concavidad de la boveda DC, se tiraria à parte el diametro horizontal del arco fundamental con sus divisiones; y de éstas se levantarían perpendiculares iguales, no à las DI, DK, &c. si à los arcos DQ, DR, DT, y por sus extremidades se tiraria una línea curva, con que se formarían allí mismo las

plantillas en plano, que se cortarían en materia flexible, para que se pudiesen ajustar à las concavidades. Tambien si fenciendo el arco en la escarpa DX, se quisieren formar plantillas para aquellas frentes, se obraría del mismo modo, tomando para las perpendiculares sobredichas las divisiones correspondientes en dicha DX.

Todo lo que en este caso se ha dicho del arco de medio punto, se deve asimismo entender del rebaxado, ò de qualquiera otro, sin mas diferencia, que en lugar de tomar por fundamental el de medio punto, se havria de tomar el rebaxado, ò el que se pidiere.

## PROP. XXVI. Problema.

*Descrivir un Arco rectamente inclinado, que por la una frente sea recto, y por la otra obliquo. (fig. 35.)*

**N**Otese la practica siguiente, porque servirá en muchos casos, para cabal desempeño del Architecto. Para ella se ha de hacer primeramente lo mismo, que en la proposicion passada, esto es, tirar la DO, (fig. 34.) que es la sagita del arco fundamental con sus divisiones; y tirando tambien el exe inclinado DD, se tirarán por dichas divisiones las paralelas al exe; y tirada la perpendicular DE, se formará el arco recto. Hecho esto, se passará à trazar el arco, como se sigue.

Tírese la AB, (fig. 35.) igual al diametro horizontal del arco fundamental con sus acostumbradas divisiones; y facendo las perpendiculares AC, BD, iguales à la crassicie de la pared, (que, como se supone, es mayor en AC, que en BD) se juntará la CD, y el trapecio CB será la planta de la pared. De las divisiones de la AB, se tirarán las perpendiculares, que traviessen toda la pared hasta su superficie obliqua CD. Añadese à la BA seguidamente la AO, igual à la sagita, ò femidiametro vertical del arco fundamental, tambien con sus divisiones acostumbradas. Tírese la inclinada AS, segun la inclinacion que ha de tener el arco, y por las divisiones de la AO haganse sus paralelas. Tírese tambien la AE perpendicular à la AS,

y

y por consiguiente à todas sus paralelas. De todos los puntos de la linea obliqua CD, tirense paralelas à la AB, que llegue cada una precisamente hasta cortar la inclinada su correspondiente, en la qual se señalarà el punto en que la cortare: como, por exemplo, la paralela que sale del punto D, darà en la inclinada AS el punto G; la que sale del punto 1. darà en la inclinada K el punto Y; y asimismo la que viene del punto 3. darà en su correspondiente AS otro punto H; y así de las demás. Se han omitido estas paralelas en la figura, por evitar confusión.

Hecho esto, se formará el arco recto, como en la proposicion pasada. Tirando à parte la AB con sus divisiones, y levantando de ellas las perpendiculares, que se tomaràn, no de la linea AO, si de la AE; y en este arco se hallaràn formados los angulos, que forman los lechos de las piedras con sus superficies concavas, y se cortaràn las reglas cerchas ajustadas à los angulos sobredichos. No he descrito este arco, por ser su practica la misma que la de la proposicion antecedente. Con esto se cortaràn las plantillas como se sigue.

1 Las de la frente AB son las mismas del arco fundamental.

2 Las de los primeros lechos, que en el caso presente son inclinados, y el uno mayor que el otro, se trazaràn en esta forma. Tirese à parte la A<sub>3</sub>. igual à la A<sub>3</sub>. del arco fundamental, que es la distancia de la dovela concava à la convexa: saquense de sus extremidades las perpendiculares largas à discrecion: corte se 3.G, igual à AG; y la AH, igual à la AH de la figura grande; y el trapecio AG serà la plantilla del primer lecho del cabo B. Hagase tambien 3.S, igual à la AS; y la AR, igual à la AR de la figura grande; y el trapecio AS serà la plantilla del primer lecho del cabo A.

Para el segundo lecho se tirará la linea PQ, igual à la segunda junta del arco recto, que se formò à parte; y tirando los lados perpendiculares, se transferiràn à ellos las PK, QI, PY, PZ, QV, QX, y serà el trapecio KV la plan-

**150 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.**

plantilla del segundo lecho de la parte D, y el KX la del segundo de la parte A: en esta misma forma se cortarán las plantillas para los demás lechos.

3 Para las concavidades de este arco se harán las plantillas de esta manera. Para la primera se tirará à parte la AQ, igual à la primera subtenfa del arco recto; y tiradas las perpendiculares, se añadirà la QI igual à su correspondiente: luego se harán las AH, AR, IQ, QX, iguales afsimifino à sus correspondientes en la figura grande, y el trapecio IH ferà la plantilla de la concavidad menor, que es la que cae àzia B; y el trapecio IR ferà la del mayor, que cae àzia A. La que ha de servir para la segunda concavidad, se hará de la misma fuerte, tirando la Q8. igual à la subtenfa segunda del arco recto, y facendo los lados perpendiculares, se trasladarán à ellos las divisiones de las paralelas sus correspondientes, que son las IX, L7. y el trapecio LX ferà la plantilla de la concavidad mayor de la parte A; y LV ferà la de la concavidad menor àzia B. La tercera plantilla, que es para la clave, se hará tirando la linea 8. 8. igual à la subtenfa de la clave del arco recto: y tirando las perpendiculares, se trasladarán à ellas de su correspondiente las 8L, 8L: y las 8. 9. 8. 7. y el trapecio L7. ferà la plantilla de la clave.

4 Las plantillas para la frente obliqua, que corresponde sobre CD, se harán, tomando primero arbitrariamente la B& en la BD: y haciendo la AT de tal magnitud, que exceda à la B& con el mismo exceso SG, en que la inclinada AS ( que se ha de imaginar sobre la AC en un mismo plano vertical hasta el muro CD ) excede à la inclinada AG, que es igual à la inclinada correspondiente en el mismo vertical sobre la BD hasta el muro, y tirese la linea T&: sobre esta linea, empezando de sus divisiones, se levantaràn lineas verticales, esto es, perpendiculares à la AB; haciendolas iguales cada una à su correspondiente en el arco fundamental, y resultará de ellas un arco de pies desiguales, por quedarfe el punto & mas alto que el punto T; cuyas frentes serviràn de plan-

plantillas para las frentes del arco , que corresponden sobre las CD, el qual por esta parte será de pies desiguales.

*Demonstr.* Considerese , que por AB passa à plomo una pared , y otra por CD ; y que estas lineas están tiradas à un mismo nivèl en dichas paredes , cada una en la suya. Esto supuesto , el punto A es el primero de que empieza la dobela exterior del arco, cuyo diametro es AB ; y porque este arco es inclinado , el punto correspondiente à A en la pared CD , y primero alli de la dobela exterior, estará mas baxo que A, quanta es la inclinacion; y como esta sea igual al angulo CAS, si se considera la S pendiente perpendicularmente àzia abaxo , será el punto S el principio de dicha dobela exterior en la pared CD. Imagine se aora sobre el punto 2. de la AB, levantada perpendicularmente una recta igual à la AI su correspondiente; ( segun se puede ver en la *fig.7.* ) y por el punto 2. de la CD considere se otra perpendicular indefinida , que por consiguiente será paralela à la primera. Es claro , que si del punto mas alto de la primera perpendicular sale una linea inclinada con la misma inclinacion que tiene la AS, ò IX, esta encontrará con la perpendicular segunda , que se levantò del punto 2. de la CD; y terminandose alli, quedará determinada su longitud IX : y como lo mismo sea obrar lo sobredicho , tirando en el plano del papel las lineas AI, y la paralela 2X , se sigue quedar bien determinado , segun nuestra practica , el punto X, y longitud de la inclinada IX en el concurso de esta , con la paralela que sale del punto 2. de la CD. De la misma suerte se discurrirá en las demás , considerando las secciones de la AO , puestas verticalmente en los puntos de la AB sus correspondientes.

Solo falta demostrar , que la frente del arco que corresponde sobre la CD, es de pies desiguales, y que se describe con acierto por la regla dada. No hay duda en que el plano inclinado , que passa por el exe del arco , y por sus dos pies A, y B, continuado, cortará la pared que está sobre CD. Es tambien cierto , que por ser dicho plano

no



no inclinado, por la parte AC, mas larga desciende mas que por la BD, que es mas corta: luego el punto D, queda mas alto que el punto C; y por consiguiente, el arco sobre CD, tendrá el pie D, mas corto que el pie C: luego es de pies desiguales.

Tambien la linea AS, es la longitud inclinada del arco por la parte AC. Asimismo la AG, es igual à la longitud inclinada del arco por la parte BD, como consta de lo dicho: de que se sigue, que si la AS se pusiere baxo la AC, y la AG baxo BD, y por sus cabos se tirasse una linea, èsta feria la seccion del plano inclinado arriba dicho con la pared obliqua CD; y siendo la T& paralela à esta linea, en virtud del modo con que se describió, tendrá la T& la misma magnitud, y obliquidad que la sobredicha: luego siendo aquella el diametro de la frente, que resulta de la comun seccion del arco con la pared obliqua CD, lo mismo ferà obrar sobre ella, que sobre la T&. Teniendo pues la frente del arco sobre D, la misma altura que el fundamental, se describirà bien dicha frente con las perpendiculares mismas del fundamental, levantadas sobre las divisiones de la T&, como hemos hecho: luego es cierta nuestra regla, la qual he querido demostrar à la larga, por servir para muchos casos, y para que se haga mayor concepto del fundamento de semejantes operaciones.

PROP. XXVII. Problema.

*Describir un Arco rectamente inclinado, cortado obliquamente por entrambas caras. (fig. 36.)*

**E**L arco que aora hemos de describir, es un semicilindro, que tiene por basà un semicirculo vertical, y desciende rectamente con inclinacion; y es cortado obliquamente por las dos superficies CB, DF, de la pared DB. La practica ferà la misma que la de la proposicion antecedente.

Por quanto la recta BC es obliqua al exe DX del arco, se tirará la AB perpendicular à dicho exe, y ferà el

el diametro horizontal del arco fundamental: tirese la DD, que forme con la DA un angulo igual al de la inclinacion, que ha de tener el arco: añadase en derechura de la BA, la DO, sagita del mismo arco fundamental, con sus acostumbradas divisiones. Por las divisiones de la AB, tirense las perpendiculares, que corran de la una à la otra superficie de la pared; y por las divisiones de la DO, tirense paralelas à la DD, las quales denotaràn los lados de los lechos, que son paralelos al exe. Por las divisiones de la CB, tirense ocultamente paralelas à la AB, y note se el punto en que cada una de ellas corta à la inclinada su correspondiente: como, por exemplo, la paralela que sale de C, cortará la DD en E; lo que sale de 1. cortará la KS su correspondiente en S, &c. conque las paralelas de los puntos C. 1. 4. D. 4. 1. B. formarán la periferia exterior, que se vé en la figura; y las que provienen de los puntos 3. 2. 5. D. 5. 2. 3. formarán la interior: hagase lo mismo en la linea DF, y se formarán las otras periferias sus correspondientes: tirese ultimamente la EG perpendicular à las inclinadas.

Hecho esto, se describirà el arco recto en esta forma: Sobre las divisiones de las AB, levanten se perpendiculares iguales à las divisiones de la linea EG, y en este arco recto se hallaràn los angulos de los lechos con las concavidades, para cortar segun ellos la regla cercha, ò baivel: las plantillas se formaràn como se sigue.

1 La del lecho C3. se hará tirando à parte la linea EE, igual à la distancia del circulo interior, y exterior del arco recto, que es la A3. de la AB; y tirando las perpendiculares, se harán las EI, EH, iguales à sus correspondientes; y la ED, igual à la ED, su correspondiente, y DH, será la plantilla 1. Para el lecho primero de la otra parte, se hará tambien la EE, igual à una junta del arco recto, y en sus perpendiculares se harán las Ef, Ea, Ed, Eb, iguales à sus correspondientes, y será la plantilla ad, num. 2. La de 1. 2. de la parte CD, se hará en la misma forma, tomando las ET, ET, y las ES, ES, iguales à sus correspondientes, y será la plantilla ST, num. 3. Para la

154 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.  
la de 1. 2. de la otra parte BF, se usará de las líneas XX,  
VV, y se obrará de la misma manera.

2 Para la concavidad 3. 2. de la parte de CD, se tomará la EE igual à la subtenfa del arco recto; y transfiriendo à sus perpendiculares las EH, EI, y las ET, ET de sus correspondientes, quedará hecha la plantilla, como se ve en el num. 4. De la misma fuerte se hará la de 3. 2. de la parte BF, usando de los puntos f, y a, para un lado; y de los puntos VV, para el otro; y así en las demás concavidades.

3 Las plantillas para la frente obliqua CB no son precisas, pues sin ellas se puede concluir toda la obra, y así mismo el modo de cortarlas, que es semejante al que explique en la prop. anteced. num. 4.

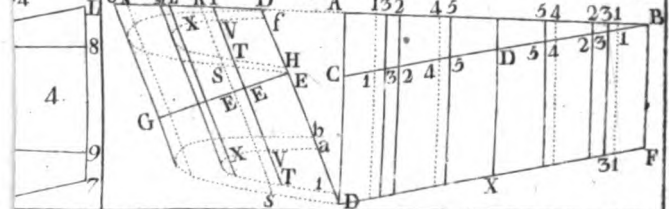
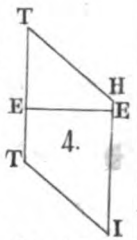
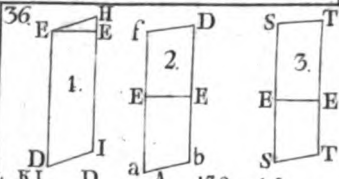
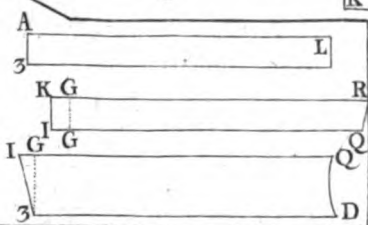
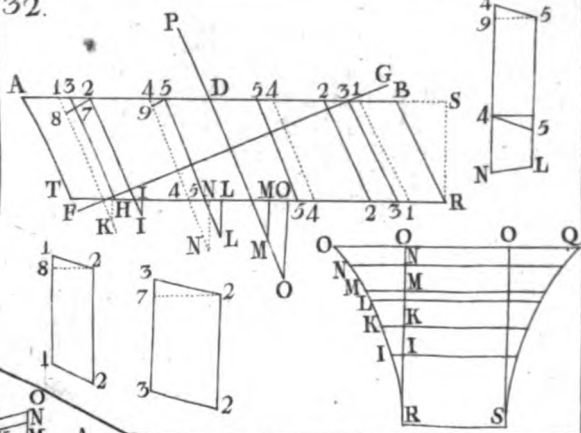
### PROP. XXVIII. Problema.

*Formar un Arco rectamente inclinado en una Torre redonda.*

(fig. 17.)

Tírese la AB, diametro del arco fundamental con sus acostumbradas divisiones; y sea CDFE porcion de la torre: por las divisiones de la AB tírense perpendiculares, que traviessen la crassicie de la torre: añadase la AD en seguida de la AB, larga à discrecion; y así mismo la DO igual à la sagita del arco fundamental con sus ordinarias divisiones: por éstas se tirarán los lados inclinados paralelos, que tengan igual inclinacion à la que ha de tener el arco: tírese tambien la Df perpendicular à los lados inclinados. Hecho esto, de los puntos C. 1. 3. 2. 4. 5. de la línea curva CHD, se tirarán paralelas à la AB, alargandolas hasta que cada una corte al lado inclinado su correspondiente. Lo mismo se hará en la EKF; y por los puntos en que huvieren cortado à los lados inclinados, se podrá describir una línea curva. Y adviértase, que si el exe del arco se encaminare al exe de la torre, las paralelas tiradas de los puntos de la porcion CH, coincidirán con las que se tiraren de los puntos de la HD; pero si el exe fuere obliquo, de fuerte, que no cor-

32.



Blancart, Rubs.



cortare al exe de la torre, serian diferentes.

1 Preparado lo sobredicho, se trazará el arco recto, levantando sobre las divisiones de la AB perpendiculares iguales à sus correspondientes divisiones de la Df; y tirando las lineas de sus juntas, se tendrán los angulos mixtilineos de los lechos, y concavidades, segun los quales se cortará la regla cercha, ò baivel.

2 Las plantillas para los lechos se harán así: Para el primer lecho se tirará la dd, igual á la A3. que es la distancia del circulo interior, y exterior en el arco recto; y tirando las perpendiculares, se harán los lados d3. d3. dC, dE iguales á sus correspondientes en los lados inclinados, y el trapecio C. E. 3. 3. será la plantilla. La que ha de servir para el segundo lecho, se hará tirando la dd, igual á la segunda junta del arco recto; y tiradas las perpendiculares, se cortarán en ellas d1. d1. d2. d2. iguales á las lineas M2. M2. N1. N1. sus correspondientes en los lados inclinados, empezando siempre de la df; y el trapecio 1. 2. será la segunda plantilla. Para formar la del tercer lecho, se tirará la SP, igual á la tercera junta del arco recto; y las perpendiculares, no solo han de baxar baxo la SP, si que tambien han de subir sobre ella, por causa de que la df divide los lados 4.4. 5.5. que son los correspondientes, como se ve en la figura.

3 Las plantillas para las concavidades, se harán como se sigue: Para la primera se tirará la dd, igual á la primera subtenfa del arco recto, y en sus lados perpendiculares se trasladarán los inclinados sus correspondientes, que son d3. d3. d2. d2. y el trapecio 2. 3. 3. 2. será la plantilla. Para la segunda concavidad se tomará la dd, igual á la segunda subtenfa del arco recto, á quien se transferirán los lados d5. d5. d2. d2. y el trapecio 5. 2. será su plantilla. La de la clave es rectangula, y tiene por lados las lineas iguales á las 5. 5. sus correspondientes.

De aqui se colige el modo de trazar este arco, quando su exe no caminare ázia el de la torre, si que ésta cortare obliquamente al arco; pues no hay mas diferencia,

cia, que ser distintos los puntos que dan las paralelas que salen de la parte HD, KF, de los que dieron las de la primera parte; y así será menester duplicar esta operación, para hallar los puntos sobredichos.

También se colige el modo de trazar este arco inclinado en un ángulo, solo que en lugar de la torre CDFE, se formaría la planta de las paredes que forman el ángulo. No pongo demostración de estas prácticas, por colegirse de lo demostrado en la *prop.* 26.

### PROP. XXIX. Problema.

*Describir un Arco rectamente inclinado, que encuentre obliquamente con un cañon de boveda.*

( *fig.* 38. )

**P**ara formar idea de este arco, se ha de imaginar, que sobre la AB hay levantado verticalmente un arco, que profigue inclinado, sin declinar à uno, ni otro lado, y que encuentra con un cañon seguido de boveda, cuyo lado es la línea obliqua DF, de la qual empieza su vuelta, corvandose àzia M. Y porque esto puede suceder con diferentes circunstancias, que pueden variar la operación, será conveniente se adviertan antes de entrar en ella. Lo primero se ha de advertir, si el arrancamiento del arco está al mismo nivel, ò en el mismo plano horizontal de la DF; ò si está mas alto, ò mas baxo que el dicho plano. Lo segundo se ha de tener conocida la naturaleza de la boveda, si es de medio punto, ò rebaxada, &c. y también si es esencialmente recta, ò obliqua.

Supongamos pues, sea esta boveda esencialmente obliqua, esto es, sea porcion de un cilindro obliquo; y que su seccion obliqua, segun la HM, sea circular, ( porque como consta del *tratado* 8. la seccion obliqua de un cilindro obliquo puede ser circular ) y sea su radio la DE. La operación será la siguiente. Tomando la AK arbitraria, se tirará la KL con la inclinacion que ha de tener el arco, y será uno de sus lados inclinados, cuya longitud se

se determinará en esta forma. Tirese la GH perpendicular à la AB, que falga del punto G, correspondiente al punto K, esto es, pertenecientes entrambos à una misma junta: y porque el arco incurre, y se termina en la boveda, que supongo sea circular, segun la HM, ò la DE, se tomarà el femidiametro de la boveda, y puesto el un pie del compàs en I, ( caso que el arco empiece del mismo plano de la DF ) y el otro pie puesto sobre la IE, se describirà desde E el arco IN, y el punto N serà el en que el lado KL encuentra con la boveda, y serà KN su longitud: pero si el arco arrancàre de mas abaxo que el plano de la DF, se cortará la IO igual à lo que el principio del arco està debaxo de la DF, y se tirará la OP: y tirando en esta por el punto O el arco OL, con el mismo radio de la boveda, serà L el punto del concurso del arco con ella: y si el arrancamiento del arco empezasse de mas arriba de la DF, la perpendicular OP, se tiraria entre el punto I, y el punto q, y se obraria en la forma sobredicha.

Pero si la boveda no fuere circular, segun la DE, si que segun su seccion perpendicular RS, fuere circular; y por conseqüente segun su seccion obliqua RT, ò DE fuere eliptica; para determinar los puntos del concurso de los lados, como KL, con la boveda, serà menester describir primero à parte la elipse sobredicha en esta forma. Tirese à parte la RS, igual à la otra; descrivase sobre ella, sirviendo toda de radio, un quadrante de circulo: tirese la ST perpendicular à la RS, y haciendo el angulo R igual al otro angulo R, se tirará la RT: dividase el quadrante en qualesquiera partes, y por las divisiones tirense perpendiculares à la RS, que passen hasta cortar la RT: de los cortes de la RT se levantaràn perpendiculares iguales à las primeras; y juntando sus extremidades con una linea curva, quedará descrito un quadrante de elipse, que se cortará en un papel separado; y luego se aplicará la TR sobre la ID, de suerte, que el punto T se ajuste sobre I, y la elipse cayga àzia la KL: notese en esta linea el punto en que fuere cortada por la elipse, y este serà el encuentro del arco con la boveda eliptica. Si el arco empezàre  
baxo



158 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.  
 baxo de la DF, se aplicaria la elipse à la OP en la forma  
 dicha. La razon de esta operacion es la misma que la que  
 se diò en las proposiciones antecedentes, que se hará patente  
 considerando, que todo el plano AKL se dobla sobre la  
 AE, poniendose perpendicular sobre ella. Las demás ope-  
 raciones se harán como las de la *prop.* 25.

PROP. XXX. Problema.

*Descrivir un arco rectamente inclinado, para una torre redonda,  
 y que encuentre con una media naranja.*

(*fig.* 39.)

Este arco es el mismo de la *propos.* 28. solo que por  
 suponerse en el caso presente, que la parte concava de  
 la torre forma una media naranja, en quien ha de terminar-  
 se el arco, han de ser en lo tocante à esta parte diferentes las  
 operaciones. Supuesto pues, que en quanto à la parte con-  
 vexa no hay diferencia, se observarán aqui en lo tocante à  
 ella las mismas reglas de la *prop.* 28.

Pero en quanto al termino del arco en la parte con-  
 cava de la torre, que es media naranja, se obrará en esta  
 forma. Descrivase la concavidad E4K, ò planta de la me-  
 dia naranja, dividida en sus partes, como en la *propos.* ci-  
 tada. Sea KO su semidiametro, y O su centro: tirese la  
 CEP paralela à la KO, tomando la KC igual al semidia-  
 metro del arco que se ha de describir; y tirando la OP  
 paralela à KC, quedará determinado el punto P. De las  
 divisiones hechas en la periferia E4K, tirense paralelas,  
 que dividirán la CE; y del punto P, como centro, se des-  
 crivirán arcos de circulo, que lleguen à cortar los lados  
 inclinados, cada uno à su correspondiente; y con esto que-  
 dará determinada la longitud de cada uno, y el punto en  
 que encuentra con la superficie concava de la media na-  
 ranja, suponiendo empieza ésta à mover del plano mismo  
 horizontal del circulo E4K.

La *demonstracion* es clara; porque es cierto, que si el  
 lado FG, guardando aquella misma inclinacion, se pone  
 en

en un plano vertical directamente sobre la KO, su correspondiente; y del punto O, como centro, se describiesse ázia arriba un arco, que cortaria à la FG en el mismo punto X, en que le corta el arco CX, descrito del punto P: y lo mismo digo de los demás lados inclinados, colocados en la forma dicha sobre las perpendiculares que les corresponden.

Si la media naranja no empezáre á subir del circulo E4K, si de otro inferior, se tomara en lugar de la PC otra linea, como por exemplo la 2. 2. distante de la PC, quanto el principio, ò planta de la media naranja está mas abaxo del circulo E4K, y haciendo centro en el punto 2. inferior, se harian las porciones de circulo como se hicieron en la PC.

## PROP. XXXI. Problema.

*Trazar un Arco esencialmente obliquo, è inclinado. (fig. 40.)*

**S**Upongamos, que este arco inclinado es porcion de un cilindro esencialmente obliquo: sea su cara, ò basa circular, ò rebaxado, ù de pies desiguales. El modo de trazarle, es el mismo en qualquiera de los referidos; y es como se figue.

*Operacion.* Sea la AB el diametro del arco, y AD su profundidad, y será el paralelogramo AC, su ignographia horizontal: tenga la AB todas las divisiones ordinarias del arco fundamental, que no he descrito sobre la AB, porque sería confundir la figura. Por estas divisiones tirense lineas obliquas paralelas á la AD, que serán la ignographia horizontal de las juntas de las piedras: tirele á parte la recta EO, igual al semidiametro vertical del arco fundamental, y con sus acostumbradas divisiones, á quien se añadirá en derechura la EA, igual á lo que el centro de la cara mas elevada del arco inclinado, y correspondiente sobre la AB, estuviere sobre el plano horizontal AC, para que baxando desde alli el exe del arco, venga á terminarse en el punto S de la DC.

De los puntos A. 1. 3. 2. &c. de la linea AB, tirense lineas ocultas, que sean perpendiculares al lado AD, pero que

que pasſen mas adelante , alargandolas desde la linea AD, ázia fuera, en esta forma. A la perpendicular AE, que proviene del punto A , se le dará la longitud AE , igual á la AE de la figura separada : á la perpendicular que procede del punto F, se le dará la longitud igual á la AO de dicha figura separada , contandola siempre desde la AD , y vendrá á terminar en el punto G : la perpendicular que viene del punto 5. tendrá la longitud desde la misma AD, igual á la AL , y así de las demás , cada una á sus correspondientes en dicha AO; y con esto se havrán notado los puntos de donde han de empezar los lados inclinados. Para notar los puntos en que han de terminarse los lados dichos, se tirarán de la misma manera perpendiculares , que salgan de los puntos de la DC; pero sus longitudes se han de tomar en la figura separada , no del punto A de la AO , como antes, si del punto E. Hecho esto , se juntarán con una linea recta cada dos puntos pertenecientes á un mismo lado , y se tendrán todos los inclinados : del punto H , en que la perpendicular BH corta á la AD , tirese la HK perpendicular á los lados inclinados , y se tendrá hecha la preparacion para las operaciones siguientes.

1 El arco recto se ha de formar sobre la linea BA, en esta forma. Las mismas perpendiculares que hay sobre la HB , y se terminavan en la AB , continúense dandoles su longitud igual á los segmentos de la HK , á cada una la de su correspondiente ; y así , la RS , se hará igual á la HK ; la TT , igual á la HT , por proceder el lado inclinado VT de la perpendicular que salió del punto 2. de la linea AF : así mismo , la XY se hará igual á la HX , por salir el XY del punto 2. de la FB. Y en esto se deve proceder con gran cuidado , para no tomar unas distancias por otras. Con esto se havrá formado por tranquilos el arco recto sobre la AB , que necessariamente será de pies desiguales , como se ve en la figura.

2 Hecho esto , se cortarán las plantillas. Las de los paramentos están yá trazadas en el arco fundamental para entrambas frentes : las de los lechos se cortarán en esta forma. Para el primer lecho A<sub>3</sub>. se buscarán los lados inclinados sus correspondientes , que son ED , y 8. y se

tirárase de la extremidad 8. una perpendicular à ED: tirese à parte, num. 1. la recta E3D, igual à la E3D inclinada: cortese la EO, igual à la distancia del punto E, hasta la perpendicular 8. Del punto O, salga la perpendicular O8. larga à discrecion; y tomando con el compàs la A3. del arco fundamental, se trasladará del punto E, hasta el punto 8. en que corta à la perpendicular O8. y tirando la línea 8. paralela à ED, è igual à la inclinada 8. quedará hecha la plantilla. Para el segundo lecho se tirará à parte, num. 2. la 6zz, igual à la 6zz inclinada, que es la correspondiente à esta junta; y tirando del punto V, de la inclinada, una perpendicular V9. se hará la 6. 9. de la plantilla, igual à la 6. 9. de la inclinada. Saquese del punto 9. la perpendicular, y con la distancia A3. del arco fundamental, se determinará el punto V de la plantilla desde el punto 6. y tirando la VTT perpendicular à la 9V, è igual à la VTT inclinada, quedará hecha la plantilla; y así se harán las demás.

3 Las plantillas para la parte concava, se harán de esta manera. Para la concavidad 3T del arco recto, se tirará à parte, num. 3. las 7T, igual à la subtensa 3T; y tirando las perpendiculares por sus extremidades, se cortaràn en ellas las 7. 8. TV, iguales à sus correspondientes en las inclinadas, y quedará hecha la plantilla; y si se huviere obrado bien, saldrà la 8V, igual à la subtensa del arco principal. No quiero cansar con la demonstracion, que sería prolixa; y mas constando la seguridad de estas operaciones, por otras no muy distintas, que se demostraron en las proposiciones antecedentes.

## PROP. XXXII. Problema.

*Formar el mismo Arco obliquo, è inclinado en un muro escarpado.*  
(fig. 41. y 40.)

**D**E dos maneras se puede formar este arco obliquo inclinado, en pared inclinada. La primera, suponiendo, que este arco obliquo inclinado procede de el arco fundamental, imaginado verticalmente levantado, y

Tomo V.

L

que

que continuandose, encuentra con la pared inclinada. La segunda es, suponiendo al arco fundamental, aplicado, ò formado en la misma pared inclinada; y en entrambos casos se hacen las mismas operaciones de la proposicion pasada, exceptuando las siguientes.

1 Si se supone el arco fundamental en situacion vertical, se obrará en esta forma. Sea en la *figura 41.* el angulo ABC, el de la inclinacion de la pared azia el horizonte: hagase el angulo BCD, igual al angulo ABH de la *fig. 40.* y tirese la BD perpendicular à la BC, y será el angulo BDC, igual al angulo HAB de la *fig. 40.* esto es, al complemento del angulo ABH. Cortese la EC, *figura 41.* igual à la CD, y tirando la EA, será el angulo CEA, el de la inclinacion de la pared, tomado segun las lineas obliquas AD, y sus paralelas en la *figura 40.* Hecha esta preparacion, se proseguirán las operaciones como se sigue.

Tengase presente la *figura 40.* en la qual es la AB el diametro del arco fundamental con sus divisiones acostumbradas, de las quales se tirarán perpendiculares ocultas à la recta AD, y tirada à parte en X la AO con las mismas divisiones de la proposicion pasada, se hará el angulo BAC, igual al angulo CEA de la *figura 41.* y por las divisiones de la AO, se tirarán lineas inclinadas, cuya inclinacion sea igual à la de todo el arco. De los puntos de la AD, *figura 40.* en lugar de las perpendiculares, que se tiraron en la proposicion pasada, se tirarán lineas, que con la AD, hagan angulo igual al angulo BAC de la *fig. 41.* en X, cuya longitud se tomarà, no de la AO, como en la proposicion antecedente, si de la AC; y se tendrán con esto los puntos en que empiezan, y acaban los lados inclinados para el muro escarpado.

Y porque en este caso la frente del arco no es perpendicular al horizonte, si inclinada, no se pueden tomar del arco fundamental las plantillas para los paramentos, si del arco formado en la pared inclinada; y así será menester trazar la frente de este arco, lo qual se hará como se sigue. Sobre la recta AB, *figura 40.* y sus divisiones,

nes, se levantaràn unas lineas, no perpendiculares, si inclinadas, por cuyas extremidades se describirà la periferia del arco; y para darles la inclinacion competente, se harà en la *fig. 41.* un triangulo de las tres lineas AB, AE, BD, que serà el triangulo ADB, en quien AD se harà igual à la AE, la DB à la otra DB, y la AB à la otra AB; y el angulo exterior ADH, serà el que han de formar en la *fig. 40.* con la AB las lineas que salieren de sus divisiones, cuya longitud se tomarà en X, no de la AO, como antes, si de la AC. Esto mismo que se ha hecho, suponiendo que la superficie inclinada de la pared, sea la que tiene por planta la AB, se haria sobre la DC, si esta superficie fuese inclinada.

2 Si para hacer esta delineacion se quisiere suponer el arco fundamental formado en la misma pared inclinada, se tirará la linea AO inclinada, como se ve en la *fig. 40.* en el triangulo AOL rectangulo en L; y de las divisiones de la AO, que son las mismas que tiene en COA, se tirarán perpendiculares à la basa AL: luego se pasará à la *fig. 40.* y de las divisiones de la AB se tirarán perpendiculares iguales à los segmentos de la basa AL sus correspondientes, empezando siempre del punto A, esto es, la perpendicular del punto F, serà la F12. igual à toda la AL; las de los puntos 4. y 4. seràn 4. 10. y 4. 13. iguales al segundo segmento de la basa, y así de las demás; y las extremidades de estas perpendiculares seràn la ignographia de los puntos del arco fundamental inclinado, que son 10. 12. 13. &c. de los quales se tirarán perpendiculares ocultas à la AD; y de los cortes que en esta hicieren, se tirarán otras perpendiculares à los lados inclinados, cuyas longitudes se tomaràn en el triangulo AOL, no de la AO, como antes, si de las perpendiculares, que baxan de las divisiones de la AO, à la basa AL; y con esto quedaràn determinadas las longitudes de los lados inclinados, como en otras ocasiones. Si la inclinacion de la pared estuviere en la superficie correspondiente à la CD, las dichas perpendiculares se echarian àzia aquella parte à donde va la inclinacion de

PROP. XXXIII. Problema.

*Formar un Arco esencialmente obliquo, è inclinado, que se termina en una, ò en dos bovedas, ò en una media naranja.*

1 **D**E lo dicho en la *prop.* 29. del encuentro de un arco rectamente inclinado con un cañon de boveda, se colige el modo de trazar, y formar un arco esencialmente obliquo, è inclinado, que encuentre con el cañon de boveda sobredicho: porque la practica es la misma, que la de la proposicion citada. Solo que las operaciones con que se describen en la *fig.* 38. los arcos de circulo, ò de elipse, segun lo pide la naturaleza de la boveda, así como alli se hacen sobre la AE, se han de hacer en el presente caso sobre la AK, *fig.* 40.

2 Si el arco sobredicho encontrare con dos bovedas, teniendo la una frente en la una, y la otra frente en la otra, se harian las mismas operaciones sobredichas à entrambas partes. Y si el encuentro fuere con una media naranja, se aplicarian aqui las mismas reglas, que para semejante caso se dieron en la *prop.* 30. No repito las operaciones, por no ser prolixo en cosa que en los lugares citados queda bastantemente explicada.

CAPITULO III.

*DE LOS ARCOS DIVARICADOS, QUE LLAMAN ABOCINADOS, y de los Capialzados.*

**A**Rcos *divaricados*, ò *abocinados*, se llaman aquellos, cuyas dos frentes son semejantes, pero desiguales. Los arcos *capialzados* son aquellos, cuyas dos frentes, anterior, è interior, son desemejantes: como si una frente guardare el medio punto, y la otra fuere efcarzana, ò rebaxada; ò la una observare qualquier ge-

genero de Montea , y la otra fueſſe rebaxada à linea recta, ò à nivèl, de ſuerte, que, por exemplo, fuere el arco eſcarzano, ſegun una frente; y ſegun la otra, fuere arco à nivèl, ò adintelado. Los abocinados ſon propiamente porciones de piramide conica ; y aunque por eſta cauſa parece pertenecian al libro 3. donde trato de las bovedas conicas; pero por no neceſſitar dichos arcos de lo que alli ſe ha de decir , y para que en eſte lugar queden explicadas todas las eſpecies de arcos , he juzgado poner aqui ſu explicacion.

Conviene tambien advertir, que los arcos abocinados pueden ſer *rectos*, por ſer cortes de piramide conica recta ; y pueden ſer *obliquos*, por ſer cortes de piramide conica obliqua ; y juntamente pueden ſer *inclinados*, ò carecer de inclinacion, ſegun fuere ſu exe, ò paralelo, ò inclinado al horizonte : y tanto los *abocinados*, como los *capialzados*, pueden eſtår en paredes planas, aſi verticales, como eſcarpadas ; pueden formarſe en torres redondas ; y ultimamente pueden ſer de qualquiera eſpecie de arcos, que en otras partes quedan referidos : explicarè ſolamente los mas principales , porque entendidos èſtos, lo ſeràn tambien los demàs.

PROP. XXXIV. Problema.

*Formar un Arco abocinado recto en una pared vertical, y recta. (fig.42.)*

**S**E ha de fabricar un arco abocinado , cuyo diametro para la frente mayor ha de ſer AB , y el de la frente menor ha de ſer CD : ſea tambien EF lo gordo de la pared , ò profundidad del arco. *Operacion.* Deſcrivafe ſobre AB el arco fundamental con ſus divisiones , y perpendiculos acostumbrados ; y aſimifmo deſcrivafe ſobre CD, en la miſma forma, dicho arco fundamental , y quedaràn entrambos diametros divididos en ſus puntos, como otras veces : de las divisiones de la AB, à ſus correfpondientes en la CD , tirenſe lineas , y èſtas ſeràn la ignographia horizontal de las juntas inclinadas de las piedras



166 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

dras del abocinado ; las quales juntas inclinadas todas serán iguales à la 3. 3. ò à la AC, así por la parte concava, como por la convexa del arco ; y esto basta para trazar, y cortar las plantillas , como se figue.

1 La del lecho primero, que es horizontal, sirve para todos los lechos, y es el rhomboide AC33. ò su igual MGHN.

2 Las plantillas para los paramentos estan ya trazadas en las mismas frentes de los arcos fundamentales.

3 Para formar las plantillas de las concavidades, se tomarà el radio F3. y con èl, desde el centro E, se hará el arco PS; y tomando la distancia 3H, se pasará de P hasta Q, y se tirará la subtensa PQ algo prolongada : à ésta se tirará del punto G la perpendicular GR : luego se tirará à parte la PQ, y en derechura se le añadirá la QR à entrambos cabos : de los puntos R, R, se levantarán perpendiculares largas à diñcrecion ; y tomando con el compàs la linea 3. 3. se cortarán con esta distancia las perpendiculares, poniendo el un pie del compàs en los puntos P, y Q, tirando las rectas P3. QG, el trapecio PG será la plantilla de la concavidad, à la qual son iguales las de las otras.

4 Los angulos de los paramentos mayores, y menores, con la superficie concava, se hallan en la plantilla, que se formò à parte para los lechos ; esto es, el del paramento mayor, con la concavidad, es el angulo G de dicha plantilla ; y el del paramento menor, es el angulo H. El angulo de los lechos, con la concavidad, en la frente mayor, es el angulo mixtilineo MG3. y en la menor, es el angulo NH3. Y segun éstos, se cortarán dos reglas cerchas, ò baiveles ; y trabajando segun ellos los dos cabos de la piedra, se trabajará toda la concavidad con sola la vara, ò regla recta, como saben los Canteros.

PROP.

## PROP. XXXV. Problema.

*Formar un Arco recto abocinado en una Torre redonda.*

(fig. 43.)

Sea la porcion de circulo DEF, la convexidad de la torre, y la porcion ABC su concavidad, y el trapecio GHK<sub>3</sub>. la ignographia de la parte concava del arco, como si huviesse de estar en superficie plana, y será GH el diametro interior, y menor de la luz del arco, y 3K el diametro exterior, y mayor. Descrivanse sobre los dichos diametros dos semicirculos, que serán las dobelas concavas de los dos arcos fundamentales; y à competente distancia desde los mismos centros se descriviràn las convexas. Dividanse entrambos en la forma acostumbrada, y tirense los perpendiculos, y se tendrán las divisiones fundamentales en entrambos diametros, y ultimamente se uniràn las correspondientes con lineas rectas, como se hizo en la proposicion passada, las cuales se extenderàn hasta la convexidad DEF; y estas lineas serán los vestigios horizontales de las juntas de las piedras.

Hecho esto, se buscaràn en primer lugar las longitudes inclinadas, y verdaderas de los lados, ò juntas, así de la parte concava de las piedras, como de la convexa, en esta forma. Para la junta que passa del punto 9. del arco mayor, al punto 9. del menor, se tirará à parte, num. 1. la QM, igual à la horizontal QM de la figura principal, en quien se cortaràn los segmentos QP, SM, iguales à sus correspondientes: levantense aora de los puntos M, y P, perpendiculares iguales à las que de dichos puntos talen en la figura principal, à quienes de los puntos S, y Q, se tirarán paralelas à discrecion; y tirando la 9S por los puntos P, S, será la inclinada 9S, la verdadera longitud del lado sobredicho, ò junta de la parte concava. La razon es, porque si se imagina la figura 9QSS, levantada verticalmente sobre la QS de la figura principal, el punto 9. vendrá à estar en la periferia concava del arco mayor, y en la

la superficie convexa de la torre; y el punto S, en la periferia concava del arco menor, y en la superficie concava de la torre; y por consiguiente, la linea  $9S$ , que una dichos puntos será el lado, ò junta inclinada sobredicha. Obrese en las demás de la misma fuerte, tomando para cada una la horizontal que le corresponde, y se havrán hallado las longitudes de las juntas inclinadas, así de la parte concava, como de la convexa del arco: la del num. 1. es la primera de la parte concava: la del num. 2. es su convexa: la del num. 3. es la segunda en la parte concava; y la del num. 4. es su correspondiente en la convexa.

Del centro  $O$ , del circulo mayor, con el intervalo igual al circulo menor, hagase el arco  $LZ$ , dividido con las mismas divisiones; y tirese la  $L8$ . subtensa de la primera division, y prolongandola algo mas: del punto  $9$ . se tirará la  $9. 7$ . perpendicular à la  $L7$ . como se hizo en la proposicion pasada. Hecho esto, se cortaràn las plantillas en la forma siguiente.

1 Para cortar las plantillas de entrambas frentes, se extenderà primeramente la curva  $DEF$  en linea recta con sus mismas divisiones; de las cuales se levantaràn perpendiculares iguales à las que se hallaron à parte, tomando para cada punto aquella que le corresponde, como la perpendicular 1. 1. para el punto 1. la  $XX$  para el punto  $V$ , &c. y por ellos se describirà la periferia convexa de la frente mayor: luego se tomarà la  $P, P$ , para el punto  $P$ ; y la 5. 5. para el punto 5. y por sus cabos se describirà la periferia concava, y quedará descrita por tranquilos la frente mayor del arco para la parte convexa de la torre, pero en plano. Asimismo se extenderà en linea recta la curva  $ABC$  con sus puntos, y de ellos se levantaràn perpendiculares iguales à sus correspondientes; es à saber, la del punto 4. igual à la 4. 4. menor. La del punto  $T$ , igual à la  $TT$ ; y por sus extremidades se describirà la periferia convexa del circulo menor. Asimismo, sobre el punto  $S$ , se hará la perpendicular igual à la  $S, S$ : y la del punto  $z$ , se hará igual à la  $z, z$ ; y tirando por las extremidades una periferia, será la concava del circulo menor;

y

y en este se hallarán formadas las plantillas para los paramentos del arco en la parte concava de la torre; y en el primero, las del mismo arco en la parte exterior, y convexa; las cuales se cortarán en materia flexible para que se puedan adaptar à las superficies curvas de la torre. No he descrito estas frentes, por no ser menester mas explicacion para su inteligencia.

2 Las plantillas para los lechos se hacen como se sigue: La del primer lecho por ser horizontal, es el mismo trapecio AG<sub>3</sub>D.

Para formar la del segundo lecho, se tirará à parte la recta OM, (*lamina 12. fig. 43.*) igual à la línea 9. 8. de quien se cortará la 3M, igual à la junta 1. 9. levántese la perpendicular OP, larga à discrecion; y tomando del num. 1. la inclinada MP, con el compás se ajustará en la figura que se describe, desde M à la perpendicular; y perficióñese el paralelogramo M4. cortese aqui del lado MP, el segmento MS, igual al MS de la inclinada en el num. 1. y al otro cabo añádale PQ, igual al segmento P9. hagase el otro lado 4. 3. 2. igual al lado 4. 1. 4. del num. 2. con sus mismas divisiones; y tirando las curvas 3Q, 2S, quedará hecha la plantilla, que es el plano 2. 3QS.

Para la del tercero lecho se tirará à parte la línea 6Y igual à la 9. 8. de la figura mayor: levántese la perpendicular 6O, larga à discrecion, à quien se aplicará del punto Y la YO, igual à la inclinada Y5. num. 3. y perficióñese el paralelogramo YOV6. Añádale la O3. igual à la inclinada 5X del num. 3. y la VX, igual à la inclinada VX del num. 4. cortese asimismo la YZ, igual à la inclinada YZ del num. 3. y la 6T, igual à la RT del num. 4. tireñse algo curvas las líneas X3. TZ, segun fuere la curvidad de la torre, y la Z3XT, será la plantilla.

3 Las plantillas para las concavidades se hacen de esta manera: Tirese à parte la línea GM7. igual à la cuerda prolongada L87. del arco menor, que se hizo concéntrico al mayor. Tómense las G7.M7. iguales à la 8. 7. y en los puntos 7. y 7. levántense perpendiculares ocultas, à quienes se aplicará desde G la G3. igual à la G3. de la fi-

figura mayor; y desde M, la MP, igual à la inclinada MP, del num. 1. Añadase al lado MP, el residuo P9. de la inclinada del num. 1. y quitefele MS, igual al segmento MS de la dicha inclinada; y tirando las curvas 39. GS, segun lo convexo, y concavo de la torre, la figura 3GS9. terà la plantilla de la primera concavidad.

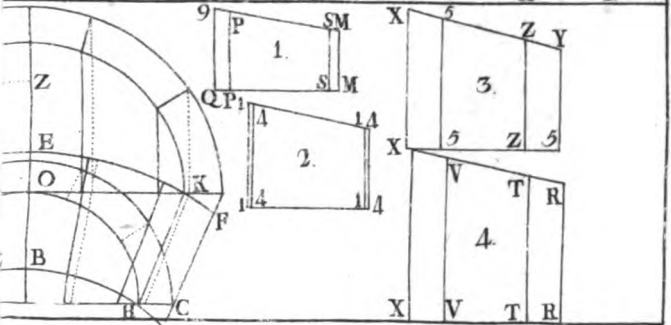
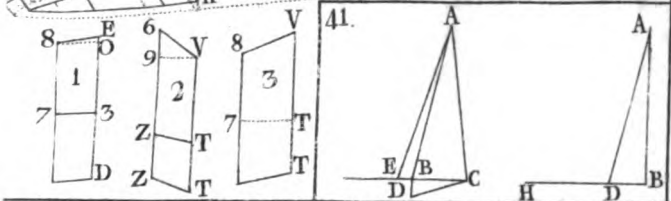
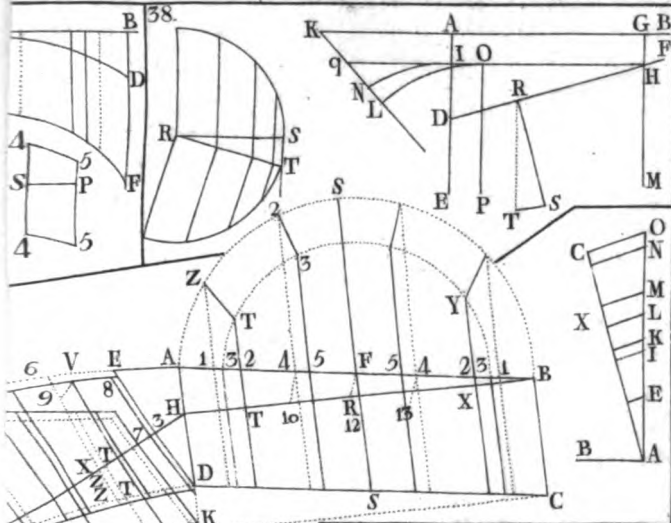
Para la segunda repitase à parte la MY, igual à la misma cuerda L8. y añadansele à cada parte las M7. Y7. iguales à la 8. 7. de la figura mayor: de los puntos 7. 7. levantense perpendiculares ocultas, à quienes se aplicarán del punto M, el lado inclinado MP del num. 1. à quien se añadirà, como antes, el segmento P9. y se le quitarà el MS de la misma inclinada; y del punto Y se aplicará el lado inclinado Y5. de la fig. num. 3. à quien se añadirà 5O, igual à 5X, y se quitarà YZ, igual al del num. 3. y tirando las curvas 9O, SZ, la figura S9OZ, serà la plantilla de la concavidad segunda.

Para la de la clave, se tirará à parte la linea Y, Y, igual à la misma cuerda L8. ( por suponerse todas iguales ) añadanse à cada parte las Y7. iguales à la 8. 7. de la cuerda prolongada en la figura mayor: levantense las perpendiculares ocultas de los puntos 7. à quienes se aplicará desde los puntos Y, Y, el lado inclinado Y5. num. 3. por tener la clave los dos lados iguales; y añadiendo à entrambos el segmento 5O, y quitando el YZ, iguales à los segmentos de la misma inclinada del numero 3. se tirarán las curvas OO, ZZ, y quedarà formada la plantilla para la clave.

Todas estas operaciones se fundan en lo mismo que la de la proposicion antecedente, pues son las mismas; solo se añaden, ò quitan los segmentos que pide la convexidad, y concavidad de la torre.

## COROLARIOS.

I **D**E lo dicho en esta proposicion, se colige bastantemente el modo de hacer, y trazar semejantes arcos en una torre escarpada, haciendo à parte la figura para la disminucion, como en la proposicion 32.



H Ricarte sculp.



2 Coligese tambien el modo de trazar dichos arcos, de suerte, que entren obliquamente en una torre redonda; ò en una pared que les corte obliquamente, sean, ò no sean paralelas sus superficies.

3 Puede tambien este arco encontrar con un cañon de boveda, ò con una media naranja: y puede asimismo formarse en dos paredes, que formen angulo. Todo lo qual hará facilmente el Architecto que huviere hecho comprehension de la practica de las dos Proposiciones passadas; valiendose tambien de lo que en otras se dixo tocante à los arcos cilindricos, que llevan consigo las circunstancias sobredichas: y asi omito la explicacion de todos estos casos en particular, porque seria una prolixidad enjadosa; y solo añado las dos Proposiciones siguientes de los abocinados, que llevan obliquidad, è inclinacion.

## PROP. XXXVI. Problema.

*Trazar un arco Abocinado, è inclinado en una pared obliqua.*  
(fig. 44.)

LA idèa de este arco es la siguiente: Imaginèse un arco, que tenga la una frente mayor que la otra, y entrambas paralelas; pero que la linea que passa del centro de la una frente al de la otra, sea inclinada, y que no decline à uno, ni à otro lado; pero la pared sea obliqua al exe del arco, esto es, le corte obliquamente

Sea en el num. 1. (fig. 44.) la CA la distancia del plano de la una frente al plano de la otra; sea el exe inclinado, ò linea que une entrambos centros, la BA; y tiretè la perpendicular BC, que es lo que està mas alto el centro de la frente mayor, que el de la frente menor: conque el puuto C es el punto del plano de la frente mayor, à que corresponde perpendicularmente el centro A de la menor.

Tirese en la figura principal la DE, diametro de la frente mayor, cuyo centro ferà B: y tirando la perpendicular BC, igual à la otra BC del num. 1. ferà el punto C el que directamente corresponde al centro de la frente menor, cuyo diametro ferà FG. Descrivanse pues los dos

fe-



femicirculares, ò frentes, la mayor del centro B, y la menor del punto C. Dividanse en sus piedras, y de las juntas desciendan los perpendiculos à sus diámetros DE, FG, que quedaràn divididos, como se acostumbra. Repitante à parte los mismos diámetros DE, FG, con sus mismas divisiones, y dilten entre sí tanto, quanto distan los planos de las frentes sobredichas, haciendo la perpendicular CA igual à la CA del *num.* 1. Y tirando líneas de cada division de DE à su correspondiente en FG, quedará formada la ignographia horizontal de los lados, ò juntas de las piedras. Últimamente, sea IEHF la planta de la pared obliqua, que corta obliquamente el arco; y las líneas comprehendidas entre las IE, FH, serán los vestigios horizontales de los lados. Aora se buscaràn los lados inclinados, y los perpendiculos que suben de cada punto de las líneas obliquas IE, FH, à las juntas de las frentes, en esta forma.

• Tirese à parte, *num.* 2. y 3. las líneas NN, OO, y las demás, haciéndolas iguales à las ignographias sus correspondientes en la figura FE. Cortense en ellas las NZ, NX; OZ, OX, iguales tambien à sus correspondientes: de las extremidades de dichas líneas levanten se perpendiculares, la una igual al perpendiculo del arco menor su correspondiente, y la otra al perpendiculo del arco mayor su correspondiente, pero continuado hasta la línea FG en la figura de los arcos: por las extremidades de estas perpendiculares tirese una línea, y levantando otras perpendiculares de los puntos Z, y X, estas últimas serán las propias de los puntos X, Z, de las líneas obliquas IE, FH, y la línea inclinada comprehendida entre estas perpendiculares, será la longitud verdadera de la junta, ò lado inclinado que se busca.

En esta misma forma se hallarán todos los perpendiculos, y lados inclinados: solo hay especial dificultad en hallar los perpendiculos, è inclinada correspondientes à la DF. En el punto F no hay perpendiculo, por carecer de él el arco menor en dicho punto; pero el punto D, le tiene, por estar levantado el arco mayor en correspon-

den-

dencia de dicho punto, tanto, quanto es la BC del *num.* 1. Hagase pues la DK perpendicular à la DF, è igual à la sobredicha BC: tirese la KF, y del punto I faquese la IL paralela à la DK; y la IL ferà el perpendicular propio del punto I de la pared obliqua, y la LF ferà la inclinada, ò longitud verdadera de dicha junta, perteneciente à la parte convexa del arco: y lo mismo se harà en la SS, y se hallarà su perpendicular QL, y su inclinada LS. Hecho esto, se cortarán las plantillas, como se figue.

1 Las plantillas para los paramentos se haràn assi. Sobre las divisiones de la linea obliqua IE, puesta à parte, se levantaràn perpendiculos, haciendoles iguales cada uno à su correspondiente en las figuras del *num.* 2. 3. &c. y por sus extremidades se passará una linea curva, que formarà un arco algo torcido, donde saldràn formadas las plantillas para los paramentos de la frente correspondiente à la IE; advirtiendò, que en el punto E ha de ser el perpendicular igual à la linea BC. Elto mismo se harà sobre la FH, en cuyo punto F no hay perpendicular alguno.

2 Para cortar las plantillas para los lechos, es menester, que de los puntos X, y 7. de las juntas del arco mayor se tiren las perpendiculares XY, 7. 6. à las juntas del menor prolongadas; y lo mismo se ha de suponer hecho en las otras. Hecho esto,

La plantilla para el primer lecho se harà tirando à parte en el *num.* 4. la linea VF<sup>2</sup>. igual à la junta 2FV del arco menor prolongada; y porque la perpendicular, que sale del punto 8. baxa al punto F, en la figura de los circulos, se tomarà en el *num.* 4. la VF, igual à la sobredicha VF: y del punto F se levantará la perpendicular FS, à quien desde el punto 2. se aplicará la 2S, igual à la inclinada SS, que es la mayor de las dos que se hallan en la figura FE, y perficionese el paralelogramo. Y para proceder con mayor exaccion: porque la perpendicular que baxa del punto D, viene al punto V, en la figura mayor, levantese en la del *num.* 4. la perpendicular del punto V, y desde F ajústese la FK, igual à la inclinada FK de la

fi-

## 174 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

figura mayor, y será F2SK plantilla del lecho, que se terminaria en los arcos paralelos. Para tener pues la plantilla que se pretende, se cortarán de la 2S, la 2O: y la SL iguales à las porciones de la inclinada SS. Y asimismo, de la FK se cortará la KL, igual à la KL de la inclinada FK: y será LO la plantilla que se desea.

Para cortar la del segundo lecho, se tirará à parte, *num.* 5. la linea 2. 3. YY, igual à la 2. 3. YY de la figura mayor; y porque en dicha figura caen las perpendiculares en los puntos YY, se levantarán de dichos puntos en la del *num.* 5. las perpendiculares YP, YO, largas à discrecion, à quienes se ajustarán los lados inclinados PP, OO, tomándoles de las figuras del *num.* 2. y 3. esto es, ajustaráse la PP, desde el punto 3. y la OO desde el punto 2. y notando las mismas divisiones, que llevan dichas inclinadas, se tirarán lineas de la una division à la otra, que acortarán la figura 3O, lo que es menester, para que quede formada la plantilla. La del lecho tercero se trazará tirando, como en el *num.* 6. la linea 4. 4. 6. 6. tomada como está en la figura mayor; y porque en ésta caen las perpendiculares en los puntos 6. 6. se levantarán de estos mismos las perpendiculares en la del *num.* 6. à quienes se ajustarán las lineas 4N, 4M, iguales à los lados inclinados que corresponden à los horizontales MM, NN, à quienes se trasladarán los segmentos, por los quales se cortará la plantilla, como se hizo en las antecedentes.

3 Las plantillas para las concavidades se cortarán así: Para la primera, que es 2. 2. se tirarán de los puntos 8. y x del arco mayor, las dos perpendiculares 8. 9. xz à la cuerda 2. 2. del arco menor prolongada: trasladese à parte en el *num.* 7. esta cuerda con sus divisiones 2. 9. 2. z, y de los puntos 9. z levanten se perpendiculares, à que se adaptarán las lineas 2S, 2O, iguales al lado inclinado SS, y al inclinado correspondiente à la linea OO: traslادense tambien las divisiones que llevan los sobredichos lados, como antes se hizo, y por dichas divisiones tirando lineas, se cortará la plantilla ajustada à la concavidad primera contenida entre las superficies de la pared obliqua.

Para

Para la de la segunda concavidad se tirarán à la subten-  
 fa 2. 4. del arco menor prolongada las perpendiculares x6.  
 7. 5. de los puntos x 7. del arco mayor: luego se tirará  
 à parte una línea igual à la 2. 6. 4. 5. y levantando perpen-  
 diculares de los puntos 6. y 5. y aplicando como antes los  
 lados inclinados correspondientes à las líneas OO, MM con  
 sus divisiones, quedará trazada la plantilla, que no se ha  
 descrito en la figura.

*Las mismas plantillas de la una parte sirven para la otra,  
 solo con que se inviertan. No me alargo à demostrar estas opera-  
 ciones, singularmente constando bastantemente su fundamento  
 de lo dicho en otras antecedentes.*

## COROLARIO.

**D**E aqui se colige el modo de trazar un arco abocinado in-  
 clinado en una pared, que le corte directamente sin obli-  
 quidad, pues si bien se repara en las operaciones sobredichas, pri-  
 mero se han hecho las que son menester para dicho arco en pared  
 directa; y despues se fue cortando lo que se necesita, para que las  
 plantillas se ajusten al arco que se ha de executar en pared obli-  
 qua. Procurese entender bien esta practica, porque es muy uni-  
 versal, y con ella se podrán formar muchos de los arcos que se han  
 explicado hasta aora; y sirve mucho para lo que se ha de tratar en  
 el Libro siguiente,

## PROP. XXXVII. Problema.

*Trazar un Arco abocinado inclinado, y obliquo. (fig. 45.)*

**I**Maginen se dos frentes de arco semicircular paralelas  
 entre si; pero la una mayor que la otra; y la una en  
 lugar mas alto que la otra; y juntamente, que estè la una  
 àzia el un lado, y la otra àzia el otro; y sean sus diametros  
 AB, y CD, y en el triangulo del num. 1. sea el angulo F  
 la inclinacion del arco: esto es, el diametro del circulo  
 mayor estè mas alto que el del menor, quanto es la línea  
 EG en dicho triangulo. Esto supuesto, tirese en la figura  
 de los circulos, del centro F del menor la línea FH, igual

à la línea EG del triangulo, y perpendicular à la AB: tirese à parte la AB, igual à la AB de los circulos: cortese en ella la BH, igual à la otra BH; y del punto H, baxe la perpendicular HF, que serà la distancia de la una frente à la otra, y tirando una paralela por el punto F, se cortarán allí las FD, FC, iguales à las de arriba; y cortando también la HA, igual à la HA de arriba, y la HE, igual à la HE, se tirarán las líneas AC, EF, BD; y poniendo las divisiones ordinarias en las AB, CD, se tirarán las líneas de unas à otras, y quedará formada la ignographia horizontal del arco. Suponganse también tirados los perpendiculares de las divisiones del arco mayor, de fuerte, que pasen hasta las del menor prolongado; y con esto se podrán hallar los lados inclinados de la misma fuerte, que en la proposicion antecedente.

Por exemplo, el lado inclinado que corresponde à la línea ignographica AC, se hallará tirando à parte, en el triangulo, *num.* 2. la misma AC; y del punto A, se levantará la perpendicular Aa, igual à la línea Aa, que en la figura de los circulos es la distancia del plano horizontal, en quien se halla el diametro CD, del otro plano horizontal en que se halla el diametro AB: en el punto C, del triangulo, no es menester levantar perpendicular alguna, si que tirando la aC, será ésta el lado inclinado, que junta los puntos C, y A. Asimismo se hallarán los demás, porque tirando à parte la línea ignographica NK, y levantando del punto K una igual à la dicha Aa, sin levantar ninguna del punto N, la hipotenusa de este triangulo, sería el lado inclinado correspondiente à la NK. Respetto de la IM, que pertenece à la superficie convexa del arco, se tiraría à parte la ID; y del punto M, se levantaria la perpendicular igual al perpendiculo MS; y del punto I, otra perpendicular igual al perpendiculo IL; y así de los demás, tomando siempre los perpendiculos del circulo mayor desde la línea aD.

Las plantillas para entrambas frentes se hallan ya en los arcos fundamentales. Las de los lechos se cortarán de la misma fuerte, tirando, como en la propos. pasada, perpendiculares de las juntas de la frente del arco mayor,

à las juntas del menor prolongadas , como se ve en ST ; y asimismo las plantillas para las concavidades se harán tirando perpendiculares de los extremos de las cuerdas del arco mayor , à las cuerdas del menor prolongadas , como se ve en la VX perpendicular à la NX. En lo demás se procederà como en la proposicion antecedente , y así no multiplico las figuras.

## COROLARIO.

**D**E lo dicho se colige , que con igual facilidad se trazaria el arco , caso que entrambas frentes fueren iguales , ò la inferior mayor que la superior ; ò caso que entrambos fueren rebaxados, ò el uno de medio punto , y el otro rebaxado, ò entrambos de pies desiguales : y por consiguiente, es esta regla muy general , y aprovecha para trazar los capialzados , como se verá en las proposiciones siguientes.

## PROP. XXXVIII. Problema.

*Trazar un Arco capialzado , que por una frente sea de medio punto, y por la otra escarzano. (fig. 46.)*

**S**uelen fabricar los arcos capialzados en las puertas , y ventanas , para que mediante sus derramos se puedan abrir mas francamente, y admitan mayor copia de luz. Sea pues ADEFGC la planta horizontal del arco capialzado que se ha de fabricar , en la qual , AC es el diametro menor del arco , que por esta parte interior ha de ser de medio punto ; y EF sea el diametro mayor del mismo arco , que por esta parte exterior ha de ser escarzano: sean AD , y CG la profundidad seguida del arco de medio punto; y hechos los recodos en D , y G , para el descanso, y firmeza de las puertas, sean DE , y GF, sus derramos. Esto supuelto, descrivase sobre el diametro AC, el arco de medio punto , y cortese la CH, igual à GF : del punto H levantese la perpendicular HB ; y del punto F, su paralela FK ; y del punto B, la BK, paralela à la AC: tirese del punto E la EL, paralela, è igual à FK : por los puntos L, y K, tirese el arco escarzano KIL , dandole la monteja que se

Tomo V.

M

qui-

quisiere, y quedará formado quanto es menester para cortar las plantillas, como se sigue.

Por ser este arco recto, y todos sus angulos, exceptando los que resultan del derramo, son rectos, bastará formar para su fabrica solamente las plantillas de los lechos. La primera, que es horizontal, es PCGF. La del segundo lecho MN, se formará así: Tirese à parte en el num. 1. la DC, à discrecion, de quien se sacará la perpendicular DF, igual à la CG de la figura principal; y la FE, igual al recodo: del punto E, saquese la perpendicular EM, igual à SF; y del punto M, la perpendicular MN, igual à la junta MN de la figura principal; y tirando la EN, quedará formada la plantilla, que es DFECN: la MN se podrá estender hasta O, para formar allí el paramento segun se quisiere, y será la DO toda la plantilla. La del tercer lecho, que se pinta en el num.2. se formará de la misma suerte, tomando allí la QR, igual à la QR de la figura principal.

*Segun lo que aqui hemos obrado, los lados de los lechos, è juntas son lineas rectas; pero regularmente suelen hacerse algo curvas, y parecen mejor à la vista, à lo qual llaman algunos capitalzado à lo pechina. El modo de formarle se dirà en la proposicion 40.*

PROP. XXXIX. Problema.

*Formar un Arco, que por una frente sea à nivel, è adintelado, y por la otra capitalzado. (fig.47.)*

Suelenfe muy frequentemente hacer estos arcos sobre puertas, y ventanas quadradas: por lo qual son por una parte escarzano, ù de otro genero, y por la otra se rebaxan à nivèl, formando la linea recta, que viene à cerrar, y terminar por arriba lo claro de la puerta, è ventana. Sea pues en la fig. 47. la ignographia, ò planta de la puerta ABCDEF, en laqual, BD es la planta que rectamente forman los postes; AB, y EF, son los derramos; y B, E, los recodos para los exes, y asiento, y batedor de las puertas: pidefe, que sobre AF, se describa un arco, por exemplo, escarzano (podia ser de medio punto, ù de cordel,

del, &c.) el qual ha de profundarse hasta la CD, de fuerte, que en BE sea ya linea recta.

*Operacion.* Descrivase sobre AF el arco escarzano AKF: (*prop.* 2.) distribuyase en sus partes, de quienes se tirarán los perpendiculos acostumbrados, continuandoles por toda la planta hasta la CD: continúense con lineas ocultas las CB, y DE hasta G, y H, y será GH igual à BE. Hecho esto, cortese en la AF desde el punto I la IX igual à la IK; y la IZ, igual à la LL; y del punto M tirese las MZ, MX, y estos serán los lados inclinados, ò las juntas. De esta planta se facarán las plantillas, como se sigue.

1 Las de la frente escarzana se ven ya formadas en el mismo arco AKF. Las de la frente rebaxada à nivel, se hallan tambien trazadas con solo continuar las juntas hasta la linea GH, que es igual à BE, y se supone por ella misma.

2 Las plantillas para los lechos se cortaràn así: La del primer lecho, si el arco mueve de plano horizontal, es el rectilineo ABCN; pero si mueve de salmer, que es lo que hace mejor vista, se tirará en la figura mayor la Aq perpendicular à NB: Tirese à parte num. 1. la EB indefinida, y cortese en ella la qB, igual à la qB de la mayor. Del punto q levántese la perpendicular qA indefinida: tomese con el compàs la BA; y desde B, num. 1. señálese el punto A: tirese la AR, igual à la junta AR del arco, y paralela à BE; y hecho el recodo B, igual à su correspondiente, como tambien la BC, à la BC, se tirará la CD, paralela à BE; y la RD, paralela à AS; y quedará hecha la plantilla.

La del segundo lecho se hará en esta forma: Tirese en la figura mayor la LO, paralela à la junta LS; y del punto L de la dobla AKF, tirese la LO perpendicular à la dicha paralela. Repítase à parte en el num. 2. la LO, que es paralela à la junta; y del punto O levántese la perpendicular OM indefinida: tomese con el compàs la inclinada MZ, y desde L, num. 2. señálese en la perpendicular el punto M: tirese la MS paralela à LO, igual à la junta LS; y tirando la ST paralela, è igual à la OM,

M 2

se



se continuará la LO hasta T ; y añadiendo el recodo , y el paralelogramo BT , como en la antecedente , quedará trazada la plantilla. Para la del tercer lecho se tomará la IP en lugar de la LO ; y en lugar de la inclinada MZ , se tomará la MX , y se obrará de la misma manera.

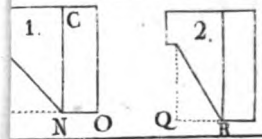
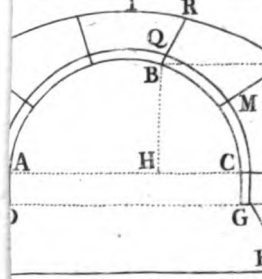
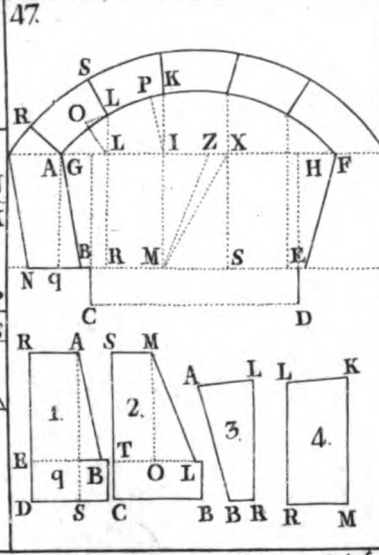
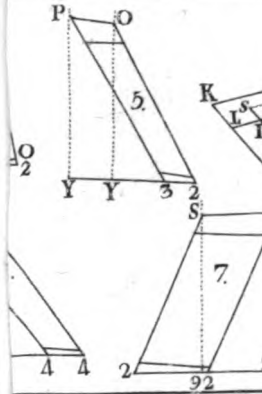
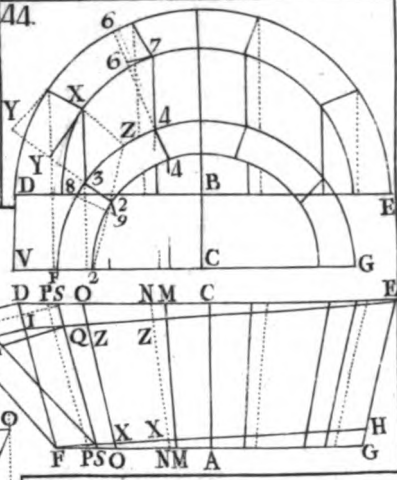
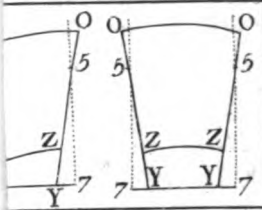
3 Las plantillas para las concavidades se cortarán como se figue. Para la primera AL , se tirará à parte, num. 3. la BR, igual à la otra BR : levantese la perpendicular KL , igual al lado inclinado MZ : hagase el angulo ABR igual al otro angulo ABR , y sea la AB igual à la otra AB en la figura principal ; y tirando la AL , quedará formada la plantilla ; y si se huviere obrado bien, la AL de la plantilla, será igual à la cuerda AL del arco. Para la segunda concavidad LK , se hará en el num. 4. la RM igual à la otra RM : levantese la perpendicular MK , igual al lado inclinado MX : levantese tambien la perpendicular RL , igual al lado inclinado MZ ; y tirando la LK , será igual, si se huviere obrado bien, à la cuerda LK del arco , y quedará trazada la plantilla. La de la clave se hará tirando à parte la MS , igual à la MS , y se sacaràn de sus extremidades las perpendiculares, entrambas iguales al lado inclinado MX , y cerrando el paralelogramo, quedará hecha la plantilla. A estas plantillas de las concavidades se añadiràn , si pareciere , los rectangulos , que son las plantillas de lo correspondiente à cada una en el plano BD , donde se rebaxa el arco à nivel. Omito la demonstracion de estas prácticas , por consistir mas en la fuerza de la imaginacion , que en Theoremas Geometricos , y ser la demonstracion de poca utilidad.

#### PROP. XL. Problema.

*Trazar un Arco, que por una frente sea à nivel , y por la otra capialzado à lo pechina. (fig. 48.)*

**E**sta especie de capialzado es mas garbosa , y por imitar en algun modo à una concha, le suelen llamar *à lo pechina* : se diferencia de los antecedentes , en que las juntas , ò lados inclinados no son lineas rectas, si algo

cur-



H Ricarte sculp.



curvas : su construccion es la misma que en los passados, solo se añade el dar la curvatura à los lados sobredichos: y para mayor claridad explicarè toda su practica, aunque se repitan algunas operaciones explicadas ya en las proposiciones antecedentes.

Sea pues en la *figura* 48. la planta de la puerta ABCDEF; y la AF sea el diametro del claro del arco, que por exemplo sea escarzano, el qual ha de profundarse hasta CD, formandose alli à nivel, donde ha de tener la crasie BC. *Operacion.* Descrivase el arco escarzano sobre AF ( 2. ) con sus divisiones, y perpendiculos acostumbrados, que se prolongaràn hasta la CD. Cortense en la AF desde el punto I la IZ, igual al perpendiculo LL; y la IX, igual al perpendiculo II: y tirense las rectas MZ, MX, que son las juntas, ò lados inclinados, como se dixo en la proposicion antecedente. Hallese aora en la ME prolongada, si fuere menester, un centro, desde el qual por los puntos M, Z, se describa el arco MZ; y asimismo otro centro en la misma ME, desde el qual se describa el arco MX. Hecha esta delineacion, se cortaràn las plantillas en la forma siguiente, que con poca diferencia es la misma de la proposicion passada.

1 Las de los paramentos estan ya descritas en la misma figura.

2 La del lecho primero, que forma el salmer, es el rectilineo AOC solo, que la AQ, y la KO han de ser iguales à la AG.

La del segundo lecho se hará tirando la OB larga à discrecion; y cortando la BK igual à LO, se levantará la perpendicular KL; y ajustando desde B la BL igual à MZ, y haciendo la LN igual à la junta LN, y paralela à OB, se concluirà como antes lo demàs. Luego se describirà el arco LB, con el mismo radio que el arco MZ, y quedará concluida la plantilla, como se vè en el num. 1.

La del tercer lecho es la del num. 2. que se forma de la misma fuerte, solo que la MB es igual à IP, y la IB es igual al lado MX: y el arco IB se ha de hacer con el mismo radio que se hizo en la figura mayor el arco MX.

3 Las

3 Las plantillas para las concavidades, se harán como en la proposicion antecedente; y para dar la curvatura à las piedras, se havrán de cortar las cerchas; etto es, para la frente eicarzana una regla cercha ajustada al angulo mixtilineo  $NLA$ , que servirá para todas; y para el lado, ò junta que sale de  $L$ , se formará una cercha igual, y ajustada à la curva  $MZ$ : para la junta, que sale de  $A$ , no es menester cercha alguna, por ser linea recta; y si se le quisiere dar curvatura, se hallaria continuando la  $BE$  en la figura mayor, y de un punto de dicha linea describiendo el arco  $EF$ : à la de la concavidad  $LI$ , se le dará en el lado, que sale de  $L$ , la curvidad con la sobredicha cercha  $MZ$ : y al lado, que proviene de  $I$ , con otra cercha ajustada, è igual al arco  $MX$ : à la clave se le dará por entrambos lados la curvatura con la misma cercha  $MX$ . Las de la otra parte del arco son como las primeras, solo que los lados estàn encontrados, como se colige de la misma operacion.



## LIBRO III.

### DE LAS BOVEDAS CONICAS.

**A** Ssi como las bovedas cilindricas son porciones de cilindros, assi las conicas son porciones de piramides conicas; y por configuiente vienen à rematar en un punto: es grande su fortaleza mientras tengan los estrivos competentes à su rempujo. Suelen por lo regular fabricarse en los angulos de los edificios; y son de grande utilidad, porque con ellas se dà comunmente mayor extension à las piezas de una fabrica, dilatandolas mas de lo que permiten sus paredes, y quedando parte de ellas abanzadas àzia fuera, y como en el

el ayre, sin que por esso corran algun riesgo de ruina. El modo con que se forman, y trazan las mas principales de estas bovedas, serà la materia de este libro.

## DEFINICIONES.

1 **B**asa de una boveda conica, es el plano vertical, ò quasi vertical, de donde empieza à correr, hasta rematar en el apice, ò punto terminante; y la distancia que hay de dicho plano à este punto, es la *longitud de la boveda*.

2 **Exe de una boveda conica**, es la linea recta, que passà del centro de su basa, hasta dicho apice, ò punto terminante. Si este exe fuere perpendicular, ò recto à la basa, serà la *boveda conica recta*; y si obliquo, serà *obliqua*.

3 Concibese resultar la boveda conica del movimiento de un triangulo, que dà una buelta sobre uno de sus lados, de fuerte, que el lado sobre quien, como exe, se mueve, serà el exe de la boveda; y los otros lados, que se mueven sobre el dicho, formaràn, el uno la buelta de la boveda, y el otro su basa, ò frente.

## PROP. I. Problema.

*Trazar una Boveda conica recta. (fig. 49.)*

**L**O que se dixere de esta boveda, servirà de fundamento para las demàs; y assi convendrà hacer de ella cabal concepto. Su idea se formarà, imaginando el triangulo ABC en el plano horizontal; y el arco CGA, levantado perpendicularmente sobre el dicho plano; y que de cada punto de la circunferencia del arco, vengán lineas rectas al punto B: conque quedará formada la boveda por la parte concava, cuya planta serà el triangulo ABC. Asimismo se hará concepto de su formacion, si se imagina que el triangulo EDF dà una buelta sobre el lado DE; porque passándose el punto F al punto I, se formará el semicirculo vertical FHI; y la DF formará la superficie convexa de la buelta; y passando tambien con el

se-

184 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

sobredicho movimiento el punto A al punto C, se formará el semicírculo AGC; y la BA describirá la superficie concava, y será la DE el eje de la bóveda, el qual, por ser dicha bóveda recta, se supone ser perpendicular al diametro CA, y plano del círculo IHF: de que se sigue, que todas las rectas, que de la periferia concava AGC, vienen al punto B, son entre sí iguales, como tambien las que vienen de la periferia convexa FHI, al punto D.

Hecho pues el triangulo IDF, y el CBA, se describirán del centro E los dos semicírculos sobredichos, que se dividirán del modo ordinario en sus piedras, y de las divisiones se tirarán à la IF los acostumbrados perpendiculares; y tirando rectas del punto B à las divisiones que forman en la CA los perpendiculares que baxan de la parte concava del arco, serán los vestigios, ò planta de las juntas de las piedras, que concurren todas en B. Con esto las plantillas de los paramentos se ven ya formadas en el arco que se ha descrito: las de los lechos son todas iguales al trapecio ABDF, y tienen la linea BD comun, por concurrir alli todos los lechos, como se colige de lo dicho.

Las plantillas para lo concavo de las piedras, se formarán, describiendo del punto B, con la distancia BA, el arco AK, igual à AG; y tirando la subtenfa AK, el triangulo ABK, será la plantilla para las concavidades de todas las piedras, à quienes se les dará despues la curvatura con una regla cercha ajustada al angulo curvilineo HGA. De la misma suerte se cortaràn plantillas, si se quisiere, para las superficies convexas, haciendo del punto D, con la distancia DE, el arco FL; y tirando una tangente por el punto O, que divide por medio el arco FL, y el triangulo MDN, será la plantilla, à quien se le dará la curvatura con una regla ajustada al angulo GHF.

PROP.

## PROP. II. Problema.

*Trazar una Boveda conica quadrada. (fig. 50.)*

**L**A boveda que se describió en la proposicion antecedente, tenia por planta horizontal un triangulo; y así se le pudo dar el nombre de *triangular*: la que aora delineamos, tiene por planta un quadrado, y por esso llamamos quadrada: es de grande utilidad en muchos casos, porque sobre ella se puede cargar un angulo de una fabrica. Su idea es la siguiente. Sea el quadrado KABC su planta en el plano horizontal. (fig. 2.) Imagínesse sobre el triangulo ABC la boveda de la proposicion antecedente; esto es, una boveda, que empezando à subir de sobre AB, BC, forme un arco de medio punto sobre la AC; pero de suerte, que sus piedras se continúen hasta que sus extremidades correspondan perpendicularmente en el ayre sobre las AK, y KC: de que se sigue, que toda la parte de boveda que corresponde sobre el triangulo AKC, queda suspenja en el ayre, formando sobre AK una media frente de arco de punto levantado; y otra media frente sobre KC, igual, y semejante à la primera: no obstante lo qual, es de suficiente robustez esta boveda para mantener sobre sí mucho peso. El modo de trazarla, es el siguiente.

I Hecho el quadrado sobredicho, se tirarán las DF, DL paralelas à las BA, BC, que determinen la cráscie de las paredes, ù de la boveda, y se estenderà la diagonal AC, hasta F, y L. Supongáse sobre la AL descrito el arco fundamental de medio punto con los perpendiculos, que dividen la FL del modo ordinario. (Por no confundir, no se ha delineado en la figura el arco, si solo las divisiones de la FL, que unicamente son menester.) Del punto B, por las divisiones que en la AC provienen del circulo interior, se tirarán lineas rectas; y del punto D, por las divisiones que en la FL provienen del circulo exterior, se tirarán tambien rectas, continuando las unas, y las otras hasta los lados AK, KC, las quales son la ig-

no-



nographia horizontal de los lados inclinados de las piedras. Hecho esto, se ha de buscar la longitud verdadera de los lados inclinados, que como dixe, se estienden desde el punto B, hasta que la otra extremidad corresponda perpendicularmente sobre las líneas AK, KC; y juntamente es menester saber la altura de los perpendiculos, que de la extremidad de cada lado inclinado caen sobre las dichas AK, KC: lo qual se hará en la forma siguiente.

2. Tirese à parte, como en el num. 2. la línea BK, igual à la BK del num. 1. y con la distancia BA, igual à la otra BA, hagase un arco de circulo: cortese la BE, igual à la otra BE: levantese del punto E la perpendicular EL, hasta que corte el circulo en L: tirese por L la recta BLM, larga à discrecion: levantese del punto K una perpendicular KM, que cortará la BM en M; y la BM, será el lado inclinado correspondiente à la BK del num. 1. y la MK su perpendicular. Asimismo tomese en el num. 2. la BH, igual à la BH del num. 1. levantese la perpendicular HS, hasta que corte el circulo en S: tirese por S la BS, alargandola à discrecion: tomese la BI, igual à la otra BI: del punto I, levantese una perpendicular, que cortará la BSI en I; y la BSI, será el lado inclinado correspondiente à la horizontal BI del num. 1. y su perpendicular será II. De la misma suerte se hallará ser BN, el lado inclinado correspondiente à la horizontal BQ, y NQ su perpendicular; y estos son los lados inclinados, y perpendiculos correspondientes à las juntas de la parte concava de la boveda.

Para la convexa se obrará de la misma manera, tirando à parte, num. 3. la DK, igual à la DK del num. 1. y con el intervalo DF, igual à la otra DF del num. 1. se hará un arco FG; y cortando la DE, igual à la otra DE, se levantará desde E una perpendicular, que cortará el arco en G; y tirando por G la recta DGC, se levantará del punto K la perpendicular KC; y la DC, será el lado inclinado correspondiente à DK, por la parte convexa de la boveda, y su perpendicular será CK. Asimismo tomese

se

se la DP igual à la otra DP, y levantese la perpendicular PH; y tirando la DHL, se tomarà la D<sub>3</sub>. igual à la otra D<sub>3</sub>. y del punto 3. se levantará la perpendicular 3L, y será DL el lado inclinado correspondiente à D<sub>3</sub>. del num. 1. y L<sub>3</sub>. su perpendicular. Ultimamente, tomese la DI igual à la otra DI: levantese la perpendicular II, y tirando la DI, se tomarà la DX igual à la otra DX: y levantando la perpendicular X<sub>4</sub>. será la D<sub>4</sub>. el lado inclinado correspondiente al otro DX; y 4X su perpendicular.

3 Ahora es menester formar los arcos, que sobre las AK, CK sirven de frente à la boveda; y porque son iguales, bastará formar el de la una parte. Tirese pues separadamente, para evitar confusion, en el num. 4. la KG, igual à la KG del num. 1. y con sus mismas divisiones: y de cada division levantese una perpendicular igual al perpendicular que corresponde à dicha division en las figuras del num. 2. y 3. esto es, del punto K, la perpendicular KM, para el arco interior; y KC, para el exterior: asimismo, del punto I se levantará la II, igual à la II del num. 2. y del punto Q la QN, igual à la QN del num. 2. Asimismo, del punto 3. se levantará la perpendicular 3L, igual à la 3L del num. 3. y del punto X, la X<sub>4</sub>. igual à la X<sub>4</sub>. del mismo num. 3. Y guiando una linea curva por las extremidades de estas perpendiculares, quedaràn delineados los arcos, ò frentes de la boveda; y allí mismo las plantillas para los paramentos.

4 Las plantillas para los lechos no se diferencian de las que se cortaron en la proposicion antecedente en otro, que en haverle de alargar, ò acortar, hasta que lleguen à encontrar con los planos verticales, que se imaginan sobre las AK, CK, num. 1. Porque si fuere la boveda de la proposicion passada, sería la plantilla comun para todos los lechos el trapecio FABD: continúense pues en esta las DF, BA, num. 1. à discrecion; y en la DF prolongada notense desde D los lados inclinados del num. 3. menos el DC, por pertenecer al medio de la clave, donde no ha de haver junta: conque se hará DT igual

188 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

à DL, y DR igual à D4. Asimismo en la BO, num. 1. se trasladarán los lados inclinados del num. 2. haciendo BO igual à BI, y BS igual à BN: y tirando las líneas TO, RS, quedarán formadas las plantillas: y así, la del primer lecho, que es el horizontal, será el trapecio BAGD; la del segundo, BSRD; y la del tercero, BOTD.

5 Para las concavidades sirven también las plantillas de la proposición pasada, pero prolongadas, como las antecedentes: el modo de trazarlas es el siguiente. Describáse à parte, num. 5. el arco AG, con el radio BA, igual à la BA del num. 1. Cortense en este arco las divisiones AH, HG, GG, iguales à las del arco fundamental. Divídase el arco GG por medio con la BM, que se hará igual à la BM del num. 2. Tírense del centro B las BGI, iguales à la BI del num. 2. y la BS igual à la BN; y juntando las AS, SI, IM, IM, será BIMI la plantilla plana para la concavidad de la clave; BSI, para la segunda piedra; y BSA, para la primera; à quienes se dará la concavidad curva con la regla cercha, ò baivel ordinario, cortado según la frente del arco fundamental.

PROP. III. Problema.

*Trazar una boveda conica quadrada, cuya frente sea circular, ò rebaxada. (fig. 51.)*

**L**A boveda de la proposición antecedente se empezó à trazar por el arco de medio punto, que la divide por medio: de que resultò, que las dos porciones de arco, que formaban su frente, eran de arco de punto levantado. Pídesse ahora, que estas dos porciones que forman la frente, sean de arco de medio punto; para lo qual es necesario empezar la operación por estas frentes, como se sigue. Sea en el num. 1. como en la proposición pasada, el quadrado ABCD la ignographia horizontal de la boveda: describáse sobre el lado DC el quadrante CK, con su dobla exterior ZR, como se ve en la figura: divídase en sus juntas, y tírense los perpendiculos à la DR. Esto mismo se havia de hacer sobre la DO; pero bastará pas-

passar alli las divisiones de la DR: De las divisiones, que en las DC, DA provienen de la periferia concava, tirense lineas al punto B; y de las que en las DR, DO nacen de la convexa, tirense lineas al punto V: y estas lineas seràn los veltigios horizontales de las juntas, o lados.

1 Hecho esto, se han de hallar las juntas, ò lados inclinados, para lo qual se tirará parte, num. 2. la BE, igual à la BE del num. 1. y se levantará la EG igual à la EG del num. 1. y tirando la BG, será este el lado inclinado de la parte concava. La razón es clara, porque si el triangulo BGE se pone verticalmente levantado sobre la BE del num. 1. por ser la EG del triangulo igual à la otra EG, el punto G estará en la periferia del quadrante CK, levantado tambien verticalmente sobre la CD; y por consiguiente la linea GB será el lado, ò junta inclinada de la parte concava de la boveda. Asimismo se cortará num. 2. la BM igual à la otra BM, y levantando la perpendicular ML igual à la otra ML, será BL el lado inclinado, correspondiente à la BM del num. 1. De esta misma fuerte se hallarán los lados inclinados de la parte convexa. Tirese pues à parte num. 3. la VF igual à la VF del num. 1. y levántese la perpendicular FN igual à la otra FN; y la VN será el lado inclinado, correspondiente à la VF del num. 1. Asimismo tomese la VH igual à la otra VH: levántese la perpendicular HI igual à la otra HI; y la VI será el otro lado inclinado.

2 Las plantillas de los paramentos se hallan hechas en el quadrante HZ, num. 1. Las de las concavidades se harán tirando à parte en el num. 4. la EE igual à la distancia EE del num. 1. Formese el triangulo isocelos EHE, haciendo los lados EH iguales al lado inclinado BG del num. 2. Formese sobre la EE el triangulo isocelos EKE, haciendo los lados KE iguales à la subtenida KG del num. 1. y el trapecio HEKE será la plantilla para la concavidad de la clave. Sobre la HE formese el triangulo ELH, tomando la EL igual à la subtenida GL del num. 1. y la HL igual al lado inclinado BL del num. 2. y este triangulo será la plantilla de la segunda concavidad. Hagase asimismo

190 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:  
mismo sobre la HL el triangulo LMH, tomando la LM  
igual à la subtenfa LC; y HM igual al lado BC del num. 1.  
y este triangulo serà la otra plantilla.

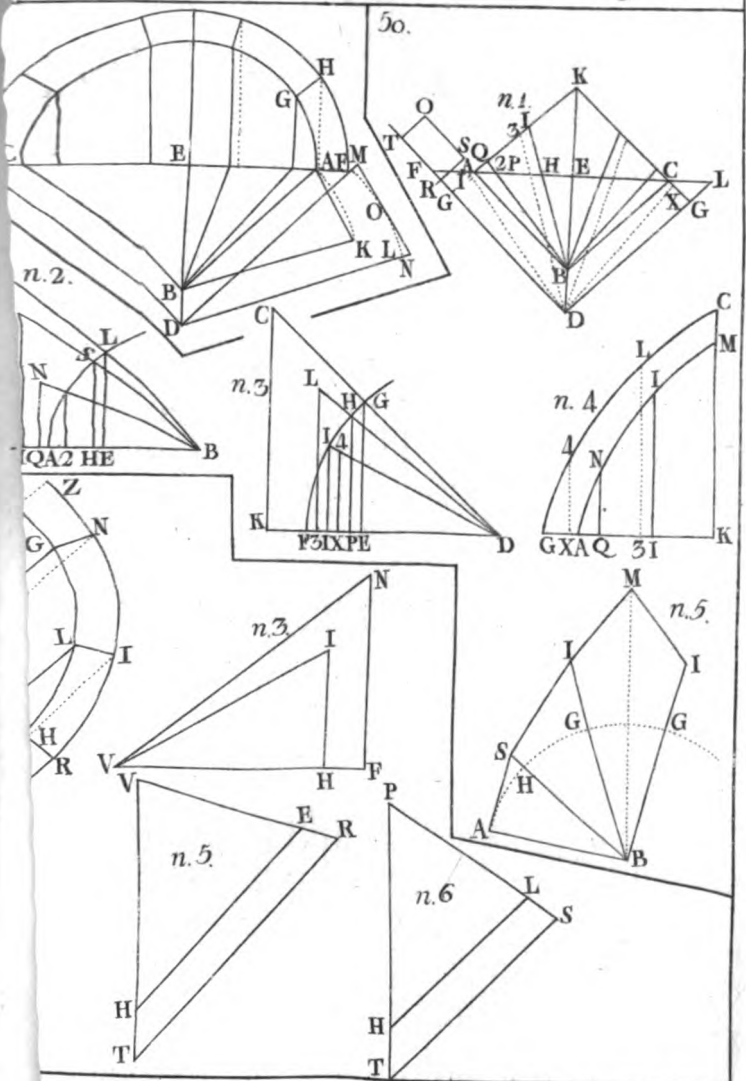
3. Para trazar las plantillas de los lechos suponganse  
en el quadrante del num. 1. continuadas las juntas GN, IL  
hasta la DC, que por ser de medio punto vendrán todas  
al centro D. Hagase à parte en el num. 5. el triangulo  
VHE, tomando la HV igual à la BD del num. 1. y la VE  
igual à la distancia DG en el mismo num. 1. y la HE  
igual à la BG del num. 2. Continuando despues la VE has-  
ta R, de fuerte, que ER sea igual à la GN del num. 1. serà  
el angulo REH el que hace la junta GN de la frente, con  
el lado inclinado que sale de G. Alargando aora la HV  
hasta T, de fuerte, que HT sea igual à la BV del num. 1.  
se tirará la RT, que haviendose obrado bien, serà igual à  
la VN del num. 3. y el trapecio THER serà la plantilla  
del lecho perteneciente à la GN del num. 1. De la misma  
manera se hará la plantilla para el lecho de LI, formando el  
triangulo del n. 6. con las líneas PH igual á BD del num. 1.  
y PL igual á DL del num. 1. y HL igual á BL del num. 2.  
que es el lado inclinado, que le corresponde; y añadiendo  
las LS, y HT, iguales á LI, y BV del num. 1. y tirando la  
TS, será HLST la plantilla; y así de las demás. La hori-  
zontal es en el num. 1. el trapecio BHRV.

*Note se bien esta practica, que sobre no ser dificultosa es muy  
general para trazar diferentes bovedas: y si se pidiere que la fren-  
te suere rebaxada, se obraria de la misma fuerte, solo que el qua-  
drante CK, num. 1. se haria rebaxado.*

#### PROP. IV. Problema.

*Trazar una boveda conica en un rectangulo quadrilongo.  
(fig. 52.)*

**E**Sta boveda solo se diferencia de la que se trazò en  
las Proposic. 2. y 3. en que en aquella era la planta  
quadrada, y por consiguiente los dos quadrantes de la  
frente eran iguales; pero en ésta es la planta quadrilonga,  
y por consiguiente son los quadrantes de su frente desigua-  
les.



H. Ricarte sculp.



les. Sea pues la planta de la boveda el quadrilongo **DABC**. Descrivase sobre el lado **DC** el quadrante de aquella frente; sea de medio punto, ò rebaxado como en este exemplo. Dividase en sus partes, de quienes baxen los perpendiculos á la **DC**, como se acostumbra. Sobre la **AD** se ha de descrivir otro quadrante de igual altura con el otro, en esta forma: Tirese la recta **AC**, y de cada division de la **DC**, tirense paralelas á la **AC**, que corten la **AD**, y quedará ésta dividida proporcionalmente como la **DC**. Hecho esto, levanten se de las divisiones de la **AD** perpendiculares iguales á las del otro quadrante, y quedarán entrambos descritos. Con esto se hallarán los lados inclinados, y luego las plantillas, como en la proposicion antecedente.

## PROP. V. Problema.

*Descrivir una boveda conica, cuya Ignographia horizontal sea circular, concava, ò convexa.*  
(fig. 53.)

**B**Astará expresar en la figura una mitad de estas bovedas, porque la otra mitad se traza de la misma manera. Sea pues (fig. 53.) en el num. 1. el sector **ACD**, la planta de la mitad de una boveda conica, que feneciendo en el punto **A**, su frente corresponda verticalmente sobre la porcion de circulo **CD**; y por consiguiente será convexa: pide se su construccion.

*Operation.* Sobre **CB**, como semidiametro, descrivase el quadrante **CL**; y el otro **ST** para formar su dobela, y tirando la **SH**, paralela à **CA**, quedará determinada la craficie de la boveda: dividase el quadrante en sus piedras, y tirense los perpendiculos á **SB**, como se acostumbra; y de los puntos **C**, **F**, **E**, **B**, tirense rectas al punto **A**: éstas serán las plantas horizontales de las juntas de la concavidad; y de los otros puntos tirense rectas al punto **H**, que serán las plantas de las juntas de la convexidad, prologando unas, y otras hasta el arco **CD**.

1. Ahora se hallarán los lados inclinados de la conca-  
vi-



192 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERÍA:  
 vidad, tirando á parte en el num. 2. la recta AD, igual á la AD del num. 1. á quien se transportarán las distancias AB, AE, AF, del mismo num. 1. De los puntos B, E, y F, del num. 2. se levantarán perpendiculares, que sean iguales á sus correspondientes en el arco fundamental CL, y la DO á discrecion. Tirese del punto A por los extremos de ellas las hipotenusas; y éstas serán sus lados inclinados pertenecientes á la parte concava de la boveda, hasta los puntos que en ella corresponden perpendicularmente sobre la SB. De la misma fuerte se hallarán los que pertenecen á la convexa: tomando la HD por basa del triangulo, num. 3. igual á la HD del n. 1. á quien se trasladarán las líneas de puntos, que salen de H, hasta la SB; y levantando de las divisiones las perpendiculares iguales á las que descienden de la periferia exterior del arco fundamental; y las hipotenusas tiradas del punto H por sus extremidades, serán los lados inclinados de la parte convexa de la boveda, hasta sobre la SB.

2 Hecho esto, se formarán las plantillas para las concavidades de este modo. Descrivase á parte, num. 4. con el intervalo AC, igual á AC del num. 1. un arco CL á discrecion: cortense los arcos LM, MN, NC, iguales á los del arco fundamental, num. 1. y por las divisiones tirese del centro A las rectas AL, AM, AN, AC, largas á discrecion. Haganse estas líneas iguales á los lados inclinados de la concavidad, que se han hallado en el num. 2. y uniendo las extremidades con líneas algo curvas, se tendrán las plantillas para las concavidades.

3 Las de la frente se cortarán en materia flexible, y se trazarán de esta manera: Estiendase en el num. 5. en línea recta la DQ del num. 1. con sus mismas divisiones de las D, D, D, pertenecientes á la parte concava, levantense perpendiculares iguales á los perpendiculos DO, DR, DP, hallados en el num. 2. y por los puntos C, P, R, O, llevese una línea curva: asimismo de los puntos E, B, D, pertenecientes á lo convexo, levantense las perpendiculares iguales á los perpendiculos del num. 3. esto es, DA igual á DA; BB igual á DB; y EE igual

igual à DE; y por los puntos Q, E, B, A, tirese una línea curva; y tirando la BR, EP, quedaràn formadas las plantillas de los paramentos.

4 Para cortar las de los lechos, se ha de suponer, que por fer en este exemplo el exe AB, recto al plano circular CL, num. 1. el angulo que forman todos los lados inclinados con la línea AH, es igual al angulo HAC. Esto supuesto, si se quiere cortar la plantilla para el lecho de la junta M, se tirará à parte, num. 6. la recta AR, igual al lado inclinado AR del num. 2. que es de la parte concava: luego se formará el angulo A, igual al angulo HAC, num. 1. haciendo la AH igual à la AH del num. 1. Tirese despues la HB paralela à AR, è igual à la HB del num. 3. y juntando la BR, quedará trazada la plantilla para dicho lecho; y asimismo se trazará las demás, tomando del num. 2. y 3. los lados inclinados sus correspondientes.

Si la boveda conica tuviere la planta circular concava, como por exemplo, AIKT, se obrará en la forma siguiente. Supuesto el arco fundamental, y los perpendiculos ordinarios, de los puntos E, y F, se tirarán líneas al punto A, y de los otros puntos al punto H: luego se trasladarán à la figura de los lados inclinados, num. 2. las AI, AG, AK del num. 1. Del punto I, num. 2. se levantará una perpendicular hasta la AO; del punto G, hasta la AR; y del punto K, hasta la AP, que para mas diferencia se han hecho de puntos; y las AV, AX, AY serán los lados inclinados de la concavidad, hasta en derecha de la periferia IKT; y sus perpendiculos serán IV, GX, KY. De la misma suerte se hallarán los pertenecientes à la parte convexa, pasando à la figura del num. 3. la HI, y las líneas de puntos que hay desde H, num. 1. hasta el arco IT, y obrando de la manera sobredicha.

Las plantillas para las concavidades se harán, describiendo en el num. 7. un arco con la distancia AC, igual à LI del num. 1. supuesto que LI sea el radio del arco IT. Trásladense al sobredicho arco las distancias TN, NM, ML del arco fundamental, añadiendo la LM para

## 194 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

formar la clave: tirense las rectas AC, AN, AM, AL: cortense de éstas la AY, AX, AV, iguales à los lados inclinados del num. 2. y será XAX la plantilla de la concavidad de la clave; XAY, la de la otra concavidad; y YAC, la de la siguiente.

Para trazar las plantillas de la frente, se estenderà à parte en línea recta, la curva IGKTQ del num. 1. con sus divisiones, como se ve en el num. 8. De las divisiones G, y K, se levantaràn las IV, GX, KY, perpendiculares, è iguales à las del num. 2. y de los otros puntos se levantaràn las perpendiculares tomadas del num. 3. y por sus extremidades se tiraràn las curvas, que formaràn las periferias concava, y convexa de la frente, cuya planta es en el num. 1. la periferia IQ, donde se ven trazadas sus plantillas. Las de los lechos se trazaràn como èn la antecedente.

*De lo que hasta aqui se ha explicado, se puede colegir el modo de trazar otras bovedas conicas, semejantes en lo substancial à las sobredichas, aunque lleven algunas circunstancias diferentes, que por executarse con las mismas reglas, no me detengo en su particular explicacion.*

### PROP. VI. Problema.

*Trazar una boveda conica, cuya frente estè escarpada, ò en-cuentre, con un cañon de boveda.*

(fig. 54.)

**E**N este caso se observaràn las mismas reglas de las posiciones passadas, solo es menester añadir à ellas, que en caso de ser escarpada la frente de la boveda, por disminuirse por arriba la cratsicie del muro en que està dicha frente, se han de acortar los lados inclinados; y en caso de estàr la frente en el cañon de boveda, se havrà de añadir, y prolongar, segun fuere menester: lo que se executarà en los mismos triangulos que se forman, para determinar la longitud verdadera de los lados inclinados.

Sirva de exemplo el triangulo rectángulo ABC, que supongo sea qualquiera de los que se han descrito para los lados inclinados en las operaciones antecedentes: ti-

re-

rese allí la línea AD, que sea la escarpa del muro, haciendo el ángulo DAC, igual à la inclinacion de su plano; y las CD, CE, CF, serán los lados inclinados. Asimismo sea GA la curvidad de la bóveda seguida, donde ha de estar la frente de la bóveda conica: alarguense los lados inclinados hasta encontrar con la curva GA, y serán CG, CH, CI, sus verdaderas longitudes. En lo demás se procederà como en las antecedentes.

## PROP. VII: Problema.

*Trazar un nicho semiesférico, ò bóveda semiesférica.*  
(fig. 55.)

Las bóvedas de las proposiciones antecedentes, eran porciones de pyramides conicas; las que aora he de explicar, son partes de bóvedas esféricas: y aunque pertenecian al libro siguiente; pero por hacer el mismo efecto, y servir para el mismo fin que las conicas, trato de ellas en este lugar. La de esta proposicion servirá de fundamento para todas, y es su idea la siguiente.

Sea su ignographia horizontal el semianulo LABCI, cuyo diametro es LI: descrivase sobre LI el semicirculo LOI, y sobre AC el semicirculo ADC, y quedará descrito el arco fundamental: dividase èste en sus piedras, è imagínese levantado verticalmente sobre LI, y será la frente de la bóveda, que teniendo por planta horizontal el anulo AKC, y descendiendo las piedras desde la frente à esta planta orbicularmente, se terminarán todas en la línea BK, y formarán un nicho, que por ser una quarta de esfera, ò mitad del emisferio, la llamo *bóveda semiesférica*. El modo de trazarla es el siguiente.

Dividase el semicirculo horizontal ABC, en qualesquiera partes iguales en E, G, &c. tirese de las de un lado, à las del otro, líneas rectas, que serán paralelas à la AC: sobre éstas, como semidiametros, descrivanse semicirculos, que se dividirán en tantas partes, en quantas se dividió el semicirculo fundamental ADC. Hecha esta preparacion, se trazarán las plantillas como se sigue.

196 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

Las de la frente quedan trazadas en el arco ADC; las de los lechos son todas iguales al cuadrante anular LABK. Para las concavidades bastará también formar una, por ser todas iguales, y se hará de esta manera. Tirese à parte en el num 2. la recta MN, igual à la curva MDN del num. 1. De su punto medio D, tirese la recta DX, igual al cuadrante AB estendido; y dividase en tantas partes iguales, en quantas se dividio dicho cuadrante AB: por estas divisiones tirese paralelas à la MN, è iguales à sus correspondientes en los semicirculos del num. 1. esto es, la QPQ, à la QPQ; la siguiente SFS, à la SFS, &c. Por sus extremidades llevese la linea curva à uno, y otro lado, y quedará trazada la plantilla, que se cortará en materia flexible, para que se pueda ajustar à la curvidad de la piedra.

El modo de trabajar las piedras con las plantillas sobredichas, será èste: Hagase un cerchon ajustado à lo concavo del circulo AEB, y segun èste, se le darà aquella curvatura à la piedra: à esta superficie concava ya trabajada, se aplicará la plantilla MXN, que se hizo en materia flexible, y se señalarà en ella su figura: luego se hará una regla cercha, ò baivel, ajustado al angulo LAM, y con èsta se daràn à la piedra los angulos de los lechos con las concavidades; y aplicando à los planos de los lechos la plantilla LABK, se cortarán con perfeccion los lechos, y quedará perfecta la piedra. Puedese tambien trabajar de otra manera, como saben los Maestros de Canteria.

El fundamento de estas operaciones es bien facil, y se echa de ver considerando el semicirculo ADC, como en la esphera cèleste la Equinoccial, y las juntas de las piedras como Meridianos, que salièdo de los puntos M, N, &c. vienen à concurrir en el Polo B.

PROP.

## PROP. VIII. Problema.

*Trazar un nicho semiemisférico en un ángulo. (fig. 56.)*

**P**ídefe, que sobre la planta horizontal BAGC, se forme un nicho, ò bóveda como la antecedente, que aientando sobre la seccion anular ARVC, se levante esféricamente, de fuerte, que su buelta consista en el ayre elevada sobre el sector BRV, terminandose en los planos verticales, que se imaginan sobre las horizontales RB, VB, que forman ángulo recto en B.

*Operacion.* Divídase el sector ABC por mitad con la línea BG, à quien se tirará la perpendicular XZ, y sobre ella se describirá el arco fundamental con sus perpendiculares, segun otras veces. Por los puntos, en que los perpendiculares que baxan de la parte concava NE, cortan à la BE, describanse unos cuadrantes de elipse, que concurren en el punto F; y de los puntos en que los perpendiculares que baxan de la parte convexa QZ, cortan à la BZ, describanse otros cuadrantes de elipse, que concurren en el punto G. Estos cuadrantes se formarán por la regla dada en el *lib. 2. prop. 3.* y ellos serán los vestigios horizontales de las juntas de las piedras, como se puede demostrar geometricamente. De los puntos T, I, S, O, en que dichos vestigios elipticos cortan à la BC, tirense paralelas à la BE; esto es, las TH, y SL, que provienen de la parte concava del arco fundamental, hasta el círculo interior FE; y las otras IK, OM, que provienen de la convexa, hasta el exterior GZ.

Las plantillas para las concavidades se formarán como en la proposicion passada, y se ven en el num. 2. pero se han de cortar en ellas los arcos FH, FL, FO, iguales à sus correspondientes en la fig. del num. 1. y será FHLHF la plantilla para la concavidad de la clave; HFL, la de la segunda; y LFO, la de la tercera, que se cortarán en materia flexible. Las de los lechos están ya en la figura del num. 1. porque la del primero, y horizontal es FVCG; la del segundo, es FLMG; y la del tercero, FHKG; y éstas  
mif-

## 198 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

milmas sirven para la otra parte de la boveda, y son las bafantes para trabajar las piedras, que se labraràn como las de la proposicion passada.

*Esta boveda viene à ser la misma que la antecedente, solo que està cortada en correspondencia vertical à las lineas AB, CB, concurriendo todas sus piedras, como en la sobredicha, en la linea FG, quedando sus frentes sobre las AB, CB. Con esta misma practica se trazaran otras bovedas semejantes.*

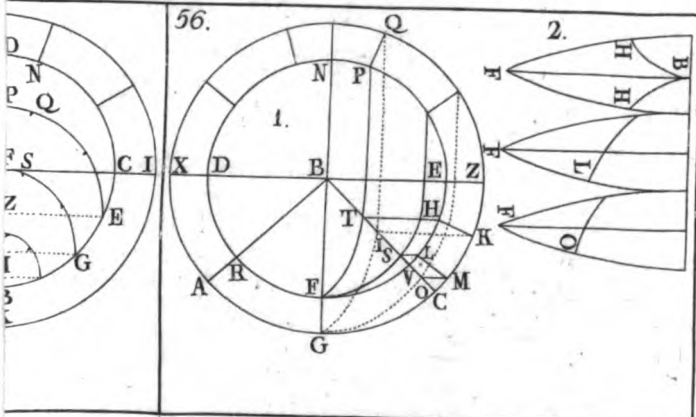
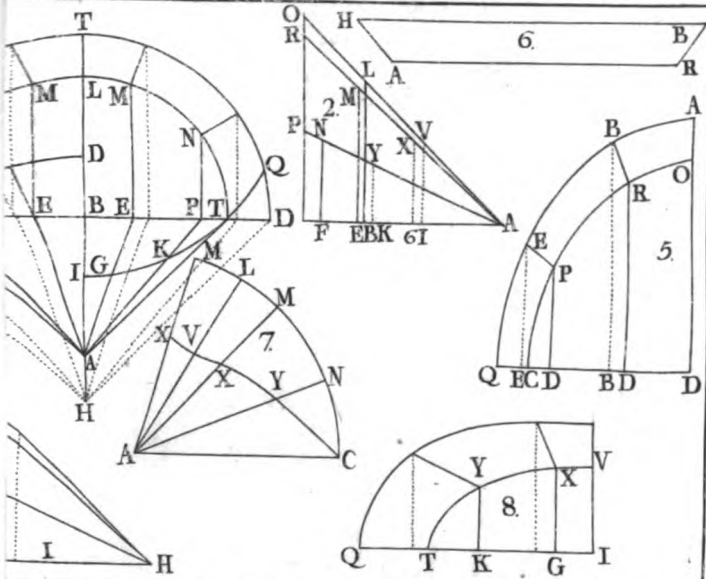
### PROP. IX. Problema.

*Formar un nicho rebaxado, ò eliprico. (fig. 57.)*

**E**sta boveda, ò nicho tiene su frente eliptica, y su basa puede ser circular, ò tambien eliptica; y para entrambos casos sirve la practica siguiente. Sea el semianulo eliptico AKC la planta sobre quien se ha de levantar una boveda, cuya frente sea el arco eliptico ASL, el qual se dividirà en sus piedras, tirando los ordinarios perpendiculos: solo advierto, que todas las juntas se encaminen al centro E, por la razon que dirè despues.

Las plantillas para los paramentos quedan formadas en el arco ASC; y segun los que alli forman las juntas con la concavidad, se cortaràn las reglas cerchas, ò bai-veles para labrar las piedras. Para formar las plantillas de los lechos, se passaràn à la EC las lineas ED, EF; y se formaràn los cuadrantes de la elipse BD, BF, y BDC en el diametro AL, serà el angulo que hace la curva BD con la junta DC de la frente; y el BFC, serà el que hace la curva BF con la junta FC; y KCL, es el de la horizontal CL: con lo qual se cortaràn facilmente las plantillas, como se verà mas claramente en la proposicion siguiente.

Con solas las plantillas sobredichas se pueden trabajar todas las piedras, como saben los Canteros; porque trabajando un lecho con su propia plantilla, y sacando à esquadra la superficie plana del paramento, se trabajará este con su propia plantilla; y asimismo, sacando à esquadra con el paramento el otro lecho, y ajustandole su  
pro-



H. Ricarte sculp.





propia plantilla, se podrá acabar de labrar toda su concavidad, examinandola con su regla cercha: conque quedará perfectamente labrada la piedra.

*Dixe al principio, que las juntas de la frente tengan sus tiranteces àzia el centro E, y no se dirijan à diferentes puntos de la elipse, como en otras ocasiones; lo qual se hace para que los lechos sean una superficie plana, que por una parte ajuste con la BK, y por la otra con la junta de la frente: lo que seria imposible, si la junta no se encaminasse al centro E, y todo el plano del lecho no tuviese su tirantez àzia la recta EBK; como es evidente.*

Si el plano, ò planta horizontal de esta boveda formasse el angulo XEZ, como en la proposicion antecedente, se delinearían, como allí, los vestigios horizontales de las juntas, que serían tambien los cuadrantes elipticos BG, y BH, &c. como se hizo en el lugar citado: y tirando las paralelas MN, ST, se cortarían de los lados de las plantillas de los lechos las porciones competentes para que ajustassen con la planta; esto es, del lado eliptico BD, perteneciente à la parte concava, se cortaria la BO; y del lado BF, la BP; y del lado BC, la BQ. Y asimismo en los pertenecientes à la parte convexa, segun se hizo en la proposicion passada.

#### PROP. X. Problema.

*Formar un nicho, cuya frente sea un arco de pies desiguales.*  
(fig. 58.)

**S**Ea la semielipse AGC la planta de un nicho, cuya frente sea el arco AHC de pies desiguales: pidefe su formación.

*Operacion.* Dividase el arco, ò frente AHC en sus piedras, cuyas tiranteces vayan al punto F, por la razon dicha en la proposicion antecedente. Sus plantillas se cortarán como se sigue.

Las de los paramentos están ya trazadas en el arco AHC. Para las de los lechos se passará la linea FE desde el punto F, al semidiámetro FC, alargado si fuere men-

200 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

nester , y se hará el cuadrante eliptico BE, con los dos semidiametros FB, FE : luego se passará alli mismo la FH, y se formará el cuadrante eliptico GH, con los semidiametros FG, FH, y el curvilineo eliptico BEHG, será la plantilla para el lecho de la junta EH. Asimismo se formarán las demás, trasladando à la FH las otras distancias del centro F, y las juntas del arco AHC. Con estas plantillas, que se han trazado, se trabajaràn las piedras, como se explicò en la proposicion passada.



## LIBRO IV.

### DE LAS BOVEDAS PRINCIPALES.

**H**Asta aqui hemos tratado de diferentes generos de arcos, y bovedas, que suelen regularmente servir para puertas, y transitos à lo mas interior de los edificios: aora hemos de explicar la formacion, y fabrica de las que cubren, y cierran por arriba con maravillosa firmeza, y hermosura sus principales, y mas nobles piezas; y por servir para este efecto, las damos el nombre de *Bovedas principales*. Componefe la mayor parte de ellas de los encuentros de diferentes cañones, seguidos de las que hemos explicado: de cuyo concurso se origina la mayor belleza, y primor de sus cortes, y la gran variedad de sus especies. Bastará tratar de las mas principales, porque de su practica, y construccion se colegirá facilmente la de todas.

PROP.

## PROP. I. Problema.

*Delineacion, y fabrica de la buelta por arista quadrilatera.*  
(fig. 59.)

**B**oveda, ò buelta por arista quadrilatera, es la que resulta del concurso de dos cañones cilindricos de boveda de igual altura, que se cruzan cortandose mutuamente: de que nace formarse de ellos sobre un quadrilatero la boveda sobredicha, llamada *por arista*, por nacer de dicho corte unos angulos salientes, que llaman *aristas*, que en forma de arcos la cruzan diagonalmente por los angulos opuestos. Si los exes de estos dos cañones que se encuentran, se cruzaren perpendicularmente, será dicha boveda *recta*; pero si se cortaren obliquamente, será *obliqua*. Tambien si entrambos cañones tuvieren igual diametro, y se cortaren perpendicularmente, será la boveda *quadrada*; y si obliquamente, será *rhomboid*. Si los diametros fueren desiguales, será *quadrilonga*, cortandose rectamente sus exes; y *rhomboid*, si se cortaren obliquamente. A mas de esto, si dichos cañones fueren de medio punto, será la boveda *femicircular*; si rebaxados, ò de punto subido, será de estas especies.

Tambien se puede formar la buelta por arista sobre un triangulo, pentagono, ò otro rectilineo, como se verá despues. El claro de los arcos, que forman los lados de estas bueltas, suelen frequentemente estar cerrados con paredes, cuyos planos se llaman *formeros*. Esto supuesto:

Sea el quadrado ABCD la planta de la boveda por la parte interior; y lo contenido entre este quadrado, y el exterior NFHG será la crassicie de las paredes. Tirense las diagonales, y descrivase sobre la NF del centro L el femicirculo NLF; y del mismo centro sobre la TV, que es igual à AB, hagase el femicirculo TZV: dividase este arco en sus piedras, y tirense de sus divisiones los perpendiculos ordinarios, prolongandoles hasta la diagonal NH; bastará lleguen los de la una parte hasta NK, y los otros

otros hasta la KF: de los puntos en que la NK es cortada por los perpendiculares, levantenfe otros, que sean iguales à sus correspondientes en el arco TIV; esto es, la K& igual à LI, la AN igual à TX, PQ igual à OZ, &c. y tirando las curvas por las extremidades, quedará descrito otro arco sobre la diagonal NH, de igual altura con el primero. En la figura sólo se ha delineado su mitad, por ser esto bastante para las operaciones. Sobre la diagonal FG imaginefe otro arco semejante al sobredicho, y sobre cada uno de los lados, otro arco igual, y semejante al TIV; y considerandoles à todos levantados verticalmente sobre el plano del quadrado, se hará mayor concepto de la boveda, cuyos cortes se terminan en los seis arcos sobredichos, como lo indican las paralelas à los lados, que se ven en la figura, las cuales son los vestigios horizontales de las juntas de las piedras. Con esto se cortaràn las plantillas, como se sigue.

1 Las de las frentes de los arcos, que están à los lados, se hallan ya formadas en el TIV, las cuales sirven para todos los quatro por ser iguales. Pero se ha de advertir lo primero, que estos arcos tienen à veces descubiertas entrambas frentes, à veces solamente una, y à veces ninguna. Quando se quiere que las frentes interiores queden patentes, la dobla interior del arco diagonal ha de tener por diametro la NH; y para formarla nos valdrémos de los perpendiculares del arco NIF; y para la delineacion de la dobla exterior, se describirà del centro L, sobre la NF prolongada, otro semicirculo, y por sus perpendiculares se obrará del modo ordinario. Advierto lo segundo, que por lo regular no pueden llegar las piedras desde el arco hecho sobre la AB, al hecho sobre la AD, y en este caso muchas de ellas tendrán otra frente en la diagonal NH; las cuales frentes se hallan en el arco A& de la misma diagonal, que aunque no se haya de ver, pero se ha de labrar para que una con la frente de la otra piedra su correspondiente.

2 Las plantillas para los lechos se harán como se sigue. La del primer lecho, que es horizontal, es el quadrado mis-

mismo YT; y así en las otras esquinas. Para trazar la del segundo lecho XZ, se tirará a parte en el num. 2. la recta XZ, igual a la otra del num. 1. de quien se sacará la perpendicular ZP, igual a la OP del num. 1. y asimismo se hará la perpendicular XA, igual a la TA del num. 1. Tirese la AP, la qual será mayor que la AP del num. 1. por ser la linea inclinada de la junta: sobre la AP, num. 2. hagase el triangulo ASP, tomando el lado AS, igual a XZ; y el lado SP, igual a la SP del num. 1. que es el exceso del perpendiculo RP, al perpendiculo YA; y alargando la PS, num. 2. hasta R, de suerte, que PR sea igual a la PR del num. 1. y haciendo la AY su paralela igual a la otra AY del num. 1. se tirará YR, y quedará hecha la plantilla.

La del tercer lecho 2. 1. se cortará de la misma suerte: tirese a parte, num. 3. la linea 2.1. igual a la del num. 1. y sus perpendiculares sean 1.4. igual a la 3. 4. del num. 1. y la 2. 6. a la 5. 6. y tirese la 6. 4. sobre la qual se hará el triangulo 6. 4. 9. cuyo lado 6. 9. sea igual a la 2.1. y el lado 4. 9. igual a la 4. 9. del num. 1. exceso del perpendiculo 8.4. al perpendiculo 7.6. continúese la 4.9. de suerte, que 4. 8. sea igual a 4. 8. del num. 1. y la 6. 7. a la 6. 7. y quedará hecha la plantilla; y así de las demás.

Las plantillas para las concavidades, se harán tambien del mismo modo. Tirese a parte en el num.4. la recta TZ, igual a la subtenida TZ; y las perpendiculares TA, igual a la TA del num. 1. y ZP, igual a la OP: tirese la AP; y si se huviere obrado bien, será igual a la subtenida AQ del num. 1. hagase sobre la AP el triangulo ASP, cuyo lado AS, sea igual a la TZ; y el PS, igual a la PS del num. 1. y haciendo la PR, igual a la otra PR; y la AY, igual a la AY, y paralela a PR, se concluirá la plantilla; y así en las otras respectivamente.

Adviertase, que en las plantillas de los lechos, como por exemplo, en la del num. 3. los planos que las componen, como 2. 4 y 7.4 no hacen un mismo plano, si que forman angulo doblándose por la linea 6. 4. y lo mismo digo en las plantillas de las concavidades; y así se podrán di-

dividir en dos planos, cortandolas por la comun seccion 6. 4. Si se desearé saber el angulo que forman los dos planos sobredichos, se continuará la 4. 6. y se le tirará una perpendicular 14. 13. como se quisiere: luego se hará à parte en el num. 5. el triangulo 2. 6. 7. tomando del num. 1. la 2. 7. igual à la diagonal 6. N, ò 7. 5. y formando sobre ella el triangulo sobredicho con los lados 7. 6. 2. 6. iguales à los del num. 3. En los lados 6. 2. y 6. 7. cortense las 6. 13. 6. 14. iguales tambien à las del num. 3. y tirando la recta 13. 14. se formará sobre ella el otro triangulo 13. 15. 14. con los lados 13. 15. y 14. 15. iguales à las rectas sus correspondientes en el num. 3. y el angulo 13. 15. 14. será el que forman los dos planos del lecho sobredicho.

De la misma manera se sacará el angulo de inclinacion que forman los planos TP, YP, num. 4. que componen la plantilla de la concavidad, observando el mismo orden de las operaciones sobredichas, en las ZP, PR, ò en las TA, AY, y tomando para la formacion del triangulo la diagonal PN.

El modo de trabajar las piedras, es el siguiente. En la primera piedra se trabajará primeramente el lecho que asienta sobre el quadrado YT, dandole su misma figura, segun su plantilla; luego se sacarán, y allanarán à esquadra las dos superficies, que se levantan sobre los lados NT, NY; y heco esto, se les aplicarán las plantillas propias de sus paramentos, que en este exemplo es para entrambos la NZ, y se irá dando aquella curvatura à las piedras, y con la esquadra se irá labrando la parte concava de entrambas, en cuyo concurso se vendrá à formar el arco, ò arista AQ. Y cortando en materia firme la regla cercha, ò baivel del num. 6. ajustado al angulo mixtilineo NAQ del num. 1. se perficionará con ella la arista, y juntamente el angulo del lecho con su curvatura.

La segunda piedra se labrará, aplicando à su paramento la plantilla Z2. y siguiendo su curvatura, se cortará à esquadra la piedra, y con esto se le dará su superficie concava, à quien se aplicará la mitad de la plantilla del num.

4. que aunque plana, sirve para determinar los lados, y el concurso de las dos concavidades, en quien se forma la arista; despues se tomarà de su planta con la faltarela el angulo que forman estas dos concavidades en la arista, y se executarà en la piedra; y trabajada llanamente en superficie plana esta otra superficie, se sacará à esquadra con ella la del paramento correspondiente sobre la R8. y aplicando à esta la plantilla misma Z2. se trabajará con ella el paramento, y la concavidad, como se hizo en la otra mitad de la piedra. No me detengo mas en esto, por tenerlo bien sabido los Artifices.

Quando una sola piedra no puede llegar desde los arcos, ò formeros de los lados hasta las aristas diagonales, como es frecuente en estas bovedas, se compondrán de diferentes piedras; y en este caso se procurará en quanto sea posible vayan todas sus tiranteces al centro K de la boveda.

### COROLARIOS.

1. **D**E aqui se colige el modo de trazar esta boveda sobre un quadrilongo: como si el lado NG fuere mas corto que NF; porque en este caso se descriviria por tranquilos, ò plomos del perfil TIV, sobre el dicho lado un arco de igual altura con LI, que seria levantado de punto; ò si se describiesse el arco de medio punto sobre el lado mas corto NG, se descriviria sobre NF, por tranquilos un arco de igual altura con la del de medio punto; y por consiguiente seria rebaxado. En lo demás se guardará el mismo orden de operaciones, atendiendo en ellas à las frentes de entrambos arcos, que en este caso son diferentes: por evitar prolixidad, no lo explico con exemplo particular.

2. Tambien se colige el modo de trazar esta boveda por arista, ò planta quadrada, ò quadrilonga, de especie rebaxada, ò levantada de punto; pues solo es menester delinear sobre sus lados los arcos de dichas especies, si fuere quadrada; ò si quadrilonga, sobre uno de sus lados, sacando los demás, asì los de los lados, como los diagonales, por tranquilos, ò plomos del perfil; y en lo demás se seguirán las mismas reglas, como queda dicho.

*Afsi-*



3. Asimismo se infiere de lo dicho el modo de formar una media boveda por arista, compuesta de dos arcos, ò formeros, que concurren à formar un arco tercero: como si sobre el triangulo  $NFH$ , num. 1. que es la mitad de la planta antecedente, se huviere de formar la boveda por arista, de suerte, que los dos arcos de medio punto hechos sobre los lados  $NF$ ,  $FH$ , vengan à concurrir en un otro, hecho sobre la diagonal  $NH$ ; se harian las mismas operaciones, describiendo por tranquilos el arco  $N\text{C}$  sobre la  $NH$ : y en este caso la plantilla del primer lecho, que es el de la junta horizontal  $NT$ , será el triangulo  $NTA$ ; y el de la otra junta horizontal  $VF$ , será el quadrado  $BF$ : el modo de cortar las plantillas, así para los lechos, como para las concavidades, es el mismo que arriba dixé. Tiene esta boveda una sola arista sobre la media diagonal  $KB$ .

## PROP. II. Problema.

Trazar una buelta por Arista sobre un triangulo equilatero.  
(fig. 60.)

**A** Si como la boveda descrita en la proposicion passada, nace del corte de dos cañones cilindricos, que se cruzan, ò del concurso de quatro arcos hechos sobre los quatro lados del quadrado: así ésta nace del concurso de tres arcos iguales, fabricados sobre los tres lados de un triangulo equilatero. Sea pues el triangulo  $ABC$ , planta de la boveda por arista: pidefe su formacion.

*Operacion.* Dividanse por medio los lados, y de cada division tirese una linea recta al angulo opuesto, y todas se vendrán à cortar en el punto  $D$ , que es el centro, como consta del lib. 4. de Euclid. Descrivase sobre uno de sus lados un arco con la dobela interior, y exterior, dividido en sus piedras como se acostumbra; y de sus divisiones tirense los perpendiculos à la linea  $AB$ , prolongandolos hasta las  $AD$ ,  $DB$ ; y de las intersecciones de éstas tirense lineas perpendiculares à los otros lados  $AC$ , y  $BC$ ; y passando las divisiones de la una mitad de dichas lineas à la otra mitad, quedaràn divididas en la misma forma que la  $AB$ , y hecha la ignographia, ò planta de toda

toda la boveda. De aqui se formaràn las plantillas como se figue.

1 Las de las frentes de los tres arcos son las que se ven ya delineadas en el arco que se ha descrito sobre <sup>la</sup> AB.

2 Las de los lechos primeros, como el de la junta HB, es el trapecio BHUK; y èsta sirve para todos los tres, por ser del todo iguales.

La del lecho MN, se hará tirando à parte en el num. 2. la PN, igual à la junta MN: y tirando la perpendicular NR, igual à la EF; y la PQ, igual à la OO, tirando QR, será el trapecio PR la plantilla del lecho NM, que llegará hasta en correspondencia de la DB; y formando otro semejante QS, se tendrá la plantilla entera, que llegará hasta la frente exterior del arco sobre BC. De la misma suerte se formaràn las de los otros lechos, tomando las perpendiculares que les corresponden.

3 La plantilla para la concavidad MH se trazará, tirando à parte en el num. 3. la recta XY, igual à la subtenfa MH: y la perpendicular Yz. igual à EF: y la XZ, igual à la HI: y el trapecio Xz. será la plantilla de la concavidad hasta la arista DB: y para que llegue hasta el arco del lado BC, se hará sobre la Zz. otro trapecio semejante al sobredicho. Y lo mismo en las demás plantillas; pero la de la concavidad TV, es el rectilíneo GL<sub>3</sub>D<sub>4</sub>. de la figura principal.

Si en medio se quisiere formar una clave, se formará el triangulo 3. 4. 5. y èste será la plantilla de la parte concava; y sobre cada lado se hará una plantilla igual à la del paramento RV, y segun ella se trabajaràn los paramentos de la clave; y para su convexidad exterior servirá de plantilla el triangulo 6. 8. 7. y en este caso la plantilla de la concavidad VT, será el rectángulo G<sub>3</sub>. En lo demás que se puede ofrecer en esta boveda, se guardaràn las mismas reglas de la primera.

PROP.

## PROP. III. Problema.

*Trazar la buelta por Arista sobre un poligono regular.*

(fig. 61.)

Sea, por exemplo, el poligono, que ha de ser planta de una boveda por arista, el pentagono regular. Esta se compone de cinco arcos iguales, que levantados sobre sus cinco lados, se continuan hasta encontrarse, y formar con sus cortes las cinco aristas, cuyas plantas horizontales son los radios AB, AC, &c. Formase esta boveda como la antecedente. Descrivase sobre uno de sus lados el arco BGC con sus dobelas, divisiones, y perpendiculos, continuados hasta los radios AB, AC: pasense las divisiones de la AC à los otros radios; y tirando de ellas perpendiculares à los lados, quedará concluida la ignographia de la boveda, y se trazarán las plantillas como en la antecedente. Convendrá sea la clave de una sola piedra, cuya superficie inferior será el pentagono IO, y la superior el pentagono LM. De la misma suerte se obrará en los demás poligonos regulares.

## PROP. IV. Problema.

*Trazar una boveda por Arista obliqua. (fig. 62.)*

Plácese, que sobre el plano horizontal ABCD, que es un paralelogramo obliquangulo, como por exemplo, rhombo, se describa una boveda por arista.

*Operacion.* Sobre el lado AB describáse el arco de medio punto con sus dobelas, divisiones, y perpendiculos acostumbrados: de los puntos en que éstos dividen el lado AB, tirense paralelas à los lados AD, BC, que lleguen hasta las diagonales OA, OB: y de los puntos en que las cortáren, tirense tambien paralelas à los lados AB, DC: ultimamente se harán por tranquilos los arcos sobre las diagonales, y sobre los otros lados, como se acostumbra; pero en este caso, por ser los lados iguales, batará hacer un medio arco sobre la media diagonal AO.

OA. De aqui se sacaràn las plantillas.

1 Las de los paramentos de los arcos de los lados, estàn ya trazadas en el arco ANB, que sirven para todos, por ser en este exemplo iguales.

2 Las plantillas de los lechos, se haràn así. La del lecho primero, que es horizontal, será el paralelogramo AR, que sirve para todos los quatro angulos en este caso. Para formar la plantilla del segundo lecho SF, y juntamente para hacer cabal concepto de esta operacion, y de las semejantes en las proposiciones passadas, se levantará la AE perpendicular à AB, y la AK perpendicular à la OA; y continuando las juntas FS, IV, quedará determinada la altura de dichas perpendiculares, las quales serán, no solo iguales en la obra, pero una misma línea, de suerte, que el punto K, será el mismo punto E: porque si el quadrante del arco diagonal, juntamente con las AK, IK, se levanta perpendicularmente sobre el plano, y diagonal AO, la recta AK, será perpendicular à dicho plano; y como tambien lo sea la AE, será (13. 11. Eucl.) la AE, y AK una misma línea; y el punto K será el mismo punto E, como se infiere de la misma formacion de los arcos por tranquilos. Coligese de aqui, que en la obra se halla, ò imagina un triangulo, cuya cuspide está en el punto E, ò K, que se ha de imaginar alli mismo, y sus lados son EF, KI, y su basa una línea igual à la GH, que le corresponde en el ayre. Descrivale pues à parte en el num. 2. el triangulo EGH, con las líneas EG, igual à EF; EH, igual à KI; y GH, igual à la otra GH: y cortando la ES, igual à la ES del num. 1. y la EV, igual à la KV, será el trapecio SH, la mitad de la plantilla; la otra mitad se hará formandola semejantemente sobre la VH, y será toda entera SL. El angulo que forman en la arista estos dos planos SH, VL, se hallará como en la *propos.* 1. porque los puntos G, y L, distan entre sí, lo que es la diagonal GL del num. 1. De esta misma suerte se haràn las plantillas para los otros lechos.

3 Las de las concavidades se haràn así: Tirese en el num. 3. la ZF, igual à la del num. 1. y formando el angulo F,

Tomo V.

O

igual

igual al ángulo AGH, num. 1. se hará la FH igual à la GH: tirese la ZR, igual à su correspondiente en dicho num. 1. y paralela à la FH, y el trapecio ZH, será la plantilla de la concavidad ZF, hasta la diagonal; y haciendo otro trapecio RI semejante, será toda la plantilla el rectilíneo ZI; y así se harán respectivamente las demás. La concavidad de la clave tiene por plantilla el rectilíneo T4O43. formado en el plano horizontal, num. 1. En todo lo demás se obrará como en la *proposicion* 1.

## PROP. V. Problema.

*Describir la bóveda de Algive, ò Esquifada. (fig. 63.)*

**P**ARA inteligencia de lo que hemos de decir, conviene que en primer lugar se haga concepto, y se forme idea de esta bóveda. Imagine se pues, que de sobre el lado AC del quadrado AD, se levanta un cañon cilindrico de bóveda, que dando su buelta, viene à assentar sobre el lado BD: y asimismo, que de sobre el lado CD se levante semejante buelta, que venga à assentar sobre el lado AB: estas dos bueltas cilindricas vendrán à cortarse sobre las diagonales AD, CB; cuyos cortes formarán allí con ángulos entrantes dos arcos diagonales, que ordinariamente se llaman rebaxados. De aquí se coligen tres notables diferencias entre esta buelta, y la de arista. La primera, que en la de arista, los arcos que se forman en virtud de sus cortes sobre las diagonales, son salientes, y por esso se llaman aristas; pero en la de algive son entrantes. La segunda, que la buelta por arista tiene su movimiento de solos los ángulos; pero la de algive mueve de piano de sobre sus lados. La tercera, que la de arista tiene arcos, ò formeros sobre sus lados; pero la de algive carece de ellos.

Pídesse pues, que sobre el quadrado AD se forme una bóveda de algive. *Operacion.* Tírense las diagonales, que se cruzarán en el punto E: determínesse tambien lo grueso de las paredes con las paralelas NR, RQ, AB, BD, &c. Divídanse por medio los lados, y tírense las EO, EH, &c.

fo-

Sobre una de ellas, como por exemplo, sobre la EH, describase el cuadrante de arco HOFI, que aunque alli no le haya de haver, pero servirá de fundamento para las delineaciones que se han de hacer: dividase en sus piedras, y tirense los perpendiculos ordinarios; prolongandoles hasta la diagonal EQ. Sobre esta, por tranquilos, ò plomos del perfil FH, se formará otro arco de igual altura, cuyo cuadrante es QP; y segun este, si fuere menester, se formarán los cerchones, ò cimbras para dirigir los arcos diagonales, que resultan del encuentro de las bueltas; las paralelas ID, LM, y las demás, serán los vestigios horizontales de las juntas, que basta tener expresadas en el triangulo EHQ, por ser iguales en todos los demás. Con esto se pueden cortar facilmente las plantillas.

Para el primer lecho, que es horizontal, servirá de plantilla el gnomon TQI; las de los otros lechos, como por exemplo, de GK, se trazarán de esta manera. Tirese à parte la linea XZ, igual à la GK: tirese la perpendicular ZD, igual à la ID; y la XM, igual à la LM, que son sus correspondientes; y el trapecio XD será la plantilla del lecho hasta la diagonal, que es su mitad; la otra mitad es del todo igual à esta: de la misma manera se formará la plantilla de la concavidad de esta piedra, solo con hacer la XZ igual à la subtenfa GI del arco principal. De esta misma suerte se trazarán las plantillas de los demás lechos, y concavidades.

Adviertase lo primero, que así las plantillas de los lechos, como de las concavidades, si se toman enteras, de suerte, que no esten partidas en dos partes por la diagonal EQ, constarán de dos planos que forman angulo, como las de la buelta por arista; solo que en la de arista el angulo es saliente, y en esta es entrante; y si fuere menester, se hallará con la misma regla que se dió en la *prop. 1.* Adviertase lo segundo, que las piedras que estuvieren partidas, ò se terminaren en el arco diagonal de la boveda, tendrán por plantillas de sus paramentos por aquella parte, las que se ven delineadas en el arco diagonal DP. Las de los paramentos de las otras partes, serán las

las del arco fundamental IO , por cortarse las piedras siempre con planos perpendiculares à los lados , la qual seccion forma en la piedra una porcion del arco sobredicho IO.

### COROLARIOS.

1 **D**E aqui se colige facilmente el modo de trazar este genero de boveda sobre qualquiera poligono regular, pues lo mismo es para el caso que sean los lados quatro, ò cinco, &c.

2 Tambien se infiere el modo de trazarla sobre qualquiera planta, ò rectilineo de lados desiguales; pues no hay mas que añadir, que despues de hecho el arco fundamental sobre qualquiera de sus diametros, como en la que hemos trazado, sacar por tranquilos, ò plomos los de los otros lados desiguales, y diagonales, para que tengan todos igual altura.

3 Tambien se puede formar esta boveda, de punto subido, ò rebaxado, solo con hacer el arco fundamental de qualquiera de estos generos.

### PROP. VI. Problema.

*Descrivir una media naranja, ò boveda emispherica, cuya clave sea el unico polo de sus piedras. (fig. 64.)*

**L**A boveda emispherica, que comunmente llamamos *media naranja*, es un emispherio concavo, que resulta de la seccion, ò corte de una esphera concava, hecho con un plano horizontal, que passé por su centro. Puedese fabricar de muchas maneras, por poder ser diferentes los cortes, y disposicion de sus piedras. La que aqui describimos tiene su polo en medio de la clave, y todas sus piedras van ordenadas en forma de circulos concentricos, y paralelos al horizonte, formando unas como argollas, ò coronas, que necessariamente van haciendose menores, quanto mas se acercan à la clave, ò polo. Su delineacion es la siguiente.

Hagase el semicirculo BCM, que representa el medio plano horizontal sobre quien se erige la media naranja: dividase en sus dos quadrantes, y supuesto son estos iguales,  
 bas-

bastará delinear la ignographia de la boveda en uno de ellos. Imagínese pues el quadrante FCM horizontal: prolongúese el radio FC, y sea CE la cráscie de la boveda; y haciendo el quadrante ED, será MDEC la ignographia de dicha cráscie. Sobre el radio FE descríbase un quadrante de arco, que se dividirá en sus piedras, el qual se ha de imaginar levantado perpendicularmente sobre el plano horizontal: tírense sus perpendiculos, como se acostumbra, y de las divisiones que éstos hicieren en el radio FE, tírense quadrantes de circulo desde el mismo centro F. Ultimamente, alargúense las subtenas de las divisiones del arco BC, hasta que corten al radio FB prolongado, y con esto se tendrá quanto se necesita para cortar las plantillas.

Pero antes de trazarlas es menester advertir: 1. Que las de los paramentos están ya delineadas en el arco CBE: y así, la GHKI, es la plantilla para los paramentos de todas las piedras de aquel circulo, ó anillo. 2. Las de los lechos se terminan por la parte concava, y convexa con líneas curvas, ó porciones circulares descritas del centro F, con los radios FC, y FE: los otros lados son líneas rectas, que se encaminan al centro F, como por sí es bien claro. 3. Las de las concavidades se terminan con líneas curvas, de las quales la superior, è inferior son paralelas al horizonte; y las laterales son unos arcos iguales del quadrante BC, como es tambien por sí manifiesto. Ultimamente advierto, que los lechos de las piedras, exceptuando el primero, que asienta horizontalmente, no son superficies planas, si curvas, lo qual proviene de engamíñarse todas ellas al centro F, con que vienen à formar una superficie concava de piramide conica; y las de los sobrelechos, convexa.

Esto supuesto, pidense por exemplo, las plantillas de una piedra, que se halla en el anillo, ó corona que proviene de HGIK. Y supongamos sea allí su mayor cráscie LV, tírese la recta FVN. Es constante, que si sobre la FE se considera levantado perpendicularmente el arco BE; y sobre FN, otro igual, y semejante, que dicha piedra queda-



214 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

darà terminada por ambos lados con unos planos iguales al HGIK; y por consiguiente, seràn èstos las plantillas para sus dos paramentos, como antes dixè: y en seguida de esto se trazarán las de los lechos en esta forma. Descrivase à parte en el num. 2. con la distancia ZL igual à FE, un arco de circulo: y del mismo centro Z, con la distancia ZX igual à FC, otro arco de circulo: y cortando la LV igual à la otra LV del num. 1. y la XO, à la otra XO, se tirará la VO, que tambien irá al centro Z, como se puede demostrar; y XOVL serà la plantilla para el lecho inferior correspondiente à la junta IK del num. 1. que es el mayor: para hacer la plantilla del menor, que es el correspondiente à la junta HG, se cortará el arco LQ igual à PQ; y tirando la linea ZQ, el trapecio XNQL serà la plantilla: y así se haràn las de los lechos de las demás piedras.

La plantilla para la concavidad GI de la misma piedra, se harà en esta forma. En el num. 3. del centro Y, con la distancia YZ igual à 15. se harà un arco; y otro del mismo centro con la distancia G5. cortese el arco Z2. igual al arco XO del num. 1. y el arco 3. 4. igual al arco ST, y el trapecio 4. 3. Z2. serà la plantilla de la concavidad GI: para la concavidad I6. se tomaràn las rectas 6. 7. y 17. y así de las demás.

*Esta boveda, por componerse de piedras ordenadas en forma de anillos paralelos, consiste segura, y sin riesgo, aunque le false la clave: tiene gran robustez, y no causa empujo; y por consiguiente no necesita de estrivos, por mantenerse con sus mismas tiranteses.*

PROP. VII. Problema.

*Descrivir una boveda espheroidè sobre planta circular.*

**A** Ssi como la boveda delineada en la Proposicion antecedente, es la mitad de una esfera; así èsta de que hablamos es la mitad de una espheroidè. *Espheroidè, como dixè en el lib. 11. de la Geom. Pract. Prop. 26. es un solido que resulta de la revolucion de una elipse hecha al rededor*

*dor de su exe; y porque la elipse tiene dos exes, uno mayor, y otra menor, hay tambien dos especies de espheroides, una longa, y otra lata. La espheroides longa, es la que nace de la circunvolucion de una elipse al rededor de su exe mayor; de fuerte, que el exe mayor es vertical, y el menor horizontal. La espheroides lata, es la que se engendra de la circunvolucion de la elipse al rededor de su exe menor: conque tiene su exe menor vertical, y el mayor horizontal.*

De aqui se sigue, que la boveda espheroides puede tambien ser en dos maneras, es à saber, *longa*, y *lata*. La *longa*, es la mitad de la espheroides longa; y la otra, es la mitad de la *lata*. Entrambas tienen por basa un circulo, y en quanto à esto convienen con la espherica; pero se diferencian de ella, en que la espherica tiene su altura igual al semidiametro de su basa, pero no la espheroides: porque si es longa su altura, es mayor que dicho semidiametro; y menor, si es lata. Diferenciafe tambien de la espherica, en que en ésta las secciones hechas con planos, que passén por su exe vertical, son semicirculos; y en la elpheroides son semielipses.

De aqui se colige el modo de su formacion, que es el mismo que el de la emispherica, exceptuando solamente, que el arco vertical, que se forma para tomarle como fundamental, ha de ser eliptico; es à saber, rebaxado, si es la espheroides lata; ù de punto levantado, si es longa; el qual se describirà en la forma explicada, *lib. 2. prop. 3. y 4.* En lo demàs se observan las mismas reglas, y así no me detengo mas en ello.

#### PROP. VIII. Problema.

*Describir una media naranja, regida por dos polos puestos en el plano horizontal de su basa. (fig. 65.)*

**L**A boveda emispherica, que se descriviò en la *Propos. 6.* se regia por un polo solamente, puesto en su clave: ésta se ha de regir por dos polos puestos en el circulo horizontal, que le sirve de basa. Formaràse su idea considerando el circulo *ABCM*, como un plano horizontal,

tal, sobre quien se ha de levantar la media naranja; y que los puntos A, y C han de servir de polos, de quienes se describan unos arcos por las divisiones del circulo ABCM, que estèn levantados perpendicularmente sobre el plano de dicho circulo: à la manera que en la esfera terrestre se describen de sus polos los circulos paralelos à la equinoccial: su formacion es la siguiente.

Hecho el circulo ABCM, y determinada la crafscie de la boveda con el otro circulo exterior, se tirarán los diametros AC, BM, en angulos rectos: dividate el circulo BAMC en partes iguales, de fuerte, que las de cada semicirculo sean nones, para que en los polos A, y C no haya juntas: tirense las cuerdas XZ, KN, &c. y las lineas XR, KL, &c. seràn las juntas de las piedras, y por consiguiente los lechos de ellas seràn verticales. Ultimamente tirense las subtenfas RQ, LR, &c. continuandolas hasta que corten al diametro CA prolongado, y con esto se cortarán las plantillas, como se sigue.

1. Las de las concavidades se formaràn de esta fuerte: Del punto O, con las distancias OQ, OR, haganse unos arcos de circulo, de fuerte, que el RS sea igual al quadrante R4. hecho con el radio 5R, y Q6. al quadrante Q5. y tirando la recta S6. el trapecio SRQ6. serà la plantilla para la concavidad de todas las que entraren en aquel arco, ò anillo comprehendido entre las dos cuerdas QY, RT: asimismo del punto D, con las distancias DR, DL, se describiràn los arcos iguales à los quadrantes hechos de las cuerdas sus correspondientes, y se formará el trapecio E, que serà la plantilla para las concavidades de las piedras del arco comprehendido entre las cuerdas RT, LV, y así de las demás; las quales se dividiràn en tantas partes, como huviere piedras en aquel quadrante. La del polo A serà el curvilíneo, que allí se vè descrito con la distancia AQ, y las de la una mitad de la boveda sirven para la otra, y todas se han de cortar en materia flexible, para que se puedan ajustar à lo concavo de las piedras.

2. Las de los lechos, que como dixe, son planos perpen-

pendiculares al horizonte, se harán fácilmente, si sobre cada una de las cuerdas paralelas, como por exemplo, la FP, con las distancias 2. 3. y 2F, se describe un cuadrante de arco, como FH, el qual se dividirá en tantas piedras, quantas huvieren de entrar en dicho arco, encaminando sus juntas al centro 2. de donde se hizo su descripción; y estas serán las plantillas para los lechos del arco sobre FP; y así de los demás.

3 Las plantillas para las otras superficies, que son como paramentos, se hallan en la corona AB, de suerte, que BK, será la plantilla para todos los paramentos de la zona KBMN; y así las otras, para las zonas sus correspondientes.

Las piedras se labrarán fácilmente trabajando primero la superficie concava con un cerchon ajustado à la concavidad del círculo ABC, cavando la piedra hasta que por todas partes se le ajuste dicho cerchon: luego se le ajustará à esta misma superficie la plantilla de su concavidad, como por exemplo, la plantilla E; y dándole à dicha superficie concava la figura E, se tomará una regla cercha, ajustada al ángulo mixtilíneo ALK, y con ésta se allanará la otra superficie plana, à quien se ajustará despues la plantilla de su propio lecho, y se concluirá esta superficie; y asimismo los paramentos, con que quedará perfecta la piedra: advirtiéndose, que todas las de una zona juntas, han de formar perfectamente un semicírculo, cuyo diametro es la cuerda su correspondiente.

### COROLARIO.

**A**si como la boveda sobredicha va regida de dos puntos, ò polos, así se pueden formar otras semejantes, regidas de tres, quatro, ò mas puntos; pero por ser esto poco estilado, y inferirse bastantemente su delineacion, de la que se acaba de decir, no añado su especial explicacion: pueda ver el curioso en el P. Dechaes lib. 4. prop. 13. El modo de formar las pechinas sobre que asientan las medias naranjas, se explicará mas adelante.

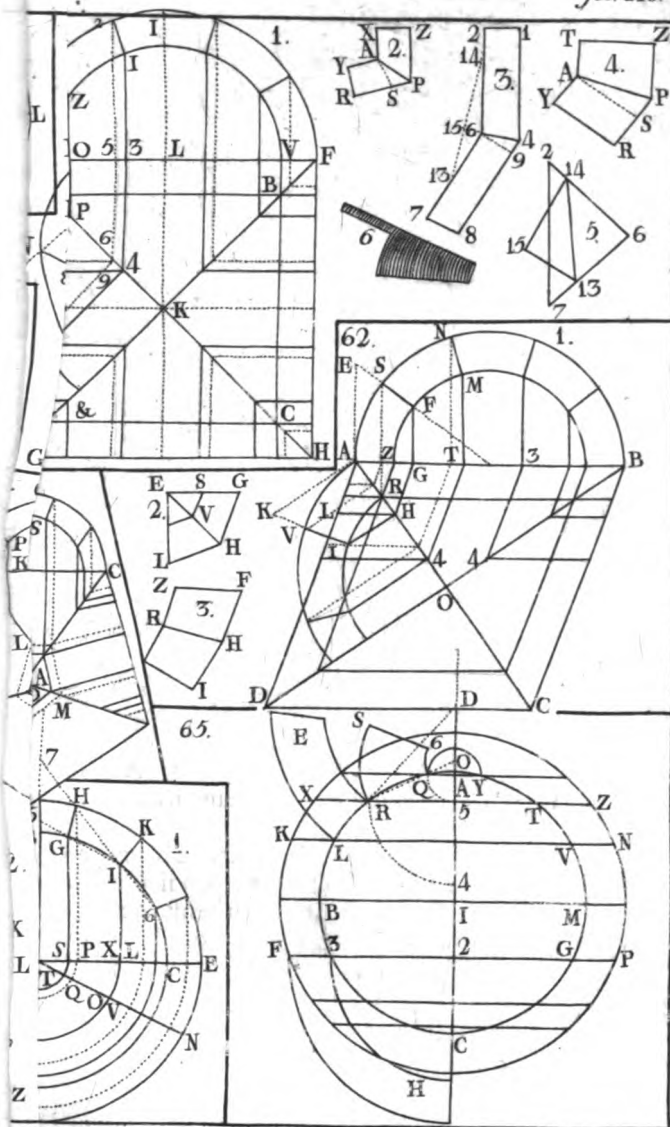
PROP.

## PROP. IX. Problema.

*Describir una buelta por igual, ò vaida sobre planta quadrada, governada por quatro polos. (fig. 66.)*

**E**Ste genero de boveda es un emispherio, pero cortado con quatro planos verticales, cada dos de ellos paralelos entre si. Para formar su idea imaginesse un circulo horizontal, y sobre el una media naranja, ò emisferio: inscrivase, ò imaginesse inscrito en dicho circulo horizontal un quadrado, y que de sus quatro lados suban perpendicularmente quatro planos, los quales cortaran el emispherio, y estos cortes seran quatro semicirculos menores; como consta de los Esphericos de Theodosio *lib. 1. propos. 2.* y la superficie espherica que quedare, hechos estos cortes, sera la buelta vaida, ò por igual, que en este caso tendra por planta un quadrado; y se edificara sobre dichos quatro semicirculos, ò formeros. Suele executarfe esta boveda en capillas, y es fuerte, y hermosa: su formacion puede regirse, ò por quatro polos puestos en sus quatro angulos, ò por uno solo colocado en la clave. Explico el primero en esta proposicion, y es como se sigue.

Sea el plano horizontal, sobre quien se ha de fabricar esta boveda, el quadrado ABCD. Tirese sus diagonales, y circunscribale el circulo, que tambien es horizontal, y porque la boveda, como he dicho, es emisferica, su monte sera el semicirculo ABC, ò otro su igual imaginado perpendicularmente levantado sobre el diametro AC. Descrivase sobre uno de sus lados AB, el semicirculo AEB, que sera uno de sus quatro formeros; los demas no es menester se descrivan. Dividase su quadrante EB en partes iguales, que sean pares, y tirese los perpendiculos a su semidiametro KB; y de estas divisiones tirese perpendiculares a la BD, continuandolas hasta el arco BC: dividase el arco residuo GC en partes iguales arbitrarias, dexando una pequena para la clave. Las subtensas de los arcos en que esta dividido el quadrante CB, continuenfe hasta que



HRicarte sculp.



que corten el diametro DB prolongado. De esta descripción se faceràn las siguientes.

Los quatro polos de que se rige esta boveda, son los puntos A, B, C, D: conque si del punto B, por exemplo, se consideran descritos unos semicirculos paralelos, sobre los radios 1M, 2N, y los demàs, serà forzoso, que los que hay desde B hasta los puntos K, y L, queden cortados de los formeros verticales, que suben de sobre las lineas BA, BC: y los demàs que hay de los puntos K, y L, hasta el diametro AC, lo estèn de los circulos semejantemente descritos de los polos A, y C, por encontrarse sobre dichos formeros, los descritos del polo A, con los descritos del polo C; y así en los demàs.

Esto supuesto, las plantillas de las concavidades se formaràn de esta manera. Tirese à parte en el num. 2. la recta OS, igual à la del num. 1. que se partirà por medio con una perpendicular arbitraria BM. Tomese con el compàs la subtença MB del num. 1. y ajustando el un pie del compàs en O, y el otro donde alcanzare à la MB, hecho centro en B, descrivase el arco OS: ultimamente por los puntos BO, BS descrivanse los arcos con el radio igual à KB, con lo qual serà el arco BO, igual al arco BP del num. 1. y quedará hecha la plantilla para la concavidad de la primera piedra angular, y ésta servirá para todas las quatro angulares. La razon es clara, porque si se considera, que sobre el diametro BD inmóvil, rueda la subtença BM, el punto M describirà un circulo sobre el radio 1M, cortado por los formeros, que estàn sobre BA, y BC; y como lo que estos cortan arriba, sea igual à lo que cortan baxo en la planta, por ser perpendiculares, serà la OS de la plantilla igual à la OS de la planta en el num. 1. y como la concavidad de la piedra sea cortada por el arco BE, y el otro su igual, que se considera sobre BC, estaràn sin duda bien hechos los arcos OB, SB, que cierran la plantilla, describiendoles con el mismo radio KB.

La plantilla para la concavidad de la piedra siguiente se describirà así. Tirese la arbitraria NB, num. 2. tomese la distancia HM del num. 1. y con ella se describirà como

an-



220 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

antes el arco OS, cuya cuerda sea igual à la OS del num. 1. luego del mismo centro con la distancia HN, se describirà el arco QR, cuya subtensa sea igual à la QR del num. 1. y por los puntos Q, O, y R, S, con el radio igual à KB, se describiràn los arcos, que cerraràn la plantilla, cuyo lado OS serà igual, y ajustará con el OS de la plantilla primera, por ser porcion del mismo arco, que arriba dixe describe el punto M, moviendose circularmente, aunque sobre el polo H. Asimismo se describirà la de la tercera piedra, usando de los intervalos IN, IT, con que quedaràn descritas las piedras que hay hasta los puntos K, y L.

Las de las otras piedras contenidas entre las KL, y AC, se haràn así. Describanse en la figura del num. 1. los cuadrantes GZ; Fz. de los centros 4. 5. los quales representan los circulos que corresponden en la boveda sobre los radios 4G, 5F. Hecho esto, describanse en el num. 3. los arcos ZY, y 2. 3. el primero con el radio igual à la VG del num. 1. y el arco 2. 3. con el radio igual à VF; y dichos arcos se haràn iguales à los ZY, 2. 3. del num. 1. y haciendo el arco 3Y, y su correspondiente, con el radio igual al XB, quedará concluida la plantilla; y así se continuaràn las demás, hasta llegar à la clave.

Las de los lechos, y paramentos se cortaràn como en la boveda de la *prop.* 6. por ir todas las juntas de las piedras al centro X, así en la una, como en la otra boveda; pero solamente con las de las concavidades se podrá concluir la obra.

El modo de trabajar las piedras serà cabarlas, dandoles à todas la concavidad del circulo maximo ABCD, para lo qual se cortará una cercha ajustada à dicho circulo: à esta superficie concava se aplicará su propia plantilla, y se le dará su figura; luego se hará una regla cercha, ò bivel, ajustado al angulo mixtilíneo IBA; y con ésta se le dará à la piedra dicho angulo por todas partes, y lados, y se allanarán los planos de sus lechos, y paramentos, que por ir sus tirantes al centro X de la boveda, todos forman dicho angulo con la concavidad. Advertiendo, que tam-

tambien han de ir al mismo centro las juntas; con que las piedras de la boveda se unen con las del arco, ò formero AEB: y por configuiente el angulo de la concavidad de la boveda con el plano de dicho formero, y los demàs, es igual al angulo mixtilineo CBX.

*Esta práctica es general, y con ella se podrán trazar semejantes bovedas vaidas sobre qualesquiera poligonos, fingiendo un polo en cada angulo, los quales solo sirven para trazar las concavidades de las piedras; porque sus tirantes, como hemos visto, son las mismas de la media naranja, que va regida por el unico polo puesto en su clave.*

PROP. X. Problema.

*Describir una boveda vaida, ò por igual sobre planta quadrada, regida por un solo polo puesto en su clave.*

(fig. 67.)

**L**A boveda que aora hemos de delinear es la misma de la proposicion passada, solo el modo de su descripcion es diferente, por ir toda ella dirigida de un solo polo, que fingimos en su clave. Sea pues su planta horizontal el quadrado CBGP: imaginefe para su monteá, que el semicirculo BCP, ò otro su igual està levantado verticalmente sobre dicho plano horizontal; y estará la clave, y polo de la boveda en el punto C, que corresponde perpendicularmente sobre el centro A. Dividate el quadrante BC por medio en D; y los arcos DC, y BD dividanse en sus juntas, dexando una piedra entera para la clave C: tirese los perpendiculos de estas juntas al radio AB; y por estas divisiones describanse los circulos paralelos horizontales que se pudiesen describir, sin cortar las lineas BC, y BG: continuenfe ultimamente las subtenfas de los arcos del quadrante BC, hasta que corten el radio AC prolongado; y hecho esto, se delinearàn las plantillas.

1 Las de las concavidades de las piedras, que hay en la boveda fuera de los formeros, se formaràn asì: Con la distancia de la pequeña cuerda CP, hagase del centro C un circulo, y este serà la plantilla de lo concavo de la  
cla-

222 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

clave. Del punto I, como centro, haganse dos arcos, uno con la distancia IP, y otro con la IQ; y cerrando con una recta, quedará hecha la plantilla para las concavidades de las piedras, que forman el primer circulo, ò zona al rededor de la clave; pero los arcos sobredichos se han de hacer iguales à los cuadrantes de las cuerdas sus correspondientes, como dixe en la *propofic.* 8. Con las distancias EQ, y ED, haganse otros dos circulos, que formaràn la porcion curva DM, y èsta serà la plantilla para las concavidades de la siguiente zona; y así de las demás hasta el punto D, que son todas las que están fuera de los formeros, sin encontrar con ellos. Para trazar las que caen entre los formeros sobredichos, y son cortadas por ellos, se procederà en esta forma.

Supongamos se ha de trazar la correspondiente à HSOVKI: descrivanse à parte num. 2. de un mismo centro con las distancias FD, FL del num. 1. las dos porciones de circulo KH, VS; y tirando la linea TO, parte de su radio, se cortarán TK, TH iguales à sus correspondientes en el num. 1. y asimismo, OV, OS iguales à los arcos OV, OS del mismo num. 1. y cerrando con los arcos HS, KV, descritos con el radio KB del num. 1. quedará hecha la plantilla. De la misma fuerte se hará la ultima, que es la correspondiente à SBV del num. 1. describiendo el arco VS con la distancia FL del mismo num. 1. y haciendo la OZ igual à la TO. Estas plantillas se harán en materia flexible, para que se puedan adaptar à las concavidades de las piedras; y con ellas solas se trabajarán las piedras del mismo modo que se dixo en la *Propof.* antecedente: y si se quisieren cortar las demás plantillas, se obrará como en la *propof.* 8.

PROP. XI. Problema.

*Describir una boveda sobre planta oval, ò elyptica*  
(fig. 68.)

**P**idete, que sobre la planta oval AEBD se fabrique una boveda. Su descripcion será facil, aunque mas tra-





trabajosa, habiendo entendido la que se dió en la *proposicion* 6. de la media naranja; porque como solo se diferencia de ella en la planta, las operaciones seguirán la misma methodo. Tirese pues sus diámetros AB, DE, que se corten perpendicularmente en C, centro de la boveda; y determinando su crassicie DF, se describirá el otro ovalo, paralelo al primero. Hecho esto, se describirá del mismo centro C; y sobre el diámetro DE, el arco DIE, que servirá de fundamental, y se dividirá en sus piedras, cuidando sean tantas, quantas hay en la media planta DAE; y de ellas se tirarán los perpendiculos acostumbrados al diámetro DE.

Si pareciere dar mayor elevacion á la boveda, que es lo mas estilado, se haria el arco fundamental sobredicho de punto levantado, dandole la misma altura que ha de tener la boveda. Este arco se imaginará verticalmente levantado sobre la DE: y de los puntos X, F, O, &c. en que los perpendiculos cortan el diámetro, se describirán elipses paralelas á las primeras, lo que bastará se haga en un solo quadrante por no multiplicar lineas; y estos ovalos serán los vestigios horizontales de las juntas de las piedras: con esto se trazarán las plantillas del modo siguiente.

Supongamos, por exemplo, se han de trazar las plantillas para las piedras comprehendidas entre el plano vertical del quadrante DI, y el plano vertical, que se imagina sobre la SC. Es constante, que los cortes verticales que hacen en las piedras estos dos planos, son los paramentos; y por consiguiente, las plantillas de los correspondientes sobre la DC, son los mismos del quadrante DI; y los mismos serian los correspondientes sobre la SC, si fuera la boveda circular: pero por ser eliptica, la SC, es mayor que DC, y el plano correspondiente sobre ella es eliptico; y así será menester formar à parte, num. 2. sobre la SC, igual á la SC del num. 1. por tranquilos, ó plomos del arco principal DI, un quadrante de arco, que será rebaxado, ó eliptico SCI; y los cortes que se ven en su frente, son los paramentos de la superficie de las piedras, correspondiente sobre la SC; y en esta misma for.

forma se harán los demás, describiendo otros cuadrantes elípticos sobre la CT, &c. hasta llegar á la CB, á quien corresponden los mismos paramentos que están delineados en el cuadrante elíptico DB.

Las plantillas de los lechos se trazarán en esta forma: El primer lecho DF, que asienta á nivel, tiene por plantilla el cuadrilátero DFVS, num. 1. pero para formar el segundo, correspondiente á la junta 2. 3. se tirará en el num. 3. la recta CD, igual á la CD del num. 1. luego se formará el triángulo CDZ, con las rectas CZ, igual á la CS del num. 1. y con la DZ, igual á la DS, también del num. 1. y se le dará á la DZ la misma curvatura, que tiene la DS; y cortando la CF, igual á la otra CF, se tirará la curva F3. paralela á DZ, y el cuadrilátero DZ3F, será la plantilla para el lecho de la junta 2. 3. Para el lecho que corresponde á la junta KL, se cortará en el num. 3. la D5. igual á su correspondiente en el num. 1. y tirando la 5C, el cuadrilátero D6. será la plantilla; y si se huviere obrado bien, la F6. será igual á la M6. del num. 1. y así de las demás comprendidas en el sector DCS.

Para trazar las plantillas de las piedras comprendidas en el otro sector SCT, se obrará del mismo modo. Las de los paramentos correspondientes á SC, se tienen ya en el cuadrante del num. 2. para los que corresponden sobre la CT, se formará sobre dicha línea en el num. 4. del mismo modo que antes, el cuadrante TIC, y allí se hallarán sus plantillas. Para las de los lechos se describirá el triángulo del num. 5. con las líneas CS, CT, ST, iguales á sus correspondientes en el num. 1. y siguiendo el mismo orden que antes, será la plantilla del lecho correspondiente á la junta 2. 3. el cuadrilátero SN; el SM, es la de KL; y SO, la de la junta siguiente; la plantilla del lecho primero que asienta á nivel, es el trapecio VT del num. 1. y así se procederá en las demás.

Solo faltan las plantillas para las concavidades, que se trazarán en esta forma. 1. Las que han de servir para las piedras contenidas en el sector DCS, se trazarán así:

Por

Por exemplo , para la primera piedra se tirará à parte, num. 6. la recta  $F_3$ . igual à la cuerda  $F_3$ . del num. 1. Saquese del punto  $F$  la porcion oval  $FV$ , igual à la  $FV$  del num. 1. formando en  $F$  el mismo angulo : saquese su paralela 3. 8. igual à la  $O_8$ . y el quadrilatero  $F_8$ . será la plantilla : y si se huviere obrado bien, la recta  $V_8$ . será igual à la subtenfa  $V_3$ . del num. 2. y así se harán las demás pertenecientes à este sector.

La del sector  $SCT$ , se harán del mismo modo ; pero tomando las subtenfas del num. 2. y 4. y las secciones elypticas del num. 1. comprehendidas entre los radios  $CS$ ,  $CT$ : como para la concavidad de la primera piedra, se tirará en el num. 7. la recta  $V_3$ . igual à la subtenfa  $V_3$ . del num. 2. y tomando del num. 1. la porcion elyptica  $V_9$ . con el mismo angulo  $V$ , y la paralela 3. 8. igual à la 8. 8. del num. 1. se tirará la 9. 8. que será igual à la 4. 3. del num. 4. y el trapecio  $V_8$ . será la plantilla; y así de las demás. Esto es algo trabajoso ; pero se podrán escusar estas plantillas de las concavidades , por quanto con solas las antecedentes, y con las cerchas, y baiveles competentes se pueden labrar las piedras.

Las reglas cerchas , ò baiveles havrán de ser diferentes, porque para los angulos de los lechos , con las concavidades, será menester uno ajustado al angulo  $DF_3$ . num. 1. para sobre la  $DC$  ; otro ajustado al angulo  $SV_3$ . del num. 2. para sobre la  $SC$  del num. 1. &c. Para los angulos de los paramentos con las concavidades , será menester uno con el angulo  $DFV$ , num. 1. para sobre la  $DC$  ; otro igual al angulo  $SVF$ , para el extremo de la primera piedra, que viene sobre la  $SC$  ; y para el de la segunda piedra sobre la misma  $SC$ , otro baivel  $SV_9$ . &c.

Advierto , que las juntas de unas piedras no han de corresponder à las juntas de las otras, si que las juntas de unas han de venir al plano de las otras, lo que hace mejor vista , y da mayor trabazon à las piedras, y firmeza à las obras , lo que se deve tener advertido en todas las bueltas de filleria.



## PROP. XII. Problema.

*Defcripcion, y fabrica de las Bovedas con cruceros de piedra.*  
( fig. 69. )

**R**econociendo los Arquitectos, que las bovedas hechas enteramente de sillares, tienen peso excesivo; y si se fabrican de solo ladrillo, no tienen tanta seguridad, y firmeza; discurrieron fabricar en ellas unos arcos de piedra, que sirvan como de nervios mas solidos, en que se afiance la seguridad de la boveda, formando sobre ellos todo lo restante de ladrillo, ò otra materia mas ligera. Supongamos pues, que sobre la planta quadrada ABCD se quiere fabricar una boveda por igual, ò vaida con los arcos traviessos, ò cruceros sobredichos.

*Operacion.* Tirese las diagonales AG, BD, y los FH, IS, perpendiculares à la mitad de los lados. Cortese la EG, que sea tres quintas de toda la EH, con poca diferencia. Tirese tambien las rectas BG, CG, y hagase lo mismo en todas las quatro partes, como se ve en la figura: sobre todas estas lineas se han de imaginar sus arcos, de quienes ellas vienen à ser plantas, ò vestigios horizontales, de suerte, que sobre las AC, BD, corren los arcos diagonales, ò cruceros: sobre los lados DC, CB, y los demàs, se forman los arcos laterales, ò formeros: sobre TG, XZ, otros llamados ligaduras; y sobre las GB, CG, y las demàs, otros llamados terciarios. Todos èltos son de piedra, y sirven para mantener todo lo restante de la boveda, que se hace de ladrillo, ò otra materia menos fuerte: su delineacion es la siguiente.

Por ser esta boveda porcion de un emispherio, seràn todos los arcos sobredichos semicirculares, ò de medio punto; los diagonales, y los que corresponden sobre TG, y ZX, seràn partes de circulo maximo de la boveda; y los demàs seràn porciones de circulos menores. Esto supuesto, prolonguese el lado CD, y tomese en èl la CK, igual à la media diagonal EC, y con esta distancia descrivase el semicirculo CLP, y este serà el arco de las diagonales.

Pa-

Para hallar la porcion de arco que le toca à la EG, se tirará la tangente LV igual à EG; y tirando la VM paralela à LK, el arco LM será el que pertenece à la linea EG. Descrivase aora del centro I, con la distancia IC, el arco CN, y este será el arco, ò formero para los lados. Ultimamente prolonguese la CG, hasta que encuentre con el circulo horizontal AOB, que es la basa circular de la boveda: hagase la C& igual à la CO, y la CR igual à CG: levantese del punto R la perpendicular RQ larga à discrecion, à quien del punto M se tirará otra perpendicular MQ: hagase un arco, que pàsse por los tres puntos C, Q, &, y el arco CQ será el propio de la CG; y este mismo servirá para la GB, y las demás sus iguales. Y la razon es, porque el arco LM es el que corresponde sobre la EG, el qual descende de la clave L, que corresponde à E, hasta el punto M, que corresponde à G: luego siendo la CO, ò su igual C&, el diametro del circulo, que corresponde à la CG, será la RQ la distancia, ò altura comun de los arcos de EG, y CG, correspondiente al punto G: luego el arco CQ es el que corresponde à la CG.

Las tiranteces de estos arcos van en cada uno à su propio centro: las porciones de boveda con que se van llenando los vacios, tienen sus tiranteces al centro E de la boveda, y las ordenes de ladrillos se van haciendo paralelas à la porcion de arco mas cercana, sea la que fuere. Adviértase ultimamente, que esta boveda tiene fuerte repulso en sus angulos, y así será menester armarla, y fortalecerla allí con buenos estrivos.

## PROP. XIII. Problema.

*Formar una boveda con arcos cruceros sobre qualquiera poligono, del quadrado arriba, que se mantenga con su propio peso, sin mas estrivos.*  
(fig. 70.)

**A**unque aora ya no se estilan semejantes fabricas, por pertenecer mas propriamente al orden Gothico, que à los otros cinco que están en uso; pero por ser

tan ingeniosas, y hallarse executadas en algunos edificios antiguos, como actualmente se ve en la Metropolitana Iglesia de València, juzgo por conveniente explicar el artificio con que se fabrican. Servirá pues de exemplo la que se halla en el Cimborio del sobredicho Templo sobre planta ochavada, y se sustenta sobre quatro arcos de punto levantado, ò apuntados: sobre los ocho lados de la planta suben à plomo ocho paredes de competente altura, y forman un paralelepipedo ochavado, que coronado con un cornijon de los que se usavan en aquel tiempo, constituye el primer cuerpo de la fabrica con ocho ventanas, una en cada lado. Sobre este primer cuerpo se levanta la boveda, que formando el segundo, cierra juntamente el edificio. Su disposicion es la siguiente.

Sea el octogono ABEN, &c. la planta de la bovedas tirente las diagonales, que se cortarán en el centro C, y éstas serán los vestigios horizontales de los arcos diagonales, y juntamente sus diametros: descríbase sobre una de ellas, como por exemplo sobre la BF, el arco apuntado BGF, cuyos centros son B, y F, à quienes se dirigirán sus tirantes; sobre el lado BA formese el quadrado BL, cuya altura AI es la del segundo cuerpo: sobre el cornijon, y sobre la HI, como diametro, descríbase el arco apuntado HLI, cuyas tirantes vayan à los centros H, I: y esto mismo se ha de suponer tambien sobre los demás lados, los quales arcos sirven de formeros para la boveda, y en ellos, y en dicho segundo cuerpo, hay otro ventanage semejante al del primer cuerpo. Sobre los arcos diagonales se edifica la boveda, siguiendo la misma montea del arco, ò formero HLI, la qual es de ladrillo de rosca, y llena los vacios ECA, ACB, &c. de los arcos diagonales, que por ser apuntada, forma en medio un angulo entrante en correspondencia de la linea QC: esto mismo se hace en todos los ochavos, y queda conciuída la obra con mucha hermosura, y suficiente firmeza, sin casi necesitar de mas estrivo, como demueltro en la forma siguiente.

*Demonstr.* Primeramente, la boveda que está sobre los

los cruceros AC, y BC, y llena el vacío, cuya planta es el triángulo ACB, tiene bastantes estrivos con las bovedas colaterales correspondientes à los triángulos ACB, y al de la otra parte; porque siendo de punto tan limitado, es poco su empujo, contra el qual tienen bastantísima resistencia las sobredichas bovedas colaterales, singularmente quando la planta es de seis, ò ocho, ò mas lados. Solo puede haver dificultad, en que, al parecer, los arcos diagonales, que son los que como nervios sustentan las bovedas sobredichas, necesitaràn de grandes estrivos, siendo así, que tienen muy pocos en la sobredicha fabrica: pero digo, que por el mismo caso que estos arcos sustentan las bovedas, no necesitan si de muy pocos estrivos; y en esto està lo mas primoroso del arte con que se mantienen semejantes obras: el qual consiste en aquel maravilloso enlace con que los cruceros, ò arcos diagonales sustentan las bovedas hechas en sus vacíos, y éstas mantienen los sobredichos arcos, y juntamente à si mismas con sus reciprocos, y encontrados empujos.

Para inteligencia de esto es menester suponer, que el arco apuntado BGF necesita, para su firmeza, de ser cargado en la clave, y juntamente en los tercios OP: de fuerte, que si estuviessse solamente cargado en OP, y no en la clave, corria gran riesgo de que la porcion de arco cerca la clave rebentassse, saltando àzia arriba; porque el peso que en PO impele las piedras àzia baxo, viene como à querer reducir el arco FG à linea recta, y por consiguiente harà furtir la clave àzia arriba, si no tiene sobre si suficiente peso. Tambien si huviessse gran peso sobre la clave, y poco, ò ninguno en los tercios O, P, el peso de la clave impeleria las piedras de OP, y si alli faltassen competentes estrivos, se arruinaria el arco; pero haviedo competente, y proporcionado peso en la clave, y en OP, no son casi menester otros estrivos, para que dicho arco se mantenga, por servirle de ellos el peso que carga en los dichos tercios O, P. Cargando pues las bovedas de ladrillo de rosca sobre los arcos cruceros, es forzoso se mantengan éstos firmes, y ser grande el peso sobre sus

ter-

tercios, donde es mayor la boveda; pues tanto es ésta menor, quanto mas se acerca à la clave, donde se termina; y tanto mayor, quanto mas se aparta de ella àzia los formeros. Con esto, y el suficiente peso que se le ha dado à la clave, se sustenta dicha fabrica sin mas estrivos, no sin grande admiracion de los que atentamente la consideran. Qual haya de ser la proporcion del peso de los tercios con el de la clave, pende de la experiencia, y del juicio del sabio, y prudente Maestro.

## PROP. XIV. Problema.

*Trazar una media naranja, cuyas piedras la vayan cerrando à manera de rosca. (fig. 71.)*

**E**N la media naranja que se describió en la *prop. 6.* se disponian las piedras circularmente, de suerte, que formando circulos paralelos, viniessen à cerrar en la clave; pero en la que agora descrivimos van subiendo las piedras enroscadas, de manera, que dando diferentes bueltas à modo de rosca, vienen à cerrar la media naranja en la clave, que es de figura circular. Esta boveda tanto como tiene de ingeniosa, tiene de trabajosa, porque cada una de sus piedras necesita de diferentes plantillas; y aunque van regularmente cortos los Autores en su explicacion, procuraré declararla con la claridad posible.

Sea el circulo ABCD la planta horizontal de la media naranja: tirense los diametros AC, DB, que se corten perpendicularmente en el centro P, desde el qual se hará un circulo pequeño OI, que será la planta de la clave. Hecho esto, se describirà la rosca dentro del circulo ABCD, que fenecerà en el circulo pequeño OI: haràle su descripcion, ò por la *prop. 19.* del *lib. 1.* de la *Geometr. Pract.* ò por qualquiera de los modos dados en la *prop. 16.* del *lib. 1.* de la *Architectura Civil.* Dividase en sus piedras, cuyas juntas, y tiranteces vayan todas al centro P de la boveda; y las de la una buelta vengan sobre el lado de las piedras de la otra, como se ve en la figura, la qual

qual representa la ignographia horizontal de la media naranja. Todo esto es facil, la dificultad està en trazar las plantillas para las piedras; y supuesto que con las mismas reglas con que se trazan las de una, se trazan todas, bastarà explicarlas en una de ellas.

Sirva pues de exemplo la piedra G, cuyas plantillas se han de cortar; y primeramente, para formar la de la concavidad, se describiràn del centro P, por las esquinas de la piedra G, los arcos MQ, Le; Va, TX, hasta el radio AP: luego se tirarán las XH, 2. perpendiculares al dicho radio; y asimismo las eR, Q3. Tirete à parte en el num. 2. una recta larga à discrecion; y con la distancia VQ, igual à PQ del num. 1. hagase el arco MN, igual al arco M4. del num. 1. y que quede dividido por medio con la recta VP: tomese la QP, num. 2. igual à la distancia H3. del num. 1. y se señalarà el punto P: tomese en el num. 1. la PX, y passese al num. 2. desde P, hasta T; y haciendo centro en T, descrivase con la misma distancia TP el arco KZ, el qual se harà igual al arco T5. del num. 1. quedando tambien dividido por medio en P: cortese la PX, num. 2. igual à H2. del num. 1. y la QY, igual à R3. tomese del num. 1. la distancia Pe, y con ella, por el punto Y, descrivase el arco OL, igual à 6L del num. 1. y con la distancia Pa, descrivase en el num. 2. por el punto X el arco HS, haciendole igual al arco 7V del num. 1. quedando estos, como los demàs, divididos por medio en Y, y X. Dividase la linea QY por medio; y por este punto, y los O, N, descrivase el arco ON: asimismo dividate XP por medio, y por este punto, y los K, S, descrivase el arco KS, y el quadrilatero ONKS ferà la plantilla que se pretende. La razon es, porque el MNKZ, seria la plantilla para la concavidad, si la piedra fuese en el num. 1. 5 TM4. y la OLHS, lo seria de la piedra 7VL6. luego el sobredicho quadrilatero NK, es la plantilla de lo concavo de la piedra G, cuya planta es 5 VM6. en el num. 1. De aqui se colige, que la primera piedra, cuya planta es AZY, num. 1. tiene triangular la plantilla de su concavidad; y à la linea, ò lado ZY, le

.cor-

corresponde la longitud igual à la AV del num. 1. segun la practica antecedente; y así de las demás.

Las plantillas de los paramentos, y de los lechos, se harán facilmente; porque hecha la plantilla de la concavidad, por exemplo, de la piedra G, como se vé en el num. 2. se formarán sobre los lados NS, y OK, las de los paramentos, y sobre ON, y KS, las de los lechos. Las de los paramentos se harán en esta forma: Tomese del num. 1. el radio PA, y descrivase en el num. 3. un arco à discrecion, y otro del mismo centro con la distancia P8. Tomese con el compàs el lado NS del num. 2. y ajústese al arco inferior del num. 3. y tirando del centro de estos arcos las lineas por N, y S, quedará hecha la plantilla para el paramento, correspondiente al lado NS del num. 2. de la misma suerte se cortará la del otro paramento de esta piedra, y todas las demás. Asimismo se cortarán las de los lechos, sin mas diferencia, que en lugar de adaptar la NS del num. 2. al arco del num. 3. se adaptará la SK del num. 2. para el lecho inferior, que es el mayor; y la ON, para el superior. En lo demás se procederá como en las medias naranjas ordinarias.

#### PROP. XV. Problema.

*Trazar la boveda, que llaman en rincon de claustro. ( fig. 72. )*

**L**lamase esta boveda *Claustral*, ò *Buelta en rincon de claustro*, por estilarse solamente en los claustros, ò corredores, que constan de cañones cilindricos seguidos, los quales al encontrarse en los angulos se cortan mutuamente, formando alli con este corte una boveda mixta de arista, y esquife, cuya idea, y formacion es la siguiente.

Sean los dos cañones cilindricos de boveda en un claustro MB, y SD, los quales vienen à encontrarse, y cortarse en la diagonal AB del rincon. Digo, que este corte es parte esquifado, y parte por arista; porque asentando el un cañon de boveda sobre la EB, y el otro

fo-

sobre la DB, es forzofo, que sobre la XB, mitad de la diagonal, formen sus encuentros un angulo entrante àzia arriba, como en las bueltas de algive, ò esquifadas. ( 5. ) Y por estar sobre las AE, y AD los vacios, ò claros de las bovedas, es forzofo, que en la otra mitad AX de la diagonal, se forme un angulo saliente àzia baxo, como en las bueltas por arista: ( 1. ) luego en el rincon AB, y sobre el quadrado AD, BE, se forma un corte de boveda mixto de esquifado, y por arista.

Esto supuesto, su formacion se hará facilmente siguiendo las reglas dadas en las *proposiciones* 1. y 5. citadas, donde explique el modo de formar las dos especies de bovedas referidas: formando la cimbra, ò cerchon AF por tranquilos del modo ordinario, y cortando las plantillas para la arista, segun se dixo en la *prop.* 1. y para la parte esquifada, segun la *proposicion* 5. Lo mas frequente en los clauftros, es hacer absolutamente sus bueltas por arista, formando tambien formeros sobre las EB, y DB. Pero si se quisiere hacer la sobredicha buelta, aunque sea sobre qualquiera especie de poligono, bastará usar de las reglas dadas en el lugar citado.

## PROP. XVI. Problema. .

*Explicase la formacion de las lunetas en un cañon seguido de boveda. (fig. 73.)*

ES frequente en los lados de las bovedas seguidas, que cubren las naves de las Iglesias, y en otras semejantes, abrir ventanas, que den entrada à la luz, para lo qual es necessario cortar en aquellos lugares la boveda, hacer formeros, y de éstos à la boveda principal, fabricar otra; y el corte que de entrambas se forma, es lo que llaman *luneta*: conque èsta consilte solamente en el encuentro de la una buelta con la otra. Y haviendose explicado en varias partes de este tratado el modo de trazar estos cortes, y encuentros, se podrá facilmente colegir el modo de trazar las lunetas, singularmente siendo tan parecidas à la *buelta por arista*, que se explicó en la  
pro-



*propof.* I. de este libro; pero para mayor facilidad, añado la explicacion siguiente.

Para formar su planta, hagase el quadrado AD, cuyo lado sea igual al semidiametro del cañon de la boveda, en quien se ha de abrir la luneta: con el lado DB, como radio, descrivase el quadrante BX, que será la mitad de lo concavo de dicha boveda, que supongo sea de medio punto. Dividase el lado AB por medio en R, y del centro R, hagase el semicirculo ATB, que será el formero de la luneta, donde se suele abrir la ventana. Tírense en el quadrado las diagonales AD, BC, y el triangulo AEB, será la ignographia de la luneta. Tírese la EF paralela à AB, que cortará al semicirculo mayor en F, y la porcion BF, es lo que ocupa en el cañon de boveda la luneta en derechura de su mitad, que es justamente el tercio de la boveda; porque siendo RE, ò BH, mitad de su semidiametro, es por consiguiente el seno del arco FX de 30. grados: luego FB es de 60. grados; y por consiguiente el tercio de 180. que es el semicirculo.

Dividase el semicirculo ATB en partes iguales, y señales, como se acostumbra; y tírense los perpendiculos, continuandolas hasta las AE, BE: y de las divisiones de la EB, se tirarán paralelas à la EF, que cortarán la porcion de circulo BF en los puntos M, N, &c. Tomese ahora con el compàs la HF, y passese desde R, hasta I, y este punto I, será el que corresponderà perpendicularmente en el ayre sobre el punto E, despues de hecha la luneta. Continúense la AB, hasta G, de suerte, que BG sea igual à RT. Vayanse passando à la BG los perpendiculos del formero ATB: tírese la GF, y las demás rectas, desde las divisiones de la BG à sus correspondientes en el arco BF, y éstas serán los lados inclinados correspondientes à las paralelas de la planta AEB; esto es, la GF es el lado inclinado que corresponde à la RE; el siguiente corresponde al 5. 5. y así los demás. Luego se formará la cimbría, ò cerchon AV por tranquilos, ò planos del perfil BHF, haciendo la EV igual à HF; y levantando de los puntos 5. 4. &c. los perpendiculos iguales à los correspon-

pendientes en el perfil BHF , con que quedará formado el cerchon rebaxado AV ; y si se imagina otro semejante sobre la BE , y que ambos se levanten perpendicularmente sobre las AE , BE , sus periferias formarán el corte de la luneta en la boveda. Con lo qual se cortaràn las plantillas para las piedras, que forman la luneta del modo siguiente.

Para las concavidades tirese en el num. 2. la HA, igual à la curva del cuadrante AT , con sus mismas divisiones : y sobre la AB , que es igual à la curva AQ del num. 1. con la AC, igual à la curva AO del num. 1. y la BC igual al lado inclinado KM : hagase el triangulo ABC , y será la plantilla de la primera concavidad correspondiente à AQ. Para la concavidad de la piedra siguiente , sobre la DB , y BC del num. 2. se formará el cuadrilatero DECB: tomando la CE igual à la OP del num. 1. y la DE igual al lado inclinado LN , y quedará hecha la plantilla , y así se continuará en las demás concavidades.

Adviertase , que para firmeza de la obra es menester, que algunas piedras formen la arista de la luneta ; de modo , que parte de ellas pertenezca à la luneta , y parte à la boveda : y así es menester, que por la parte perteneciente à la luneta tengan la concavidad propia de ésta , y por la otra parte tengan la de la boveda, cuya plantilla se formará por las reglas dadas en las *proposiciones* 14. y 40. del *lib.* 2. donde se tratò de este genero de bovedas, y arcos.

Para formar las plantillas de los lechos , se describirá sobre el formero ATB su circunferencia exterior , y así mismo sobre BF la de la boveda : y por tranquilos se hará tambien la periferia exterior sobre la forma AV de la arista ; lo que por ser bien sabido, y no aumentar líneas, se supone hecho en la figura. Omito aqui la formacion de las demás plantillas, por colegirse bastantemente de la *proposicion* citada.

Adviertase , que las tiranteces de los lechos han de ir àzia el exe de la luneta, que es inclinado , y paralelo al lado inclinado FG del num. 1. y se perficionaràn ellos , y  
las

236 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA:

las concavidades con una regla cercha, que lleve el angulo mixtilineo ZQA; pero aplicandola siempre, de fuerete, que guarde el paralelismo con el plano del formero ATB, à quien se haràn paralelos los paramentos de las piedras, menos los que terminàren en la arista: y por consiguiente, el angulo que hacen con las concavidades, es igual al complemento de los angulos HFG, &c. al semicirculo. Si se quisiere que la luneta tuviesse tambien curvatura à la pechina, se les darà dicha curvatura à los lados inclinados GF, y los demàs à arbitrio prudente del Artifice; y segun ellos, se fabricaràn los cerchones para darles aquella forma à las piedras: y esto hace sin duda mas garbosas las lunetas.

PROP. XVII. Problema.

*Explicase la formacion de las lunetas en una media naranja.*  
(fig. 74.)

Suelense muchas veces fabricar las medias naranjas sin linterna, cargandolas inmediatamente sobre sus quatro arcos, ò formeros: y en este caso las ventanas que havia de tener la linterna, se pueden abrir en la media naranja, cortando alli proporcionadas lunetas, que à mas de la conveniencia de la luz, le acarrearàn no poca belleza, y hermosura. El modo de trazar estas lunetas es el siguiente.

Sea el circulo ADBE la planta de la media naranja, que se dividirà en ocho partes iguales, y se tiraràn los diametros AB, ED, &c. y para que la luneta llegue hasta el tercio de la boveda, se le darà à su planta la mitad del semidiametro. Dividase pues el arco AD por medio en F, y tirese el radio FC, que se partirà por medio en G. Dividase el arco FA en tres partes iguales, y se notará una de A hasta H, y otra de D à I: tirense las rectas GH, GI, y el triangulo HGI ferà la planta de la luneta. Del punto K, como centro, descrivase el formero HLI, que se dividirà del modo acostumbrado en sus piedras, ò dobelas, y se tiraràn los perpendiculos à su diametro HI,

COMO

como otras veces, continuandoles hasta los lados GH, GI de dicho triangulo; y las lineas NT, OM, KG, &c. seràn las ignographias de los lados, ò juntas.

Continuese aora la HG hasta P, y dividiendo la cuerda HP por medio en Q, serà HQ el semidiametro del circulo, cuya porcion forma la arista en la media naranja. Descrivase pues del centro Q el arco HX à discrecion, y levantese la perpendicular GX, y el arco HX serà la arista; y GX el perpendiculo, ò elevacion del punto X sobre el punto G puesto en el plano horizontal: tirense tambien las MY, y TZ paralelas à GX, y seràn los perpendiculos correspondientes en la arista à los puntos M, T de la planta. Con esto se podrà trazar las plantillas, sacando primero los lados inclinados como se sigue.

Tirese à parte en el num. 2. la recta GK, igual à la GK del num. 1. Levantese la perpendicular GX igual à la GX del num. 1. y la KL, igual à la KL; y la linea XL serà el lado inclinado, cuya planta horizontal es GK. Cortese en el num. 2. la KM, igual à la OM: levantese la perpendicular MY, igual à la otra MY; y la KR, igual à la OR; y la YR serà el lado inclinado correspondiente à MO del num. 1. Asimismo tomese la KT, igual à la NT: levantese la perpendicular TZ, igual à la otra TZ; y cortando la KS igual à la NS, la ZS serà el otro lado inclinado.

De aqui se sacaràn las plantillas para las concavidades, y para los lechos de la misma fuerte que en la *prop. 15. del lib. 2.* usando con el mismo orden de las dobelas, ò divisiones del formero HLI, y de las de la arista HX; y de los lados inclinados hallados en la *fig.* del num. 2. las quales operaciones no repito, por ser totalmente las mismas.



# LIBRO V.

## DE LAS BUeltas PARA ESCALERAS , y otros Arcos , y Bovedas irregulares.

### PROP. I. Problema.

*Describir un Arco , ò Boveda , que corra en forma de anillo , ò corona. (fig. 75.)*

**E**Ste genero de bueltas sirve para cubrir corredores circulares , que forman una como corona , ò anillo. De lo que se ha dicho en los libros antecedentes no será difícil su descripción. Sea pues el semicírculo XAM la mitad de un patio , ò descubierta circular , por cuyo rededor se ha de formar un corredor cubierto con boveda de medio punto , que por consiguiente formará una corona , ò anillo : y sea la planta de su cuadrante MACN. Divídase la circunferencia CN en las partes iguales , ò piedras que se quisiere ; y tirense à las divisiones los radios IC , IO , IP , &c. Sobre uno de ellos describáse el arco AGCBHD , dividido en sus dobelas , y con los perpendiculos ordinarios ; y de los puntos en que éstos cortan al diámetro AC , describáse del centro I los cuadrantes que se ven en la figura ; y el arco BHD será la montea , ò perfil de la boveda , que se imaginará vertical ; y los cuadrantes contenidos en ACNM serán los vestigios de las juntas de sus piedras. Con esto se cortarán las plantillas como se sigue.

Primeramente las de los paramentos , ò frentes se hallan descritas en el arco BHD.

Las

2 Las plantillas para los lechos primeros seràn , para el de DC, el quadrilatero DO ; y para el de AB , serà el quadrilatero AK. Para trazar la del lecho correspondiente à FE, se tirará à parte en el num.2. una linea à discrecion; cortando alli la I3. igual à la I3. del num. 1. se hará con esse intervalo el arco PQ, igual al arco 3R del num.1. de fuerte, que quede dividido por medio en el punto 3. Luego se cortará alli la 3. 2. igual à la FE, num.1. y se tomará de dicho num. 1. la I2. y puesto el compàs en el punto 2. del num. 2. se señalará el punto S, y de S, como centro, se describirá el arco NM, igual al 2V del num. 1. de fuerte, que quede dividido por medio en el punto 2. y cerrando con las PN, QM, serà el trapecio PM la plantilla que se desta: y de esta misma fuerte se trazaràn las demás.

3 Las de las concavidades se haràn de la misma fuerte: sirva de exemplo la que ha de servir para la concavidad FD. Tirese en el num. 3. la I3. igual à la I3. del num.1. y con esta distancia hagase el arco FR, igual al arco 3R del num. 1. tomese en derechura de la I3. la 3D, igual à la curva FD del num. 1. y tomando la distancia ID del num.1. se notará con ella en el num. 3. la distancia DS, y con ésta, hecho centro en S, se tirará el arco PQ, igual al DQ del num. 1. cuidando queden entrambos arcos divididos por medio en los puntos 3. y D; y tirando las FP, RQ, el trapecio FQ serà la plantilla.

### ADVERTENCIAS.

1 **S**I solo se edificasse la mitad del arco HGCD por todo el corredor , ó corona , se mantendria sin riesgo , por sustentarse las piedras unas à otras con sus tirantes; porque siendo mas anchas por la parte que mira àzia C, que por la otra , es forzoso se sustenten unas à otras , estando perficionada toda la corona : lo que no podrá ser , si se fabrica mas de la mitad DZ , porque la piedra Z caerá sin duda por la razon opuesta.

2 Cuidese , como en otras bovedas , que las juntas de unas piedras no vengán sobre las juntas de otras , si encontradas: esto es , las juntas de unas sobre el lado de las otras ; lo que es

ne-

necesario para la firmeza, y trabazon de la obra : lo qual se hará describiendo sobre AC, ò otro diametro, un otro arco como el AGD con las juntas, ò dobelas encontradas à las de AGD, valiendose despues alternativamente del uno para un orden de piedras, y del otro para las de otro orden.

3. De la misma manera se fabricará este genero de bovedas anulares, aunque sean rebaxadas, ò de punto subido, formando solamente el perfil, ò arca fundamental sobre la AC de qualquiera de las sobredichas especies.

## PROP. II. Problema.

Describir un Arco, ò Boveda en forma de corona eliptica.  
(fig. 76.)

Supongase una corona eliptica, cuyas dos elipses sean concentricas, y disten igualmente entre si, que formen un corredor, que se haya de cubrir con una boveda de medio punto. Sean pues los quadrantes elipticos ABCD, que forman el quadrante de la planta de la boveda : del centro E, que es comun à entrambas elipses, describafse el quadrante de circulo AF, que se dividirá en partes iguales, segun el numero de las piedras que han de caber en la periferia horizontal del anillo, ò corredor: del centro E por estas divisiones tirense radios, que traviessen toda la planta, y feràn, segun lo supuesto, los segmentos comprehendidos entre las elipses AB, DC, todos iguales : sobre uno de ellos, como por exemplo sobre AD, describafse el arco doble AHD dividido en sus dobelas, de quienes caigan los perpendiculos acostumbrados sobre su diametro AD; y por las divisiones de AD describanse quadrantes elipticos paralelos, que dividiran los radios, conforme lo está la AD: con esto se harán las plantillas como se sigue.

1 Las de los lechos primeros, que asientan à nivel, son DT, y AX : las otras se formarán afsi. Supongamos se quiere trazar la del lecho correspondiente à la junta GH, cuya ignographia son las lineas curvas KL, MN; y para mas facilidad dividanse por medio en O, y P, con la EP, y

tirense las cuerdas KO, OL, MP, PN. Hecho esto, tirese à parte en el num.2. la OP, igual à la GH del num.1. tirense las perpendiculares OK, OL, PM, PN, iguales à las del num. 1. y cerrando con las KM, LN, serà el quadrilatero KN la plantilla del sobredicho lecho: y aunque es verdad que las KL, MN hayan de ser curvas, segun su elipse; pero se desprecia este pequeño error, como insensible en las piedras, singularmente quando la boveda es crecida. De esta misma fuerte se trazaràn las demàs, que seràn todas diferentes por la varia curvatura que tiene la elipse en diferentes partes del quadrante.

Las de las concavidades se trazaràn con el mismo artificio: sirva de exemplo la concavidad GV, cuyos lados tienen por ignographia las lineas KL, ST: tirese à parte en el num.3. la OK, igual à la GV del num.1. tirense las perpendiculares OK, OL, RS, RT, iguales à las del num. 1. y cerrando con la KS, LT, serà el trapecio LS la plantilla que se pide. En esta boveda se observaràn las mismas advertencias dadas en la proposicion antecedente.

### PROP. III. Problema.

*Fabricar un medio arco, ò boveda sobre planta quadrada, que infista firme sobre un pie solamente.*

(fig. 77.)

**D**Ixe en las proposiciones antecedentes, que la boveda anular, que se edifica sobre un claustro redondo, ò eliptico, se mantendrá sin riesgo con un solo pie, mientras que su buelta no exceda la mitad de su arcuacion. Esto mismo sucederà sin duda, edificando este modo de boveda sobre un corredor, ò claustro quadrado; y podrá servir para rodear con un portico qualquier patio, ò plaza quadrada, que se mantendrá aun con mayor seguridad, que sobre piedras largas, que de las paredes salgan abanzadas àzia fuera.

Sea pues KL la mitad del quadrado que se ha de circuir con dicho genero de boveda, dexando descubierto el quadrado HI: tirense las diagonales GL, GY; y del



242 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

centro C, con la distancia GI, descrivase un semicirculo: dividase el arco II en qualquiera partes iguales, segun huviere de ser la magnitud de las piedras; y por las divisiones tirense del centro G las rectas AB, CD, &c. Trasladesse à parte en el num. 2. la linea AB, y descrivase sobre ella el quadrante doble VB, que se dividirà en sus piedras, y se tirarán sus perpendiculos al radio AB del modo ordinario: las divisiones de este radio AB, trasladesse à la AB del num. 1. y por cada division tirense paralelas à la LY.

Trasladesse tambien à parte en el num. 3. la recta CD del num. 1. con sus divisiones, de las cuales se levantaràn perpendiculares, iguales à los perpendiculos del num. 2. y guiando lineas por sus extremidades, se havrà descrito un quadrante rebaxado, ò eliptico. Esto mismo se hará sobre la EF, y sobre la IL, y sobre todas las rectas que se huvieren tirado del centro G. Y se trazarán las plantillas del modo siguiente.

1 En el arco del num. 2. se hallan formadas las plantillas de los paramentos, que se terminan, ò corresponden sobre la linea AB del num. 1. En el arco hecho en el num. 3. se hallan las de los paramentos correspondientes sobre la CD; y así de las demás.

2 Las plantillas para los lechos se harán en esta forma: Pídesse, por exemplo, la del lecho NO, num. 2. tirense en el num. 4. la NO, igual à la NO del num. 2. levanten se las perpendiculares NN, OO, iguales à sus correspondientes en el num. 1. y con sus mismas divisiones; y tirando las lineas obliquas de una à otra division, se tendrán en el trapecio NO, todas las plantillas de los lechos correspondientes à la NO del num. 2. De la misma suerte se hallarán las de la junta PR, tirando à parte la PR, y levantando las perpendiculares iguales à las PP, RR del numero 1. y para la junta QS, numero 2. serviràn las perpendiculares QQ, SS del numero 1. y así de las demás.

3 Las plantillas para las concavidades, como por exemplo, para la VN del num. 2. se tirará en el num. 5. la

VN

VN, igual à la subtenfa VN: levantenfe las perpendiculares VI, NN; iguales à la AI, NN del num. 1. con fus divisiones, y se tendràn dichas plantillas: para la concavidad NQ se tirará à parte la subtenfa NQ, y se levantaràn las perpendiculares iguales à las NN, PP, que fon fus correspondientes en el num. 1. y afsi de las demás.

*Este genero de boveda formará en los rincones del quadrado angulos entrantes, como la buelta esquifada, por mover sin formero alguno.*

#### PROP. IV. Problema.

*Explicanse las reglas que se deven observar en la fabrica de las escaleras.*

**S**On las escaleras partes muy principales de un edificio, y por consiguiente deve poner el Architecto especial cuidado en su disposicion; porque siendo lo primero, que dentro de la fabrica se ofrece à los ojos, seria gran descrédito de la obra, encontrassen èstos tan presto cosa que reprehender. Tratan de ellas algunos Autores, singularmente Andres Palladio en el *lib. 1. cap. 28.* Unas tienen planta rectilinea, y se llaman *rectilneas*, cuyos buelos van siguiendo los lados del rectilíneo, formando sus descansos en los angulos; otras son circulares, que vulgarmente llamamos *caracoles*, y suben seguidamente en forma de espira: unas, y otras tienen bien en que entender, especialmente fabricandose de fuerte, que por una parte queden abiertas, y como suspensas en el ayre.

Las leyes que deven observar para que sean descansadas, y garbosas, son las siguientes. 1. Que los escalones ni tengan notablemente mas altura que de medio pie, ni menos que un tercio de pie. 2. De ancho han de tener casi el passo natural, y afsi no han de tener menos de pie y medio, ni tampoco conviene passen notablemente de dicha medida. 3. Los grados sean nones, no pares, para que si al subir se pone el pie derecho en el primer escalon, que es lo mas natural, con esse mismo se entre en el

Q 2

quar-

quarto de arriba. 4. El numero de las gradas en cada ramo, ò buelo sean 7. ò 9. porque con esto, ni se tarda mucho, ni se acelera sobrado el llegar al plano, que sirve de descanso. 5. El estilo ordinario es mover las escaleras àzia la izquierda del que sube, dirigiendo àzia aquel lado sus buelos; y lo contrario tuele tenerse por defecto.

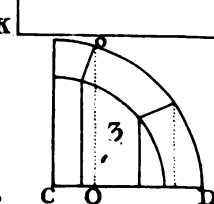
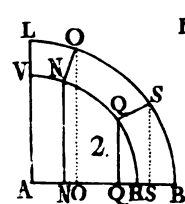
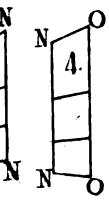
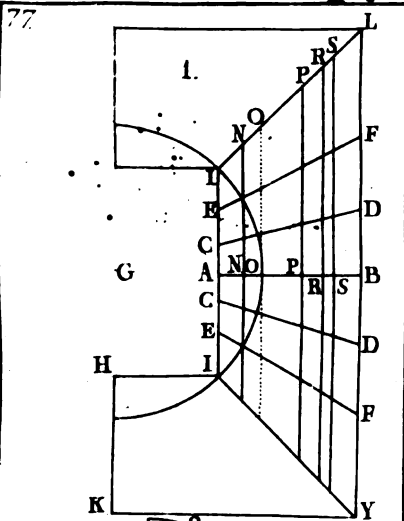
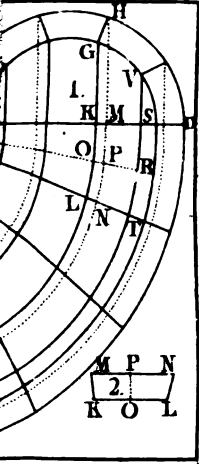
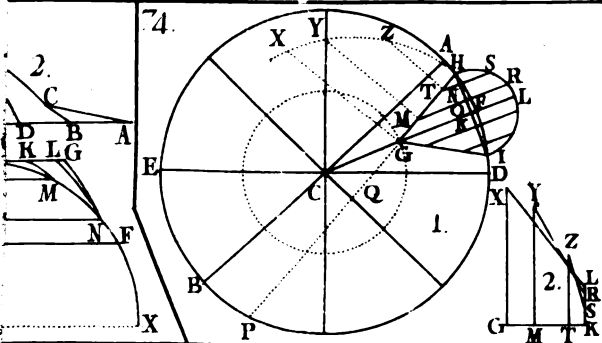
Estas leyes se observarán quando fuere posible, porque muchas veces se verá obligado el Architecto à desviarse algo de ellas, singularmente para ajustar los buelos de la escalera à las entradas de las estancias, y quartos; pero deve procurar plantear, y disponer la fabrica de tal fuerte, que la escalera principal no se fabrique en lugar condenado, y darle la capacidad competente, para que subiendo con suavidad, vengan sus ramos ajustados à las entradas de las piezas. El modo de fabricar, y trazar los principales generos de escaleras, se explica en las proposiciones siguientes.

PROP. V. Problema.

*Trazar, y fabricar un Caracol sin boveda. (fig. 78.)*

**A**unque estas escaleras circulares no sean hermosas, pero su fabrica lleva mucho ingenio, y artificio. Este modo primero de fabricarlas no es el mas ingenioso, por carecer de la boveda espiral, de que trataremos luego. Sea pues el circulo ABGA el concavo del caracol, y el otro circulo exterior su convexo: tenga la circunferencia interior, ò concava 44. pies, y por consiguiente el diametro AN tendrá 14. pies: labrese pues la piedra IFDK, que tenga de I à E cinco pies, de E à F un pie, y de E à N, ò de N à C otro pie, y de grueso medio pie; y que los lados FI, DK vayan al centro L, desde el qual se describirà en ella el arco EC, señalando juntamente la linea MN. Labrense en esta forma 44. piedras, y estas seàn las bastantes para que el caracol de una buelta, cuidando de señalar en todas el arco EC, y la linea MN, porque son necessarias.

FI



H. Ricarte fulp.



El assentarlas es muy facil. Pongase la primera piedra en el suelo, de modo, que la porcion EFCD entre en el muro, que se puede ir fabricando juntamente. La segunda piedra se pondrà sobre la primera, de suerte, que su borde cayga sobre la linea MN de la primera, y así hasta el fin: con lo qual tendràn los escalones en CN de ancho un pie; y en medio quedará vacío el círculo PQMO de dos pies de diametro. Y como los 44. escalones que componen una buelta, tengan de alto medio pie, ocuparán 22. pies; y quitando medio pie del primer escalon, havrà entre una buelta, y otra 21. pies, y medio, altura bastante para que esta escalera sea magestuosa. La firmeza de estas escaleras consiste en lo que entran las piedras en el muro, y en que las unas sirvan de lecho, en que descansan las otras; pero frequentemente para su mayor estabilidad se fabrica, de suerte, que estendiendose cada piedra à formar un círculo igual al OPQM, vienen à formar un pilar en medio.

## PROP. VI. Problema.

*Trazar un caracol circular, que suba formando boveda espiral, y suspensa por la parte interior en el ayre.*  
(fig. 79. y 80.)

**L**A formacion de esta escalera, y la causa de su firmeza, se colige de lo dicho en las tres proposiciones primeras de este libro; pues solo se distingue de la boveda descrita en la *prop.* 2. en que aquella corre en igual distancia al horizonte, y esta sube formando rosca, ò espira. Tienen poca dificultad los cortes de sus piedras, y su delineacion es como se sigue.

Sea el quadrante ABC planta de la quarta parte del cilindro concavo por donde ha de subir el caracol: descrivase sobre la CA la porcion AD de un arco rebaxado, ù de medio punto, segun le pareciere mas proporcionado al Architecto. Tirese la perpendicular D7. y C7. será el semidiametro del vacío que ha de quedar en medio. Dividase el sobredicho arco en sus dobelas iguales, y tirense

246 TRAT. XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

se los perpendiculos à la 7A del modo ordinario : luego del centro C , por las divisiones de la 7A , descrivanse cuadrantes de circulo , que seràn los vestigios horizontales de los ordenes de las piedras. Sean AG , GH los espacios , que ocupan dos escalones , cuya altura sea la linea K. Tirense ultimamente las cuerdas AH , KL , &c. y con esto se passará à trazar las plantillas , como se sigue.

1 Las frentes de las piedras , ò paramentos tienen sus plantillas en el arco AD. Para trazar las otras plantillas, es menester hacer primero para cada piedra una preparacion del modo siguiente.

2 Para la piedra AF se tirará en el num. 2. la recta HA , igual à la HA del num. 1. y en ella se notará la ON, igual à la ON del num. 1. de suerte , que los excessos NA, OH queden iguales : señálense estas dos lineas en una misma , por estar en la obra en un mismo plano : levanten se las perpendiculares AQ, NR, iguales à la linea K, altura de la grada , y tirense los lados inclinados HQ, OR. Tomese del num. 1. la perpendicular PF, y pongase en el num. 2. sobre la ON perpendicularmente de qualquiera punto E, y será la EP : hagase la MP paralela à HA , è igual à la MP del num. 1. levantese la P8. perpendicular à MP, è igual à la linea K : juntese la recta M8. y tirese à ella la perpendicular R5. tirese la paralela LK igual à su correspondiente en el num. 1. y distante de la HA , toda la NK igual à la KX del num. 1. hagase la perpendicular K9. igual à la altura K de la grada : tirese el lado inclinado L9. y èsta será la preparacion para la primera piedra.

3 Para la segunda piedra F5. se tirará à parte en el num. 3. la MP igual à la del num. 1. y sobre ella , en distancia de la VX igual à la del num. 1. se tirará la paralela LK , igual tambien à su correspondiente : luego se tirará la 2. 3. igual à la 2. 3. del num. 1. y distante de la MP, quanto es la EE, igual à la TN del num. 1. Ultimamente tirese la paralela ZY igual à la ZY su correspondiente en el num. 1. distante de la MP, quanto es la 9. 5. del

del num. 1. levántese al cabo de cada una de estas quatro líneas , una recta perpendicular , igual à la línea K , y tirando como antes los lados inclinados , quedará hecha la preparacion para la segunda piedra.

4 Para la tercera piedra D $\zeta$ . se tirará en el num. 4. la línea 3. 2. igual à su correspondiente , num. 1. y se hará la paralela 8. 7. igual à la 8. 7. del num. 1. y distante de la 3. 2. quanto es la 3D del num. 1. luego se hará la otra paralela ZY , igual à su correspondiente , y distante de la 3. 2. segun la 4. 5. del num. 1. ponganse à cada una de las tres líneas de las perpendiculares iguales à K , y tirense los lados inclinados , formando los triangulos que se ven en el num. 4.

Hechas estas preparaciones , se trazarán las plantillas en esta forma ; y empecemos por la piedra FA. La plantilla para el lecho de NA , se formará tirando en el num. 5. la HQ. igual à la del num. 2. y levantando en medio la perpendicular dg , igual à la gd del num. 1. se tirará la OR , igual à la del num. 2. cuidando sean gR , gO iguales , y el trapecio OQ , será la plantilla del lecho NA , que no será llana , si algo garceada , como lo indica el cortarse las HQ , OR del num. 2.

De la misma manera se hará la plantilla para la concavidad FN , tirando en el num. 6. la recta OR , igual à la del num. 2. y levantando la perpendicular R $\zeta$ . igual à la del num. 2. y haciendo la 5M , y 5. 8. que sean una paralela à la OR , è iguales à las del mismo num. 2. quedará hecha la plantilla.

La del lecho de FX , se hará como la plantilla para el lecho NA , tirando paralelas las líneas M8. L9. del num. 2. distantes entre sí quanto distan las del lecho del num. 5. De esta misma suerte se harán las plantillas para las demás piedras , usando de sus preparaciones propias , esto es , para la piedra F $\zeta$ . se tomarán los lados del num. 3. y para la siguiente , del num. 4.

Para tornejar las piedras , así las que forman el vacío , ò ojo del caracol , como lo que termina en la pared , se cortarán las cerchas como se sigue.

Vea-



248 TRAT.XV. DE LA MONTEA, Y CANTERIA.

Vease la figura 80. en la qual el semicirculo A7B es lo concavo que forman las paredes que contienen el caracol; y el semicirculo IHP, es el que forma el ojo, ò vacío: las líneas CL, EM, &c. son la planta de los escalones. De los puntos I, L, M, &c. levántense perpendiculares à la AB indefinidas, y en ellas se señalarà la altura de los escalones, en esta forma: La 3. 6. será igual à la altura de un escalon: en 5. 8. se pondrán dos alturas: en 7. x, tres; y así consecutivamente: y guiando una línea curva por los puntos 9. 6. 8. &c. servirá para cortar la cercha, que ha de servir para moldear la piedras por la parte que forman el ojo, como luego verèmos.

Asimismo, de los puntos A, C, E, &c. se levantaràn perpendiculares; y tomando en la que sube de B, la SR igual à la altura de un escalon; y en la siguiente, la altura de dos; y en la tercera hasta G, la misma altura, se continuará un cierto perfil de los escalones, como se ve en la figura: determinese despues la GI, igual à lo que dista lo concavo de la boveda junto à la pared de los escalones, y esta distancia se pondrà en QX, y en todas las demás perpendiculares; y guiando por los puntos señalados la curva ZIX, servirá para cortar la cercha, que ha de servir para moldear las piedras por donde unen con la pared.

El modo de cortar estas cerchas es facil, porque dándole à la madera la misma periferia FD, ò cavandola, segun ella, horizontalmente se le darà en el cabo F la altura igual à 11; y en el otro la de 44. y aserrandola segun la línea I4. quedará formada la cercha. De la misma manera se formaràn las de la concavidad del ojo, dandoles la curvatura horizontal propia de este, como la NO; y levantando en sus extremidades las perpendiculares 5. 8. y 3. 6. y cortando segun la 8. 6.

*Adviertase lo 1. que para mayor firmeza de la obra convendrá mucho que las juntas de unas piedras vengan en medio de las otras piedras, como en otras ocasiones se ha advertido. 2. Cuide-se que el primer orden de piedras, que assienta sobre el suelo, este firme, de suerte, que no puedan ellas re-*

tro-

*troceder; y que el ultimo de arriba se refirme contra la pared con un arco, ò boveda, porque de otra suerte, quedando por aquella parte sin arrimo, correria algun riesgo.*

*Afsi como en el caracol que se ha delineado es la planta circular, puede ser oval, ò eliptica; puede tambien el caracol circular, ò eliptico formarse dentro de un paralelepipedo, afsi como los sobredichos se encierran en un cilindro; y porque las operaciones son las mismas, y se executan con el mismo orden, y reglas arriba dichas, no me detengo mas en este punto.*

## PROP. VII. Problema.

*Fabricar una escalera quadrada con bueltas à nivel, suspensa por la parte interior en el ayre. (fig. 81.)*

**S**Ea el quadrado ABCD el ambito interior de las paredes, donde se ha de fabricar la escalera; y determinada su amplitud AL, segun la *propof.* 4. se notarán en los quatro angulos las distancias ID, DM, &c. iguales à AL, y tirando las paralelas quedará formada la planta, en quien los quadrados AE, DF, BH, GC, son las plantas de los descansos, ò mesas; y los quadrilongos EI, &c. son las plantas horizontales de los buelos; y el quadrado HF, será el vacío de la escalera: y porque en cada buelo ha de haver, por exemplo, siete escalones, cada uno de medio pie de alto, se tirará la LK, en derechura de EL de tres pies, y medio, que es la altura de todos juntos. Tirese la KI, que representará la inclinacion de los grados; y la linea NK, paralela à AL, que será el lado del descanso: determinese la KO, craficie de las piedras, y tirense las paralelas à las NK, KI. Hecho esto, escojase qualquiera centro V: dividanse las NK, KI, arbitrariamente en sus piedras, y de las divisiones tirense las juntas al centro V, y quedará trazada la buelta, y ramo de la escalera, cuya firmeza proviene de ser NKI, como un arco à nivel, ò adintelado.

De la misma fuerte se formará el otro ramo, cuya planta es QH, que empezará à mover de sobre la NK, correspondiente à su vestigio, ò planta QE. Las plantillas para los paramentos se ven formadas en PKOI, las de-

demàs se haràn facilmente por las reglas dadas en el *lib. 2. propos. 6.* de los arcos à nivel, que por ser cosa facil, no repito; pero se ha de advertir lo primero, que en KO no ha de haver junta, si que unas mismas piedras han de ser comunes al ramo, y al descanso. Lo segundo, que las paredes han de ser bien firmes, y de competente crassicie, por ser grande el empujo de estas bueltas. Y lo tercero, que las piedras extremas, como TP, y RS, han de entrar en la pared, para lo qual se formaràn en ella los salmeres, ò enfarchados que se ven en la figura.

Tambien se le puede dar curvatura al arco, ò ramo KORS, como veremos en la propos. siguiente, donde describiremos otro modo de escalera mucho mejor que el sobredicho.

#### PROP. VIII. Problema.

*Formar una Escalera como la sobredicha con bueltas que formen arista. (fig. 82.)*

EL siguiente modo de formar semejantes escaleras, es el mas frequente, y aunque sus cortes sean mas dificultosos, pero es mucho mayor su magestad, y hermosura, y aun mayor la seguridad de su fabrica.

Sea pues el quadrado ABCD su planta, que se dispondrà como la precedente. Sea RS de tres pies, y medio, que es la altura de siete gradas de à medio pie; y con esto, por ser quatro los ramos, distarà el uno del otro, que le corresponde encima, lo bastante para desahogo de la escalera. Del punto C, como centro, ò otro elegido à prudencia del Architecto, con la distancia CS, describase el arco PSN, y otro IO, distante un palmo, ò un pie del sobredicho; y quedará formado un buelo de la escalera, que se dividirá en sus piedras, encaminando las juntas al centro C: luego se describirà el arco MS, que de tal suerte toque en S, que aunque prosiguiesse no cortasse al arco SN, el qual se dividirá en las partes que pareciere en 1. y 2. Tirensé los perpendiculos de dichas divisiones à la AR, continuandoles hasta la diagonal AE, de donde se tirarán las 3. 3. 4. 4. paralelas à TE; y asimismo tirensé los

los perpendiculos de las divisiones del arco SZ à la RX, prolongandolas hasta la EF; y quedará formada la planta, y perfil de un buelo de la escalera, de donde se podrán sacar las plantillas para labrar las piedras, como se sigue.

1 Las de los paramentos están ya hechas en el perfil IPNO. Para trazar las demás, se ha de suponer, que esta buelta fuele ser embocinada: esto es, por la parte correspondiente à la EF tiene mayor altura sobre la dicha línea, que tiene el arco PSZ sobre la ARX; conque las juntas, cuyas ignographias son 6. 7. 9. 10. &c. han de ser algo mayores que éstas, por ser inclinadas: conque primero será menester sacar estos lados inclinados en la forma siguiente.

2 Tirese à parte en el num. 2. la línea 6. 7. igual à la 6. 7. del num. 1. levántese la perpendicular 6. 5. igual à la del num. 1. y la 7. Q, igual à la altura, que segun voluntad del Artifice ha de tener la buelta por el lado correspondiente sobre la EF; y la Q5. será el lado inclinado; y así de las demás.

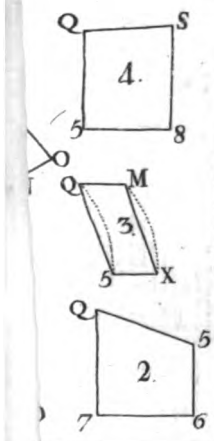
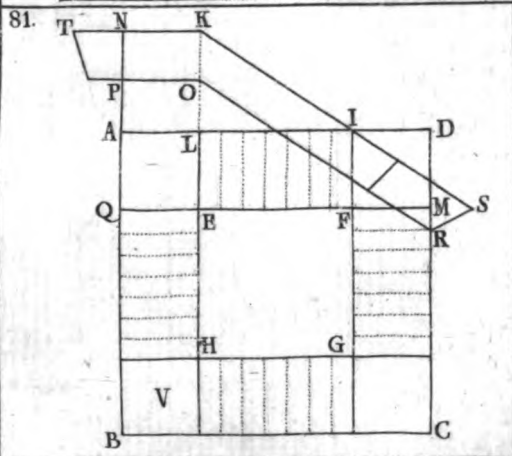
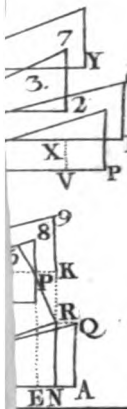
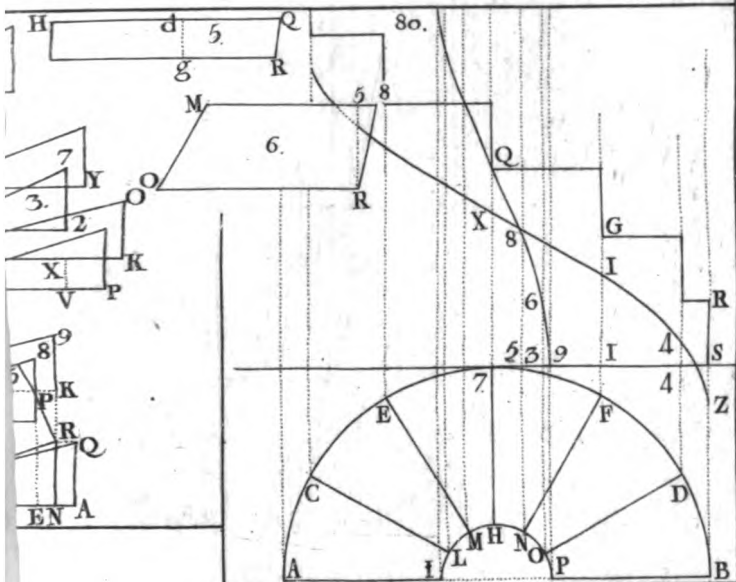
3 Para formar las plantillas de los lechos, se obrará así. Sirva de exemplo el que corresponde à la junta 5X: tirese à parte en el num. 3. la 5X, igual à la sobredicha: hagase el ángulo Q5X, igual al ángulo Q56. del num. 2. y haciendo la Q5. igual al lado inclinado Q5. de dicho num. 2. y tirando la XM, igual, y paralela à la 5Q, el quadrilatero QX será la plantilla de aquel lecho: y porque se acostumbra dar tambien curvatura à la concavidad de esta buelta à prudencia del Artifice, formando como pechina, se les dará à los lados Q5. MX la dicha curvatura con una cercha, como se ve en el num. 3.

4 Para hacer las plantillas de las concavidades, se obrará en esta forma. Pídesse la de la concavidad 5. 8. tirese à parte en el numero 4. la 5. 8. igual à la sobredicha subtenía del num. 1. levántese la perpendicular 5Q, igual al lado inclinado 5Q del num. 2. y la paralela 8S, igual al lado inclinado su correspondiente, que se supone hallado en la misma forma que se hallò el Q5; y tirando la QS, quedará hecha la plantilla: advirtiéndose, que à la piedra se le ha de dar despues la curvatura, aplicando al lado

5. 8. una cercha ajustada à la curvatura 5. 8. del num. 1. y à los lados 5Q, 8S, otra cercha igual à la curvatura 5Q del num. 2. y así de las demás piedras.

5 Solo falta explicar el modo de trazar las plantillas para las piedras que componen la porcion MS con su arista, cuyas ignographias están en el quadrado TR, las quales se harán con las mismas reglas que se dieron en la *prop. 4. lib. 4.* para las bueltas por arista: advirtiendole, que en lo correspondiente al triangulo ARE se guarda la montea, y curvatura AS; pero en la que corresponde al triangulo ATE se observa la montea NZS, por empezar el segundo buelo de la escalera à mover en correspondencia sobre la TE con la dicha curvatura NZS, que corriendo por sobre el paralelogramo TG, forma el otro descanso sobre el quadrado CG: y por quedar esto bastante explicado en la proposicion citada, no me detengo mas en ello, poniendo aqui el fin de este Tratado.

TRA-



H Riccette sculp.





# TRATADO XVI.

DE LA

## ARCHITECTURA

MILITAR,

Y FORTIFICACION MODERNA,  
ofensiva, y defensiva.



**L**A Architectura, ò Arte de edificar, se divide en Civil, y Militar. La Civil erige vistosas fabricas, atendiendo á su firmeza, comodidad, y hermosura. La Militar no pretende belleza en sus edificios, solo se ocupa en cerrar las Ciudades, y Plazas con tales recintos, que puedan servir de defensa contra las invasiones belicas. Entrambas necesitan de la Mathematica, singularmente la Militar, pues por ella ha llegado al estado sublime que hoy goza. Esta pues ha de ser la materia de este tratado, en que explicarè con la claridad posible las reglas de fortificar, sin apartarme jamás de aquellas que se han merecido la aprobacion de los mas doctos, y prudentes Militares; porque siendo esta materia agena de mi profesion, no se me podrá acriminar, observe sin mas adelantamien-



miento los preceptos de los que tan acertadamente han escrito, singularmente en estos tiempos, en que el marcial furor tanto ha inquietado nuestra Europa: por esta causa he procurado ajustar mi methodo de fortificacion à los dictámenes de los Autores modernos; pero procurarè explicarlo todo de forma, que halle aqui el Ingeniero quanto haya menester para executar sus operaciones, así sobre el papel, como sobre el terreno.

*Definicion, Division, Principio, y Progreso de la Architectura Militar.*

**A**rchitectura Militar, llamada vulgarmente *Fortificacion*, es una ciencia, que enseña à disponer todas las fábricas, y edificios que son menester para conseguir el fin de la guerra. Divide-se en *Munitoria*, y *Polemica*.

La *Munitoria* es arte, que enseña à fortalecer una plaza, de suerte, que pueda resistir à las maquinas de guerra, y que pocos puedan defenderse, y pelear contra muchos.

*Polemica*, ò Arte Militar, es la que enseña los ardidés con que se deve ofender, y defender qualquiera plaza. Esta se subdivide en *Ofensiva*, y *Defensiva*.

*Polemica ofensiva*, es la que abre las trincheras, dispone las baterias, dirige las minas, y todo lo demás que conduce al sitio, y rendicion de una plaza.

*Polemica defensiva*, es el arte con que los sitiados deven defenderse à sí, y à la plaza de los combates de los sitiadores.

En los quatro primeros libros de este tratado comprehendo la Architectura Militar *Munitoria*: y en los dos siguientes, todo lo que pertenece á la *Polemica*, así ofensiva, como defensiva.

El principio, y origen de la fortificacion, es muy antiguo; pues así como la necesidad que los hombres tuvieron de vivir juntos en sociedad civil, les hizo edificar Ciudades, y Villas: la tiranía de los que pretendian domi-

nar-

narlos, les obligò á fortificarlas, y cerrarlas de fuerte, que pudiesen con facilidad defenderle.

Contentaronse al principio con levantar murallas llanas à prueba del Ariete, y otras maquinas de aquellos tiempos: coronaronlas con parapetos, y almenas, dexando en cada una su flechera, con que juntamente ofendian á los enemigos, y se cubrian de las flechas, y piedras que les arrojavan: pero aunque estos reparos bastavan para poder maltratar, y resistir al enemigo en alguna distancia; pero en acercandose èste al muro, le batia con facilidad, porque el mismo muro le servia de defenfa, encubriendole, y asegurandole de los tiros de los sitiados. Por esta causa añadieron las torres, que ponian á distancia del tro de piedra, y dentro de su alcance, con que flanqueavan todo el muro. Fabricaronlas al principio cuadradas, mas la experiencia les enseñò eran mejores redondas; porque en esta forma resistian mejor los golpes del Ariete, que era la maquina de batir en aquellos tiempos.

Durò este modo de fortificar, hasta que por los años del Señor 1379. Bertholdo Schuvats, Alemán, y Monge de profesion, inventò la polvora, con cuya ocasion se hallo despues la Artilleria, la qual obligò á buscar nuevas defensas, y fabricar los muros mas recios, flanqueandoles con baluartes repetidos á distancias competentes. Hicieronles al principio redondos; pero pudiendoles el enemigo directamente batir de lugar á donde no llegavan facilmente los tiros, y defensas de los baluartes vecinos, les arruinava con facilidad: por lo qual se hacen los baluartes pentagonos, con un angulo ázia el enemigo, para que èste, haviendoles de dar la bateria perpendicular (que es la mas eficaz) se vea obligado à acercarse al muro, y baluarte vecino, y colocarse dentro del alcance de sus tiros.

Este es en breve el origen de la Architectura Militar, este el progreso con que ha subido al levantado estado en que se halla en nuestrs tiempos; oponiendo con sutil industria nuevas defensas à los nuevos ardidés de ofender, de fuerte, que puede tener por timbre de sus ingeniosos adelantamientos: *Sic Ars deluditur Arte.*



# LIBRO I.

## DE LOS PRINCIPIOS, O MAXIMAS de la Fortificacion.

**E**L fin, y blanco de la Architectura Militar, es fortificar de tal suerte una plaza, que los que estuvieren dentro de ella, esten seguros, y que pocos puedan defenderse, y pelear contra muchos: todo lo qual se reduce à *flanquearse*, y *cubrirse*. *Flanquear* una plaza, consilte en que no haya en ella parte alguna, que no sea vista, y defendida de otra; y de la qual se pueda con ventaja herir, y ofender al enemigo por muchas partes. *Cubrirse*, consilte en oponer al enemigo tales reparos, y defensas, que ocultando à los sitiados, sean capaces de resistir à sus tiros. Para conseguir estas dos cosas, se deven observar las maximas, que se explicarán en este libro, las quales deve tener el Ingeniero muy presentes, por éstrivar en ellas todo el Arte de Fortificacion.

CA-

## CAPITULO I.

EXPLICANSE LOS TERMINOS IGNOGRAPHICOS , U DE  
la planta.

**D**E qualquiera edificio, y fortificacion se pueden hacer tres descripciones, que son *Ignographica*, *Orthographica*, y *Scenographica*. Descripcion *Ignographica* es la que solamente delinea la planta del edificio, ò fortaleza. Esta *planta*, no es otra cosa, que aquel vestigio que quedaria sobre la tierra, si el edificio se cortase horizontalmente cerca de sus fundamentos. Descripcion *Orthographica* es la que describe el perfil del edificio. *Perfil* es aquella figura, que quedaria en la seccion, ò corte que formaria un plano que cortase verticalmente, esto es, de arriba à baxo, al edificio. Descripcion *Scenographica* es la que pinta, segun reglas de perspectiva, todo el edificio de aquella luerte que pareciera si se mirasse desde un punto, ò lugar determinado. Las dos primeras descripciones tocan al Ingeniero, y deve poner en ellas sumo cuidado, dandolas con toda claridad à los Artifices, que las han de poner en execucion. La ultima sirve solamente para curiosidad, y no tiene obligacion de hacerla el Ingeniero: si bien hay un genero de perspectiva menos rigurosa, que llaman *Paralela*, *Cavallera*, ò *Militar*, que por ser mas adaptable à esta materia, la enseñarèmos despues.

## FORTALEZAS, Y SUS DIFERENCIAS.

**C**udad, es un agregado de gran numero de casas, que habitan diferentes personas, para vivir debaxo de unas mismas leyes.

*Ciudadela*, ò *Citadela*, es una fortaleza pequena con 4. 5. ò 6. baluartes, y cercada de foso, edificada en un punto ventajoso de una Plaza de importancia, para tenerla en obediencia, y sujecion, y para su mayor defensa.

Tomo V.

R

Cas-

*Castillo*, es una fortaleza à lo antiguo, cercada de foso, y diferentes torres.

*Fuerte de Campaña*, *Fortin*, ò *Fuerte pequeño*, son todas aquellas fortificaciones, cuyas lineas de defenſa no llegan à 120. paſſos, ò 600. pies, ò que las puntas, y angulos de los baluartes diſtan menos que 720. pies. Tienen diferentes figuras, como ſe verá en ſu lugar, y ſirven para preſidiar, y defender un Exército en el campo.

*Reducto*, es un fuerte de quatro lados ſin flancos, que ſe hace en las trincheras, ò aproches de una Plaza.

*Fortaleza*, ò *Plaza fuerte*, es qualquiera lugar bien flanqueado, y defendido. Divideſe en *regular*, è *irregular*.

*Fortaleza*, ò *Plaza regular*, es la que tiene todos ſus lados, y angulos iguales. *Fortaleza*, ò *Plaza irregular*, es la que tiene los lados, ò angulos deliguales. La regular toma ſu apelacion de los lados que la componen: ſi tiene 4. lados, ſe llama *quadrada*; ſi 5. *pentagona*; ſi 6. *exagona*, &c.

Las obras, ò partes que componen una fortaleza, ſon unas *effenciales*, que ſin ellas ſeria inutil la fortificacion; otras ſon *accessorias*, y *accidentales*, que ſe añaden à la fortaleza para ſu mayor ſeguridad, y defenſa, ſegun el dictamen de los Ingenieros.

Las *accidentales*, unas ſon *interiores*, y otras *exteriores*. *Interiores* llamo à las que eſtàn de la contraeſcarpa adentro; *exteriores*, à las que ſe hallan de la contraeſcarpa afuera. Què coſa ſea *Contraeſcarpa*, luego ſe declarará. Las partes principales de una fortaleza, ſon las ſiguientes.

### BALUARTE, CORTINA, Y FOSO.

**B**aluarde, es un cuerpo pentagono, que pueſto en los angulos de la plaza, ſale abanzado àzia la campaña para defender el muro, como (fig. 1.) ABCDE & ſus partes principales ſon *gola*, *cara*, *flanco*, y *capital*. *Gola*, es AE; *semigola*, AM, ò ME; *flanco*, *traves*, *ala*, ò *fuego del baluarde*, es AB, ò ED. Llamáſe *flanco* 1. ò *fuego* 1.

à diferencia del que algunas veces se halla en la cortina, que se llama flanco 2. ò fuego 2. como se explicará despues.

*Cortina*, es el lienzo de muro que està entre dos baluartes, como AH.

*Foso*, es un espacio profundo, que se abre al rededor de toda la plaza, cuya descripción se verá despues.

## LINEAS.

**P***Olígono interior*, es el circuito de la plaza por la parte interior de los baluartes, como MNFQQ.

*Polígono exterior*, es el que se forma tirando rectas de punta à punta de los baluartes, como CTXZV.

*Lado del polígono interior, ò lado de la plaza*, es MN.

*Lado del polígono exterior*, es CT.

*Centro de ambos polígonos, ò de la plaza*, es P.

*Radio menor*, es PM. *Radio mayor*, es PC.

*Linea de la defensa radente, ò rasante*, es la que se forma alargando la cara del baluarte hasta la cortina, como CG. Llamase *radente*, porque la vala tirada de G rae la cara del baluarte BC.

*Linea de la defensa fixante*, es la que se tira de la punta del baluarte, haciendo angulo con la cara, y viene al concurso de la cortina con el flanco del otro baluarte, como CH. Llamase *fixante*, por poderse desde H fixar la vala en la cara BC.

*Flanco, fuego, ala, ò travès de la cortina*, es el pedazo de cortina contenido entre la defensa radente, y la fixante, como GH: llamase tambien *flanco, ò fuego segundo*.

*Orejon del baluarte* es a, o d; si bien quando es quadrado como d, fuele llamarle *espalda*.

*Flancos retirados, ò cubiertos*, son CP, eg. Llamanse así, por estàr cubiertos con el orejon.

## ANGULOS.

**A***ngulo del centro*, es el que se forma en el centro del polígono, ò de la plaza con los radios que vienen de sus angulos, como MPO.

*Angulo del poligono interior*, es el que forman qualesquiera dos lados de dicho poligono, como NMO. *Angulo del poligono exterior*, es el que forman sus lados, como TCV.

*Angulo flanqueado, ù del baluarte*, es el que forman las dos caras del baluarte, como BCD.

*Angulo flanqueante interior*, es el que forma la linea de la defensa rasante con la cortina, como BGA.

*Angulo flanqueante exterior, ù de la tenaza, ù de la decusacion*, es el que forman las dos defensas rasantes, que se cruzan delante de la cortina, como CYV.

*Angulo diminuto*, es el comprehendido de la linea de la defensa, y el lado del poligono exterior, como TCB, ò su igual BGA.

*Angulo del flanco*, es el que forma el flanco del baluarte con la cortina, como BAH.

*Angulo de la espalda*, es el que forma el flanco con la cara del baluarte, como ABC.

## CAPITULO II

### EXPLICANSE LOS TERMINOS ORTHOGRAPHICOS, U del perfil.

**E**L *perfil*, como dixè arriba, es aquella figura que quedaria en el edificio si se cortasse verticalmente de arriba abaxo, conque la descripción del perfil muestra lo alto, y ancho de toda la obra, así como la delineacion de la planta manifiesta lo largo, y ancho de ella. Esta descripción ha de dar tambien el Ingeniero antes de comenzar la fabrica. Considerete pues la *fig. 2.* como si fuèlle el muro, foso, y esplanada cortados de arriba abaxo; y supongase que lo mismo que aqui se representa, se halla en todas las partes de la circunferencia de la plaza.

MURO,

## MURO , O TERRAPLEN.

**M**uro, terraplen, ò rampart , es ABCD, ( fig.2. ) consta de las partes siguientes.

*Latitud inferior*, ò *basa total*, es AD , la qual es parte de la linea horizontal A IO. que se confidera en el plano de la campaña.

*Latitud superior total*, es BC.

AB declive, ò *salud interior* del terraplen.

AE *basa* de dicho declive.

BE altura interior del terraplen.

CF su altura exterior.

CD *escarpa*, ò *declive exterior* del terraplen.

FD *basa* de dicha *escarpa*.

BG camino del terraplen.

EF *basa* del terraplen.

*Camisa*, es la parte de la muralla àzia la campaña , que fuele hacerse de piedra blanda, ò ladrillos blandos : llamase *camisa*, por vestir la muralla por la parte de afuera: otros la llaman *muro*, à distincion de lo restante, que llaman *terraplen*, por ser de tierra.

GHI es la banquetta: sirve para que el Soldado de guarnicion suba sobre ella para disparar su arma por encima del parapeto.

MKLC es el *parapeto*.

*Camino de rondas*, ò *de centinelas*, es un espacio de dos pies de ancho, que se coloca delante del parapeto.

MC es el ancho inferior del parapeto.

KL su ancho superior con declive àzia la campaña.

KN altura interior del parapeto.

LO su altura exterior.

MN *basa* de la *escarpa interior* del parapeto.

OC *basa* de su *escarpa exterior*.

DS *berma*, ò *lisera*, puesta al pie de la muralla , y sirve para que la tierra, y piedras que caen de ella quando la bate el enemigo, se detengan, y no caygan dentro del fosó, que siempre se sigue despues de dicha *lisera*.

FO-



## FOSO, Y ESTRADA ENCUBIERTA.

**F**oso, es ST 2. 4. cuyas partes son las siguientes.  
 ST *escarpa*. SV, cantidad de la bafa de dicha *escarpa*.

YzzY *cuneta*, è *refoseto*.

2. 4. *contraescarpa*. 3. 4. cantidad de la bafa de la *contraescarpa*.

VT profundidad, ò altura del foso.

4. 5. *estrada encubierta*, ò *camino cubierto*.

5. 6. 7. 8. & *parapeto* de la *estrada encubierta*.

5. 6. 7. *banqueta*.

7. 8. *declive interior*.

8. & altura del *parapeto*, y tambien de la *esplanada*.

8. 10. *declive* de la *esplanada*, ò *espalto*, que insensiblemente se continúa quanto se puede àzia la campaña.

## CAPITULO III.

EXPLICANSE LOS PRINCIPIOS GENERALES,  
 ò *Maximas de la Fortificacion*.

**A**ntes de entrar en la práctica de fortificar, es menester presuponer las leyes, y preceptos generales del Arte, à los quales deven ajustarse quanto sea posible las prácticas, y construcciones que se explicarán en los libros siguientes. Llamanse *maximas*, por convenir en ellas sin contradiccion todos los Autores. Propongolas todas en este capitulo, entretejiendo la resolucion de algunas dificultades, que juzgarè necessarias para su cabal noticia.

MA-

## MAXIMA I.

*No ha de haver en toda la plaza lugar alguno que no sea visto, y defendido con defensa lateral de otros.*

**L**A razon es, lo primero, porque si le huviesse, con facilidad se acercaria al lugar indefenso el enemigo, y le minaria à su salvo, y abriria brecha: lo segundo, porque se frustraria el fin primario de la fortificacion, que consiste en que pocos puedan resistir, y prevalecer contra muchos, pues es constante, que abierta brecha en una cortina, si los flancos laterales no hicieren fuego al tiempo del asalto, serian menester tantos, ò mas Soldados en la brecha, quantos la asaltaren: lo que se escusa con la defensa lateral de los flancos; y el defender con esta defensa lateral, y quasi paralela, es lo que en terminos de fortificacion se llama *flanquear*, como tambien se llama *flanqueada*, la parte defendida con dicha defensa.

## MAXIMA II.

*Todas las partes de la plaza han de estar dentro de la linea de la defensa.*

**L**A razones, porque todo lugar que estuviere fuera de la linea de la defensa, quedaria indefenso.

Para observar esta maxima, se han de saber dos cosas: La primera, segun què armàs se ha de determinar la defensa; y la segunda, quanto sea su alcance, ò longitud.

## §. I.

*A què Maquina se ha de proporcionar la linea de defensa de una fortaleza.*

**R**espondo ser cierto, que se deve proporcionar al tiro del mosquete, y no al del cañon de artilleria. Lo primero, porque este ha menester muchas municiones, y necesita de mucha gente para su manejo. 2. Se consume mucho tiempo en su prevencion; pues dada una def-

de carga , mientras se dispone para la segunda, pueden disparar fucefsivamente 200. Mosqueteros. 3. Su tiro no es tan cierto, y fon pocos los que mata ; pues , como fuefen decir , solos los defdichados perecen al golpe de fus valas. 4. El mosquete, es arma mas proporcionada , pues solo un hombre la rige: es mas seguro fu tiro: fe previene con facilidad , y presteza para segunda carga : luego esta arma es la que mas defiende ; y segun ella , fe ha de determinar la linea de la defenfa. A que fe añade , que estando proporcionada al mosquete , fe puede tambien ufar de la artilleria, lo que fin duda es mayor defenfa.

## §. II.

*Quanta fea la Maxima linea de la defenfa, y el alcance del Mosquete.*

**S**Upuesto que la linea de la defenfa fe ha de proporcionar al tiro del mosquete , serà preciso saber quanto fea fu alcance , para que poniendo todas las partes de la fortificacion dentro de fus limites , queden todas bien defendidas. Hay en este punto alguna variedad entre los Autores, ocasionada quizà de la diferencia de los mosquetes.

El Padre Milliet le feñala à la maxima linea de defenfa, ò tiro de mosquete de punta en blanco de 120. hasta 140. Exapedas, ò Toifes ; esto es, de 720. hasta 840. pies Rhinlandicos , ù del Rhin , que reducidos à pies geometricos , ò Romanos , ò Valencianos , que fon iguales, tiene la sobredicha defenfa de 730. hasta 852. pies geometricos , cada uno de los quales es el tercio de la vara Valenciana.

El Conde de Pagan hace la linea de la defenfa de 140. Toifes, ò Exapedas Parifienses , que fon 840. pies reales de Paris , esto es , 917. pies geometricos.

Antonio de Vila, y el Padre Fournier , dicen , que alcanza el mosquete 1000. pies reales de Paris , que fon 1092. pies geometricos ; y añade el Padre Fournier , que muchas de las mejores Plazas de Europa en Alemania, Ita-

Italia, Flandes, y Francia, tienen en algunos de sus baluartes la linea de la defensa de mas de 1000. pies; y con todo sustentaron estas Plazas porfiados sitios sin ser rendidas, ò no lo fueron por esta causa; y entiendo no tendràn menor fuerza los fusiles que aora se usan, singularmente los que tienen rayado, ò estriado el cañon.

Don Sebastian Fernandez de Medrano le señala 720. pies de Paris, que son 786. Valencianos, ò geometricos.

El Padre Joseph Zaragoza assegura, segun varias experiencias, el tiro del mosquete entre 170. y 200. passos; esto es, entre 850. y 1000. pies Valencianos.

Don Joseph Chafrión dà por seguro su alcance à los 900. pies, y aun hasta 1000.

El Autor del Tratado, intitulado: *Ingeniero Francès*, dà por segura la gran linea de la defensa de 100. hasta 130. Toises; esto es, de 600. hasta 780. pies reales de Paris, que son de 655. pies geometricos, hasta 850.

Todos estos sentires de los Autores, vãn para mayor facilidad reducidos en la tabla siguiente à pies Valencianos, ò geometricos.

**TABLA DEL ALCANCE DEL MOSQUETE,**  
segun diferentes Autores.

Pies.			
Padre Milliet,	730.	hasta	852.
Conde de Pagan,			917.
Padre Fournier, y Vila,			1092.
Don Sebastian Medrano,			786.
Padre Zaragoza,	850.	hasta	1000.
Don Joseph Chafrión,	900.	hasta	1000.
Ingeniero Francès,	655.	hasta	850.

De aqui se colige, que el alcance del mosquete, tirando de punta en blanco, se puede assegurar de los 800.

à

à 900. pies geometricos; y aun tomando algo alta la punteria, hará notable efecto à distancia de 1200. pies; y lo mismo digo de los fusiles que aora se usan; y dentro de estos terminos se puede determinar la gran linea de la defensa, y segun ella las demás partes de la fortificacion.

## MAXIMA III.

*Todas las partes de la Plaza han de estar igualmente fortificadas, y ésta deve dominar la campana vecina.*

LA razon es de lo primero, porque si hay alguna parte menos fuerte, essa dará entrada al enemigo. La razon de lo segundo es, porque si la plaza no dominare toda la campana, podrá el enemigo por la parte cubierta abrir à su salvo los ataques, y formar sin contradiccion sus aproches; y si algun lugar eminente domina la plaza, alli pondrà sus baterias, que no tendràn resistencia.

## MAXIMA IV.

*Desde qualquiera parte del flanco se deve descubrir sin impedimento alguno la cortina, el flanco opuesto, la frente, foso, estrada encubierta, y esplanada opuesta.*

LA razon es, porque de otra suerte, ò no se podrian defender si del todo se ocultassen, ò seria menor la defensa si quedassen ocultos à alguna parte del flanco. Por esta causa, la linea de defensa ha de venir al mismo angulo que forma el flanco con la cortina sin cortar al flanco, porque si le cortasse, careceria la cara del baluarte de toda aquella defensa que hay entre la linea de defensa, y la cortina: lo que es grave inconveniente, por ser la cara del baluarte la parte mas expuesta de toda la fortificacion.

MA-

## MAXIMA V.

*Las partes que defienden , deven aumentarse quanto se pueda sin inconveniente.*

**L**A razon es , porque quanto mas se aumentàren , tanto mas se multiplicarà la defenfa. Por esta causa conviene , que el flanco del baluarte sea capaz , y à lo menos tenga 130. pies , porque es la parte de quien sale la mayor defenfa.

## MAXIMA VI.

*La Semigola sea de competente magnitud.*

**L**A razon es , porque si es pequeña no havrà bastante lugar para la artilleria , para lo qual se ha de advertir , que en el flanco del baluarte se ponen regularmente dos ordenes de artilleria , el uno mas alto que el otro ; y como veremos despues , no conviene corresponda el superior perpendicularmente sobre el inferior ; si que el que està superior en lo que llaman *plaza alta* , ò en el mismo plano del baluarte , se retira mas adentro , y el inferior mas afuera en la *plaza baxa* ; y cada orden de èstos ha de tener su parapeto de 20. pies de espesura : y siendo ordinariamente las piezas con sus cureñas de 16. à 18. pies de largas ; y el retiro al dispararse suela ser de 10. ù 12. pies ; y ademàs de esto haya de quedar passo libre , se figue haver de menester la semigola , por lo menos la capacidad de 20. pies Geometricos.

## MAXIMA VII.

*A la Cortina , Cara , y Capital de Baluarte , se les deve dar su competente magnitud.*

**E**Stablecen los Autores Olandeses , como maxima de fortificacion , que la cortina ha de tener razon sesquialtera con la cara del baluarte ; y en seguida de esto , dan à la cortina 72. toises , ò exapedas , y 48. à la cara ; pero mientras se les dà la magnitud que es menester , para que  
 así

asi los flancos , como la capital falgan con bastante capacidad , el angulo flanqueado sea robusto , y el baluarte capaz de cortaduras , poco importará se observe , ò no la sobredicha proporcion.

Siendo pues la cara del baluarte parte defendida , y no defendente , por salir de ella poca , ò ninguna defenfa , bastará se le dè aquella magnitud que fuere suficiente , para que caso de haver arruinado el enemigo alguna parte del baluarte , ò haver abierto brecha en sus caras , se pueda hacer en èl una cortadura ; para lo qual será menester , que asi la cara , como la capital no sean menores que de 240. pies ; y à la cortina se le podrá dar la longitud que pareciere , mientras no sea tanta , que el otro baluarte , y el fosó su correspondiente falgan fuera del alcance del fusil , ò linea de la gran defenfa ; y observando esto , no havrá en esta parte cosa reprehensible , según leyes de fortificacion.

### MAXIMA VIII.

*El angulo flanqueado , ò del Baluarte no sea menor que de 60. grados , ni mayor que recto : recto , ò quasi recto es mejor.*

1 **N**O conviene sea menor que de 60. grados ; porque este angulo no puede resistir al cañon , por no servir la cara ON ( *fig. 3.* ) de estribo à la BN contra los tiros ; y ser muy estrecha , y debil la punta BNO del baluarte.

2 No conviene , que dicho angulo sea obtuso , como C , porque con el mismo flanco sale el baluarte mas corto de capital , y menos capaz , y buelve sobrado las caras àzia la campaña.

3 Es mejor , que el angulo flanqueado sea recto , como F , porque sobre ser muy firme , y servirse de estribo las caras mutuamente , es bastantemente capaz ; y asi conviene sea recto , ò quasi recto en quanto fuere posible . De aqui se sigue la maxima siguiente.

MA-

## MAXIMA IX.

*El angulo de qualquiera poligono , que fuere menor que recto , no es apto para fortificarse.*

**L**A razon es , porque como el angulo del baluarte haya de ser mucho menor que el del poligono (porque de otra fuerte quedarian las caras de los baluartes indefensas) el angulo flanqueado saldria muy agudo, y necessariamente menor que de 60. grados; porque siendo recto el angulo del poligono , como sucede en el quadrado , el angulo del baluarte hecho en el dicho angulo , à lo mas puede ser de 60. grados, como se verá en su lugar: luego si el angulo del poligono fuere menor que recto, el angulo flanqueado de su baluarte , será menor de 60. grados ; y por consiguiente debil.

De aqui se colige , que el triangulo es figura inepta para fortificarse ; porque éste necessariamente ha de tener, ó sus tres angulos de 60. grados , y entonces es claro , que los baluartes tendrán el angulo flanqueado menor que de 60. grados , ò tendrá el triangulo un angulo menor que de 60. grados ; y por consiguiente su angulo flanqueado mucho menor.

## MAXIMA X.

*Todas las obras , y reparos de la Plaza , que miran al enemigo , han de ser tan fuertes , y de tal corpulencia , que puedan resistir à la Artilleria.*

**L**A razon es , porque el enemigo las ha de batir con la artilleria : luego se les ha de dar competente crassicie, para que la puedan resistir.

Para esto es bien se advierta lo que dice D. Vicente Mut , Sargento mayor de Mallorca , que en distancia de 100. passos una bala de artilleria no penetra mas de tres pies en la piedra blanda : en pared de ladrillos quatro pies: en tierra grassa bien apretada 6. pies: en obras de tierra, y fagina nuevas 10. pies ; y segun esto se determinarán en  
su



370 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
su lugar las medidas que se han de dar à lo ancho de todas  
las obras.

### MAXIMA XI.

*Los Baluartes , y Cortinas muy altas se deven excluir de la buena  
fortificacion.*

**P**OR estar ya este punto fuera de disputa, parece poderse admitir por maxima. El fundamento es, que siendo mediana la altura de los baluartes, y cortinas juega con mayor felicidad el cañon de la plaza; pues tanto mejor es el fuego, quanto es mas horizontal su direccion. A mas de esto, siendo mucha su altura, en llegando los sitiadores à la contraescarpa, dificultosamente pueden ser rechazados, por ser muy inclinados los tiros de la plaza, y quedar los enemigos quasi cubiertos con la misma altura de los baluartes, y cortinas. Confirrase esto con lo que refiere Mathias Doghen de la fortaleza de Bredà, que la excessiva altura de sus muros solo sirviò de galto, y de obligar à los sitiados à abrirles por diferentes partes, para poder de alguna manera rechazar al enemigo, à quien por estàr ya muy cerca, no podian ofender de arriba mas que con piedras; y ultimamente se huvieron de derribar. Quede pues limitada su altura entre 16. y 20. pies Geometricos, sin el parapeto, que ha de tener hasta 5. pies de altura, como despues diremos.

### MAXIMA XII.

*De las Plazas de igual terreno , aquellas son mejores , que en  
devida distancia tienen menos Baluartes , y mayores : las  
que tienen muchos Baluartes pequeños se  
deven reprochar.*

**L**A razon es, porque siendo pequeño el baluarte, es arruinado, y ganado con gran facilidad, ò sea por asalto, por caber en èl poca guarnicion; ò por mina, por ser incapaz de cortadura: y ganado un baluarte, quedan ya con poca defenfa dos cortinas. Tambien porque la cortina es defendida unicamente de los flancos de los baluar-

luartes; y siendo éstos pequeños, son capaces de poca guarnicion, y así es menos defendida la cortina.

## MAXIMA XIII.

*El Foso ha de tener competente amplitud, y profundidad para que el enemigo no le pueda passar facilmente.*

**P**ara observar esta maxima, conviene, que su amplitud no sea menor de 75. pies geometricos, ni es menester sea mayor de 150. pies; el medio bueno es, que tenga de ancho de 100. pies, hasta 130. Asimismo conviene sea su profundidad de 15. à 25. pies: el de 20. es mas proporcionado: con esto no será facil, que el enemigo le passe con puente artificial en una noche obscura.

De aqui se colige, que los fosos angostos, y poco profundos en plazas grandes, no son de provecho: lo primero, porque no dan bastante tierra para los rampares, y parapetos, que suelen fabricarse de la tierra que se saca del foso. Lo segundo, porque el enemigo les ciega, y passa con facilidad.

Tambien se infiere, que los fosos anchos, y poco profundos se deven excluir, porque por lo ancho que tienen dan lugar à que los sitiadores se puedan atrincherar en ellos, y por su poca profundidad permiten que puedan facilmente descubrir el pie del rampart; y así son éstos los peores, y es menor inconveniente falte algo de latitud, que de profundidad, mientras no queden tan angostos, que facilmente se puedan passar con puentes de maderos.

Estas son las principales maximas de la fortificacion Real, à que deve ajuntarse el Ingeniero en quanto sea posible; pero cuidando de no dexarse llevar tanto de alguna, que ponga en olvido alguna, ò algunas de las otras.

CA-

## CAPITULO IV.

## RESUELVENSE ALGUNAS DIFICULTADES.

## QUESTION I.

*Què disposicion del flanco sea la mejor.*

**E**S el flanco parte muy principal de la fortificacion , por salir de èl la mayor , y mejor defenfa , dirigida especialmente à defender la cara del baluarte opuesto , que es la parte mas expuesta , y à quien regularmente suele atacar el enemigo : por lo qual deve ser muy atendido el flanco , cuidando sea capaz de mucho fuego , y juntamente quede quanto sea posible cubierto à las contrarias baterias. Varias son las disposiciones que han discurrido los Autores , de las quales convendrá sea escogida la que llevando mayores ventajas , tenga menos inconvenientes.

Errard , y algunos antiguos quisieron , que el flanco EB (*figur. 4.*) fuesse perpendicular à la cara EH del baluarte , y por consiguiente formasse angulo agudo con la cortina ; pero esto no se puede admitir : lo primero , porque , ò estrecha notablemente la semigola , ò aumenta mucho la cara del baluarte : lo segundo , porque defiende muy mal , no solo el solo , y cara del baluarte opuesto , si tambien à la cortina : lo tercero , porque el flanco EB , es capaz de pocos cañones para flanquear la cara opuesta ; porque si bien se considera el modo con que se havian de colocar los cañones en dicho flanco para la defenfa , solo pueden tirar con tiros paralelos à la BG , los pocos que caben en la EI , perpendicular à la BG : luego es capaz de poco fuego ; y por consiguiente no se puede admitir.

Otros , como son el Conde de Pagan , Enrique Ruffen , y el Obispo Caramuel , forman el flanco perpendicular à la linea de la defenfa rasante , como lo es el flanco  
FB

FB à la rafante BG; y por configuiente, con angulo obtufo con la cortina. No hay duda que efte flanco configue felizmente fu fin primario, que es defender la cara opuefta GL: lo primero, porque todos fus tiros fon flanqueantes de dicha cara: lo fecondo, porque es mayor, y hace mas capáz la femigola; pero tiene el inconveniente de hacerfe muy patente, y quedar muy expuelto à las baterias enemigas; y aunque à efte inconveniente fe le ocurre en parte cubriendole con orejon, pero fiempre queda muy defcubierto. En el mifmo inconveniente incurre Monsieur Ozanam, tirando el flanco defde el centro de la plaza; y aun en los poligonos de muchos lados, queda mas expuelto que el del Conde Pagan. Ni le evita tampoco Bondel, Autor Francès, que forma generalmente los flancos con angulo de 120. grados con la cortina.

Mathias Doghen, con la mayor parte de los Autores, difponen el flanco CB perpendicular à la cortina. Fundanfe, en que efte guarda uu buen medio entre los modos arriba dichos, porque no es tan expuelto al enemigo, fingularmente fi fe le añaden orejones, permite fuego fecondo, es de fuficiente capacidad para los cañones, y no quita la devida capacidad à la femigola; pero aunque efte flanco defienda muy bien la cortina, pero no flanquea tan bien la cara opuefta, y contraefcarpa, como los que forman con la cortina angulo obtufo.

Sujetando fiempre mi fentir al de los mas peritos en el Arte, digo lo primero, que es mejor que el flanco forme angulo obtufo con la cortina, porque de effa manera puede fer mayor dicho flanco; pues no hay duda fer la BF mayor que BC, y por configuiente fale mas capáz de fuego: flanquea mejor la cara GL, fofo, y contraefcarpa, y da mayor capacidad à la femigola; y aunque en algunos poligonos quite el fuego fecondo, efte, como despues veremos, no merece tanto aprecio, que por confervarle fe hayan de perder las ventajas sobredichas; pero ferà menester cubrir al flanco, para fu mayor refguardo, con orejon redondo, que es el mejor.

Digo lo segundo, que este angulo ABF del flanco con la cortina, es lo mejor hacerle de 100. grados en todos los poligonos, por ser este un buen medio entre el angulo recto, y el sobrado obtuso, porque con éste se evitan los inconvenientes que antes se ponderaron del recto ABC, y se consigue no quede tan expuesto en muchos poligonos à las baterias enemigas, como haciendole perpendicular à la rasante, segun el Conde de Pagan, ò de 120. grados, segun Blondel; y se logran las conveniencias que éstos pretendian.

Digo lo tercero, que el flanco retirado circular se deve preferir al recto; así lo siente el Autor de la obra intitulada: *El Ingeniero Francés*. Así les forma Monsieur de Vauban, celebre Ingeniero en la Francia; y antes Francisco Marchi usa de este modo de flanco en algunas de sus descripciones; y Don Joseph Chaffron, Autor de la Escuela de Palas. La razones, porque haciendoles de esta manera, y con orejones, quedan muy resguardados de las baterias enemigas, son igualmente capaces de artilleria, y mas capaces de Soldados tiradores, que los flancos planos; y sale de ellos el fuego muy proporcionado para defender la cortina, cara, solo, y contraescarpa, que son las ventajas que se pueden desear en los flancos, segun el fin, para que se construyen.

## QUESTION II.

*Si el segundo flanco es conveniente en la fortificacion.*

**F**Lanco, ò fuego segundo, es aquella parte de cortina que se comprehende entre la linea de defensa rasante, y la linea de defensa fixante, como es HG. (fig. 1.) Dudase si este flanco se deve de tal suerte admitir, segun leyes de fortificacion, que siendo posible, no sea licita su omision.

Supongo lo primero, que el flanco segundo no tiene lugar en el quadrado, porque en éste ha de venir necessariamente la rasante à tocar en el angulo del flanco; porque de venir à otro punto de la cortina se sigue, ò haverse

se de disminuir notablemente el flanco primero, ò hacerle el angulo flanqueado menor que de 60. grados; y uno, y otro son inconvenientes manifiestos.

Supongo lo segundo, que los poligonos de mas de ocho lados, por su misma naturaleza admiten fuego segundo, como con starà de sus construcciones. Conque solo se puede dificultar, si en los demàs poligonos se havrà de conservar el flanco segundo, aunque sea acortando los flancos del baluarte, ò disminuyendo el angulo flanqueado.

Los Olandeses, à quienes figuen el Padre Milliet, Monsieur Ozanam, y otros muchos Autores, sienten ser de suma importancia el flanco segundo. Fundanse, lo 1. en que habiendo segundo fuego, hay dos defensas, haciendose con esto defensiva tambien la cortina; y es cierto ser mejores dos defensas, que una sola. Lo 2. porque la defensa que sale del segundo flanco, es mas breve que la del flanco primero. Pero los modernos, figuiendo al Conde de Pagan, Monsieur de Ville, y al Ilustrisimo Mariscal de Vauban, y con ellos el doctisimo Padre Joseph Cassani de la Compania de Jesus, sienten lo contrario: y ajustandome al sentir de estos, digo, que el flanco segundo es de poco provecho; y por contiguiete no se deve disminuir el flanco primero, ni el angulo flanqueado por conservarle.

Pruebase su poca utilidad, lo primero, porque en el flanco segundo HG (fig. 1.) los cañones se han de poner obliquos, para que puedan flanquear la cara BC; y asimismo se han de hacer obliquas las cañoneras, y merlones: de que se sigue, solo pueden defender desde HG los pocos cañones que caben en la pequeña perpendicular SG. Lo mismo digo de los Soldados, que si bien caben mas en el flanco HG, que en la perpendicular SG; pero si han de disparar su arma por las cañoneras, no son mas los que hacen fuego, que los que caben en la SG; y si han de tirar todos los que caben en HG, se han de ver precisados à tirar por sobre el parapeto, descubriendose al enemigo: luego la defensa que puede añadir el segundo flanco es poquissima.

2 Pa-

2 Para formar el flanco segundo HG, ò se ha de poner mas distante el baluarte HT, (y esto no conviene, porque la linea de la defenfa CH es determinada, para que del flanco HI se pueda defender, no solo la cara BC, si tambien el foso hasta la contraescarpa) ò se ha de disminuir el flanco AB, que es otro inconveniente, porque muchos pies que se añaden al flanco segundo, no equivalen à pocos que se le quitan al primero; ò se ha de hacer mas agudo, y por consiguiente menos fuerte el ángulo flanqueado C, que tambien es inconveniente: luego la poca, è imperfecta defenfa, que añade el fuego segundo, va acompañada de graves inconvenientes, y por consiguiente no se puede admitir, si solamente en aquellos poligonos de muchos lados, que casi le llevan por su naturaleza, y en quienes no se siguen los inconvenientes sobredichos.

### QUESTION III.

*Si los Baluartes terraplenados son mejores que los vacios.*

**B**aluartes terraplenados se llaman los que lo están del todo; y vacios, los que solo están vestidos de un terraplen como el de la plaza, quedando lo demás vacío. Pareció à algunos ser mejor el baluarte vacío, porque sin el gasto que lleva consigo el terraplenarle, tiene lo bastante para poder resistir à la artilleria enemiga, pues el mismo muro, y terraplen de las cortinas se continúa por todo el baluarte.

Pero respondo con la comun, ser mejor el terraplenado, que el vacío. 1. Porque no hay duda, que el terraplenado tiene mayor resistencia: y no se deve reparar en el gasto de terraplenarle, por ser las caras del baluarte las mas expuestas, y donde regularmente pretende abrir brecha el enemigo. 2. Porque siendo terraplenado, caso que arruine parte del baluarte, con facilidad se puede hacer una cortadura, formando otro baluarte mas adentro, à lo que no da lugar el vacío; y es esto tan importante, que sola esta razon es bastante para reprobare los baluartes vacios.

El

El Conde de Pagan discurrió unos baluartes vacíos de terreno, pero dobles. Ponia primero un baluarte grande, con su muro, y terraplen, bastante para resistir à la artilleria; y luego mas adentro hacia otro baluarte, paralelo al primero, y terraplenado, y entre uno, y otro abria un foso de competente amplitud. Con esto conseguia, lo primero, que si el enemigo arruinava el primer baluarte, ya estava hecha la cortadura, quedando el segundo baluarte con su foso; y todo esto hecho à espacio, que siempre es mejor que aprisa, y con la turbacion, y rielgo con que se trabaja quando el enemigo arroja bombas, piedras, y granadas sobre los trabajadores. Lo segundo, que para el segundo baluarte le queda aun al enemigo otro foso que vencer. Lo tercero, que para el caso que el enemigo llegue à ocupar el primer baluarte, le pueden facilmente minar los de la plaza por el foso interior. No me parece ser despreciables estas conveniencias, solo parece ofrecerse un inconveniente; y es, que el transito al segundo baluarte ha de darse por las plazas de la artilleria, si no es que se hagan puentes levadizas. Si bien se considera esta construccion, viene à ser lo mismo que un baluarte mediano con contraguardia: así como el del nuevo Syttema de Monsieur de Vauban, es un pequeño baluarte, ó torre bastionada, con una gran contraguardia, como en su lugar verèmos.

## QUESTION IV.

*Si el foso es mejor seco que lleno de agua.*

Suelese controvertir esta dificultad por ambas partes: las razones que pruevan haverse de preferir los fosos secos son las siguientes.

1 Porque en el foso seco se pueden ocultar los Soldados, de suerte, que casi podia passar por estrada encubierta.

2 Porque el foso seco es muy à proposito para furtidas, cosa tan importante en tiempo de sitio; por poderse alli juntar la Cavalleria, è Infanteria para surtir de repente por las subidas que para este efecto se hacen en la con-



278 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
contraescarpa: y esto es mas preciso, quando no se puede juntar la gente en la estrada encubierta por algun accidente.

3. Caso que en las surtidas sea necessario retirarse à prisa, se halla pronta acogida en el foso por muchas partes siendo seco; pero estando lleno de agua, es preciso ir à buscar el puente con gran trabajo, por ser entre tanto cargados del enemigo: y seria mucho peor si èste les cortasse tomadoles el passo para dicha retirada.

4. Si el foso es seco, pueden ser mas facilmente socorridas las fortificaciones exteriores en un caso repentino; y asimismo es mas facil la retirada de ellas à la plaza, sin ir à buscar el puente.

5. En regiones muy frias, se puede quedar la plaza sin foso, si està lleno de agua, por elarse facilmente.

Las razones que prueban ser mas conveniente el foso lleno de agua, son estas: 1. Que impide mucho al enemigo las sorpresas, y assaltos repentinos. 2. Que no le puede passar tan facilmente con la galeria: y se ve necesitado à sangrarle, y vaciarle, ò hacer puentes, lo qual se le disputa mucho desde la plaza, ò ha de echar pontones, à los quales sirven de mucho embarazo las estacas que se fixan dentro del foso para impedir el transito con qualesquiera barcos.

Bien ponderadas las razones de una, y otra parte, parece ser mejor el foso seco que el lleno, por tener mas conveniencias con menos inconvenientes; pero esto no obstante, respondo con distincion: O las plazas son grandes, y de mucha guarnicion; ò pequeñas, y de poca guarnicion. Si son grandes, y de mucha guarnicion, de suerte, que puedan los sitiados hacer diferentes surtidas, no hay duda que es mejor que el foso estè vacio, para facilitar las surtidas, retiradas, y socorros en tiempo de sitio, sin lo qual no pueden ser bien defendidas estas plazas; pero si fueren pequeñas, y capaces de poca guarnicion, mejor serà el foso lleno de agua, porque en estas, por ser poca la guarnicion, son pocas, ò ninguna las surtidas que se pueden hacer; y assi no hay que atender à los inconvenientes de las retiradas arriba dichos. Ademàs de esto, son estas

estas plazas pequeñas mas expuestas à sorpresas, y assaltos repentinos, lo que estorva mucho el foso lleno de agua, como queda dicho.



## LIBRO II.

### DE LA FORTIFICACION regular.

**L**lamase *fortificacion regular*, aquella parte de la Arquitectura Militar, que fortifica las plazas, ò poligonos regulares, que como queda dicho, son aquellos, que constan de lados, y angulos iguales. Explicaré en este libro dos methodos de los mas selectos, y admitidos en estos tiempos. Quién quisiere ver la gran variedad de methodos, y construcciones que hay de fortificaciones regulares, lea à Don Joseph Chafrión en el *tratado* II. de la *Escuela de Palas*; y al R. P. Joseph Cafani en el *lib. 3, cap. 8.* de su *Escuela Militar*.

#### CAPITULO I.

RESUELVENSE ALGUNOS PROBLEMAS GEOMETRICOS,  
*necessarios para la fortificacion.*

**S**upongo, que el Ingeniero ha de tener à lo menos una mediana noticia de la Geometria; y así solo propondré en este lugar algunos Problemas de los mas precisos, que aunque quedan resueltos en mi Geometria  
Prac-

Práctica, será conveniente repetirles aquí para mayor facilidad.

## PROP. I. Problema.

*Inscribir dentro de un círculo qualquiera poligono regular.*  
(fig. 5.)

**S**Ea el círculo ABCD, cuyo centro sea E: pidefe, que dentro se inscriba qualquiera poligono regular.

1 Si la misma abertura de compàs EC, con que se describió el círculo, se transfiere de C hasta F, será la CF el lado del *exagono*; y si esta misma distancia se passa de C hasta P, la linea FP, será el lado del *triangulo regular*, ó *equilatero*; y su mitad LF, lado del *eptagono*, sin diferencia sensible.

2 Si se tiran los dos diámetros perpendiculares AC, BD, será la BC, lado del *cuadrado*.

3 El *pentagono*, se inscribirá partiendo el radio EC, por medio en L; y desde L, como centro, se hará el arco BM; y la linea MB, passada de B hasta Z, será el lado del pentagono.

4 El *octagono*, se inscribe partiendo por medio en K, al arco BC, à quien subtende el lado del cuadrado; y la recta CK, será el lado del octagono; y generalmente, inscrito un poligono, se inscribirá el de doblados lados, partiendo por medio el arco à quien subtende uno de sus lados.

5 El *nonagono*, se inscribirá dividiendo el diámetro AC en tres partes iguales en Q, N; y una de ellas AQ, será el lado del nonagono sin diferencia notable.

6 El *dezagono*, se inscribirá partiendo el arco BZ, subtense del lado del pentagono, por medio en R; y BR, será el lado del dezagono.

7 El *undezagono*, se inscribirá practicamente en esta forma: Tirados los dos diámetros perpendiculares entre sí AC, BD, describase el triangulo equilatero FAP, que tenga su cúspide en A; y el segmento FO, será sensiblemente el lado del undezagono.

8 El *duodezagono* se inscribirá , dividiendo el arco *FGC* , subtense del lado exagono , por medio en *G* , y la *CG* , será el lado del duodezagono , como consta de lo dicho. Veaſe el *lib.3.* de mi Geometr. Pract. donde ſe hallarán varias inſcripciones de poligonos.

## PROP. II. Problema.

*Regla general para inſcribir en el circulo todos los poligonos regulares. (fig. 6. )*

**O**peracion. Tireſe el diametro *AB* del circulo , y dividáſe en tantas partes iguales , como hay lados en el poligono que ſe quiere inſcribir ; con la diſtancia *AB* de todo el diametro haganſe deſde *A* , y *B* , los arcos que ſe cruzan en *C* ; y deſde *C* , por la ſegunda diſiſion contada deſde *A* , tireſe la recta *CD* ; y la *AD* , será el lado del poligono.

*Exemplo.* Sea el poligono que ſe quiere inſcribir el *pentagono*. Y porquè ſus lados ſon cinco , dividáſe el diametro *AB* en 5. partes iguales en los puntos *E* , *F* , *G* , *H* ; y tomando con el compàs la *AB* , haciendo centro en *A* , y *B* ; haganſe los arcos que ſe cortan en *C* ; y tirando por la ſegunda diſiſion *F* , del diametro la recta *CF* prolongada , cortarà la circunferencia en *D* ; y la recta *AD* , será uno de los lados del pentagono. Eſta regla en algunos poligonos es meramente *práctica*.

## PROP. III. Problema.

*Hallar el angulo del centro de qualquiera poligono regular.*

**O**peracion. Partaſe el numero 360. por el numero de los lados del poligono propueſto ; y el quociente será el numero de los grados que contiene el angulo del centro. *Exemplo.* El *triangulo* regular tiene tres lados : partaſe pues 360. por 3. y el quociente 120. será el angulo del centro del triangulo. Aſiſimifmo ; el *pentagono* tiene cinco lados : partaſe 360. por 5. y el quociente 72. ſe-

282 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR:  
serà el valor del angulo del cenero, y assi en los demàs. La  
razon es clara.

PROP. IV. Problema.

*Hallar el angulo de la circunferencia de qualquiera poligono  
regular.*

**A**ngulo de la circunferencia del poligono, ù de la figura, es  
el que forman los lados del poligono entre si; y éste  
es el que buscamos en esta proposicion.

*Operacion.* Hallado el angulo del çentro, restese de 180.  
y el residuo serà el angulo de la figura. *Exemplo.* Pidese el  
angulo de la circunferencia del pentagono ABCGE. (fig. 7.)  
El angulo del centro (3.) es 72. restense 72. de 180. y el  
residuo 108. grados, serà el valor del angulo ABC de la cir-  
cunferencia.

*Demonstr.* En el triangulo ADB, sus tres angulos son tan-  
to como dos rectos, ò 180. grados: (32. Eucl.) luego si de  
180. se quita el angulo centrico ADB, quedaràn los angu-  
los DAB, DBA 108. y siendo éstos dos juntos iguales al  
angulo ABC, serà éste 108. grad.

COROLARIO.

**D**E aqui se colige, se hallarà facilmente el semiangulo de  
la circunferencia, que es la mitad del angulo del poligo-  
no. En la tabla siguiente se hallan los sobredichos angulos perte-  
necientes à los poligonos desde el triangulo hasta el duodezagono.

Poli-

<i>Poligonos</i>	<i>Ang.del cent.</i>	<i>Ang.del polig.</i>	<i>Semiang.del pol.</i>
<i>Triangulo.</i>	120.	60.	30.
<i>Quadrado.</i>	90.	90.	45.
<i>Pentagono.</i>	72.	108.	54.
<i>Exagono.</i>	60.	120.	60.
<i>Eptagono.</i>	51. 26.min.	128. 34.min.	64. 17. min.
<i>Octagono.</i>	45.	135.	67. 30. min.
<i>Nonagono.</i>	40.	140.	70.
<i>Dezagono.</i>	36.	144.	72.
<i>Undezag.</i>	32. 44.min.	147. 16.mi.	73. 38. min.
<i>Duodezag.</i>	30.	150.	75.

## PROP. V. Problema.

*Sobre una recta dada describir qualquiera poligono regular.*

EN la *prop.* 1. dado un círculo se inscribió el poligono: ahora se da determinado el lado del poligono, y se pide, que sobre este lado se describa el poligono. En mi *Geom. Pract. lib.* 2. se hallarán diferentes modos de satisfacer este problema; y así bastarán ahora los dos siguientes.

*Modo 1.* Sea dado el lado CB, (*fig.* 7.) y se pide se describa sobre él un pentagono. *Operacion.* Hagase centro en B, y con qualquiera abertura hagase el arco FI, de tantos grados, quantos tiene el semiangulo del pentagono, que segun la tabla es 54. grados: y haciendo centro en C descrivase el arco HL, igual à FI: tirense las rectas BI, CL,

CL, que se cortaràn en D. Desde D, con la distancia DB, descrivase el circulo BCG, &c. por cuya periferia se passará la CB, y quedará descrito el pentagono.

*Modo 2.* Sin describir el circulo, tomese con el compas la distancia AB, (fig. 8.) y desde A, como centro, hagase el arco BD, igual al angulo del poligono, que es en la tabla 108. grad. y tirese la AD. Tomese con el compas la distancia AB, y hecho centro en D, hagase el arco H; y tomando la distancia BD, se hará centro en A, y se cortará el arco H, en el punto H, y se tirará la DH. Buelvase à tomar la AB, y desde H, hagase el arco E; y tomando la BD, se hará centro en A, y se cortará el arco E, y tirando las HE, EB, quedará perficionado el pentagono; y así en los demás poligonos. La razon de entrambas descripciones es bien clara, y consta de lo dicho en el lugar citado, y otros de la Geometria. Otros modos hay de describir los poligonos, sin dependencia de los angulos de la circunferencia, ni del centro; pero los sobredichos aseguran mas el acierto. Còmo se hayan de hacer estas descripciones sobre el terreno, se dirá mas adelante.

## CAPITULO II.

DE LAS MEDIDAS MAS USADAS EN LA FORTIFICACION; y de la proporcion que tienen entre si.

**N**O hay casi dos Naciones que perfectamente concuerden en sus medidas; y así antes de entrar en la explicacion del modo de fortificar, será conveniente declarar las mas ordinarias medidas de que usan los Autores, y la proporcion que tienen entre si, para que quien leyere sus construcciones, pueda hacer mas cabal concepto de ellas, y de la cantidad de sus lineas.

PROP.

## PROP. VI. Theorema.

*Explicanse las medidas que mas frequentemente se usan en la fortificacion.*

**L**As medidas mas ordinarias son las siguientes: *Verga, Toise, ò Exapeda, Passo Geometrico, Passo andante, Pie, Braza, Cana, Vara, Codo, Palmo, Trabuco.*

La *Verga* se usa en Alemania, Flandes, y Olanda: se compone de 12. pies Rhinlandicos, ò del Rhin; pero porque la division en partes dezimas lleva consigo gran facilidad para las operaciones, dividen la verga en diez partes iguales, á que llaman *Pies dezimales*: de que se sigue, que la *Verga dezempedal*, y *duodexempedal Rhinlandica*, son las mismas; pero el *Pie dezempedal* es mayor que el *Pie Rhinlandico*.

La *Toise*, ò *Exapeda* se usa en Francia, y consta de seis pies de Paris.

El *Passo Geometrico* usado en Italia, consta de cinco pies Geometricos.

El *Passo andante* viene á ser la mitad del *Passo Geometrico*; porque es aquel espacio que ocupa la planta del pie con el espacio intermedio hasta el otro pie exclusivamente, que se juzga ser dos pies, y medio.

La *Braza* se usa en el Estado de Milán. Dividefe en 12. partes iguales, llamadas *Onzas*; y cada onza en otras 12. partes, llamadas *Puntos*.

La *Cana* se usa en Cataluña, y otras partes de España, y consta de dos varas.

La *Vara* se usa en Valencia, y consta de quatro palmos, ò de tres pies Geometricos.

El *Codo* comunmente es de dos palmos, ò media vara; y por consiguiente pie y medio.

El *Pie* se divide en 12. *Pulgadas*; la pulgada en 12. granos de cevada; y el grano en 12. lineas. Algunos, para facilitar el calculo, le dividen en 10. pulgadas; cada pulgada en 10. granos; y cada grano en 10. partes, ò lineas. La cantidad del pie es desigual en casi todas las

Na-



286 TRAT. XVI. DE LA ARCHITEC. MILITAR:  
Naciones, como se verá en la proposicion siguiente.

El *Trabuco*, es medida usada en el Piamonte, y se compone de nueve pies Geometricos.

### PROP. VII. Theorema.

*Explicase la diferencia del pie Geometrico segun diferentes Naciones; y la proporcion que tienen entre si.*

EL pie geometrico, que en la proposicion antecedente diximos ser la quinta parte del passo geometrico, es diferente en diversas Naciones: de que se sigue, que proporcionando cada Autor las partes de una fortaleza, segun la cantidad del pie usado en su Provincia, ò con medidas compuestas de cierto numero de dichos pies, no podemos saber la cantidad absoluta que da à las lineas de la fortificacion, si ignoramos la cantidad del pie que escogió.

Para obviar este inconveniente, hemos de tomar un pie, que sea de los mas célebres, y conocidos, al qual dividiremos en 1000. partes, para que nos sirva de fundamento, y termino fixo para el conocimiento de los demás, determinando quantas de aquellas mil partes contiene cada uno.

El pie mas célebre es el Romano antiguo, y aun á éste le señalan los Autores diferentes cantidades, y medidas. La primera es sacada del Congio Romano, comprobada por Griembergero con el mismo Congio, y examinada con sumo cuidado por el Padre Villalpando de la Compañia de Jesus, *tom. 1. lib. 3. in Ezechielens;* y no con menor diligencia por Don Vicente del Olmo en su nueva Descripcion del Orbe, *cap. 10.* segun la qual es igual al pie Valenciano, que es el tercio de la vara Valenciana. La segunda medida del pie Romano es la que trae Snelio, sacada del Marmol Statiliano, y Colatiano, la qual es algo mayor que la del Congio, y es igual al pie Rhinlandico, ò del Rhin. Esta toma por medida fundamental Mathias Doghen, y otros, á quienes sigue Don Joseph Chaffron *lib. 1. cap. 2. del Arte Militar.*

Yo

Yo tomo por medida fundamental al pie Romano antiguo del Congio ; porque à demàs de ser el mismo que el de mi Patria , tiene mayor autoridad que el Statiliano: porque el Congio se colocò con autoridad publica del Senado Romano en el Capitolio en tiempo de Vespasiano , y Tito, Emperadores. Suponiendo pues dividido en 1000. partes el pie Romano del Congio , se hallará facilmente la cantidad de los pies de diferentes Naciones por la Tabla siguiente , en la qual se expressa quantas partes milesimas del pie Romano, ò Valenciano tocan á cada uno.

## T A B L A

*De la proporcion. de los pies de diferentes Naciones con el pie Romano , ò Valenciano.*

<i>Pies de varias Provincias</i>	<i>Partes milesimas.</i>
Mallorca , y Barcelona,	863.
Amsterdam,	918.
Castilla,	938.
Dantisco,	928.
Colonia , y Baviera,	938.
Amberes,	941.
Dinamarca,	948.
Goefa en Zelanda,	968.
Migdemburg,	974.
Londres,	983.
Romano antiguo,	1000.
Valencia,	1000.
Praga,	1007.
Rhinlandico del Rhin,	1015.
Viena de Auftria,	1035.
Turin,	1044.
Napoles,	1049.
Dordracò,	1065.
Briel,	1076.
París, Pie Real,	1092.
Verona,	1133.
Pie Decempedal,	1218.

Ad-

*Advierto, que la cantidad del pie de algunas Naciones no se halla la misma en todos los Autores, como se advertirá, si se cotejan la de la tabla antecedente con las que trae Don Joseph Chafrión, sacadas de Doghen, y otros: lo qual nace de haverse de valer muchas veces de relaciones menos exactas de los Naturales de aquel País; pero como regularmente sea poca la diferencia, podrá el Ingeniero valerse de qualesquiera Tablas, sin exponerse à error, si bien juzgo ser mas ajustadas las sobredichas.*

## PROP. VIII. Problema.

*Suponiendo qualquiera de las medidas de la tabla dividida en 1000. partes, hallar la cantidad de las demás en aquellas milésimas.*

**E**N la tabla propuesta se han expressado las cantidades del pie de diferentes Naciones, determinando quantas partes milésimas del pie Romano, ò Valenciano, incluye cada una; pero si alguno quiere suponer qualquiera de los pies sobredichos divididos en 1000. partes, sabrà quantas de estas milésimas se incluyen en cada uno de los demás, por la regla de tres siguiente.

Supongamos, que el pie Rhinlandico està dividido en 1000. partes, como le divide Doghen, y quiero saber quantas de estas mil partes se incluyen en el pie Real de Paris. Digo, si 1015. pie del Rhin en la tabla, dan alli mismo 1092. en el pie Real de Paris: luego 1000. segun la otra division del pie del Rhin, daràn 1075. en el pie de Paris; y así en los demás.

## PROP. IX. Problema.

*Reducir unas medidas à otras.*

**E**Ste problema es necesario para conocer en qualquiera planta de fortificacion, la cantidad absoluta que dio à qualquiera linea el Ingeniero que la delineò. Resuélvese por regla de tres, como en los exemplos siguientes.

*Exem-*

*Exemplo 1.* Un Francès determina la linea de la gran defenfa de 720. pies reales de Paris, quiero saber quantos pies incluye de los Valencianos conocidos. Hagafe esta regla de tres: Como 1000. numero correspondiente en la tabla al pie Valenciano, con 1092. numero correspondiente al pie de Paris, así 720. pies de Paris, con 786. pies Valencianos; y concluiré, que la linea de defenfa del Francés consta de 786. pies Valencianos.

*Exemplo 2.* Se han de reducir 300. pies de Praga, à pies de Castilla. Digo: Como 938. que es el pie de Castilla, à 1007. que es el de Praga, así 300. pies dados de Praga, à 322. pies de Castilla; y concluyo diciendo, que 300. pies de Praga hacen 322. de Castilla; y así de los demás.

## PROP. X. Problema.

*Formar la Escala, ò Pitipie.*

**E**L Ingeniero, en qualquier planta, ò descripción, deve poner el pitipie, el qual es una linea dividida en muchas partes iguales, que representan las medidas de la planta delineada. Estas partes pueden representar pasos, varas, pies, &c. segun las medidas de que se vale el Artifice; y para que no haya equivocacion, se le deve poner el titulo de *Pitipie*, ò *Escala de passos*, *Varas*, ò *Pies Valencianos*, ò *Castellanos*, &c. El pitipie se ha de dividir en las partes necessarias para el intento, como 100. 1000. &c. cuidandó de que esta division sea exacta, para que las medidas de la fabrica salgan mas precisas.

El mejor modo de dividirle, es el siguiente: Hagase un paralelogramo quadrilongo, como *ABDC*, (*fig. 9.*) cuya longitud, y latitud sea la que se juzgare apta para la descripción: dividase la latitud *AC* en diez partes iguales, y de la propia fuerte *BD*, y tirense las paralelas como se ve en la figura: dividase tambien la longitud *AB* en diez partes iguales, y asimismo la *CD*, y se tirarán las paralelas transversales: dividandose del mismo modo las *AE*, *CF* en diez partes iguales, y ultimamente se tirarán las

Tomo Y.

T

rec-

rectas inclinadas, y en las divisiones se pondrán los números como se ve en la figura, y quedará dividido el pitipie en 1000. partes iguales.

El uso de este pitipie es tomar qualesquiera partes milésimas que se pidieren del modo siguiente. *Exemplo 1.* Quando el número es menos de 1000. piden se 467. partes del pitipie: busquesse arriba en la AC, la ultima cifra del número dado, la qual es 7. y baxando por su linea hasta encontrar la linea inclinada de 60. se fixará la punta del compás en el encuentro de entrambas, que es en X; y la otra punta se estenderá la linea à baxo, hasta la transversal 400. en Z, y la distancia XZ dará las 467. partes. *Exemplo 2.* Quando el número fuere mayor que 1000. como 1467. se tomarán primero las 1000. que es toda la AB, y luego se añadirán las 467. que es el exceso de 1000. tomándolas à parte como en el exemplo 1.

Será de suma importancia para los Ingenieros, tener en una plancha de alatón el medio pie, dividido en la forma dicha en 1000. partes, ó si pareciere mejor en 500. como le dividí en mi Geometria Pract. lib. 8. prop. 2. Vea se lo que allí advertí en este punto.

### CAPITULO III.

#### EXPLICASE EL METHODO PROPIO DE *fortificar qualquiera poligono regular.*

ES comun à todos los methodos, que ingeniosamente han discurrido en esta materia los Autores, señalar determinadamente algunos datos, suponiendo, y dando por conocidos algunos angulos, y lineas, de que en virtud de la misma construccion se infieren por necesaria consecuencia las magnitudes de las demás partes de la fortificacion; y quanto éstas salieren mas ajustadas à las maximas arriba dichas, tanto mayor aprobacion se merecerá el methodo discurrido. Supongo, que el que aqui explico, no será digno de cotejarse con los de tantos,





tos, y tan doctos Autores como en este punto han escrito; y así me contentaré con la honra de que se coloque en el infimo lugar à quantos hasta aora con tanto acierto se han discurredo.

## PROP. XI. Theorema.

*Explicanse los datos, y supuestos para fortalecer qualquiera poligono regular, segun este methodo.*

Supongo lo primero, que en todos los poligonos sea la linea de defensa fixante 800. pies Valencianos, ò geometricos. La razon es, porque supuesto que el enemigo con las mismas armas, y fuerzas ataca una plaza de quatro baluartes, que una de ocho, ò nueve, &c. y que con las mismas armas se defienden unas que otras, no hay razon para que dicha linea de defensa no sea igual en todos los poligonos. Quiero sea de 800. pies, porque siendo el fusil arma algo mas flaca que el mosquete, solo parece assegurar-se su tiro de punta en blanco à distancia de 900. pies, segun lo dicho en la *maxima* 2. Siendo pues la fixante de 800. pies, se asegura dentro de dicho alcance, no solo el baluarte opuesto, si tambien el solo su correspondiente; y consequentemente quedaràn bien defendidas todas las partes de la fortificacion, sin que puedan maltratar mucho à los Artilleros los tiros de los Fusileros enemigos, que se fortifican en la esplanada.

Supongo lo segundo, que la semigola sea en todos los poligonos de 160. pies, capacidad baltantissima, así para la artilleria, como para poder levantar cavalleros, y para todo lo demàs, segun se dixo en la *maxima* 6.

Supongo lo tercero, que la distancia de los poligonos interior, y exterior, que mide la perpendicular tirada del uno al otro, sea en el quadrado de 200. pies, en el pentagono de 260. y en todos los demàs poligonos de 300. pies; porque con esto se asegura sean siempre, así la capital, como la cara del baluarte, mayores que 240. pies, para que salgan los baluartes capaces de cortaduras, segun la *maxima* 5.



293 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

Supongo lo quarto, que el angulo del fianco, y cortina sea en todos los poligonos de 100. grados, porque con esto salen mayores los flancos, mas capaces de fuego, y sale de ellos mejor la defenfa, sin incurrir el inconveniente de quedar sobrado expuesto al enemigo, singularmente cubriendoles con orejones, como se resolvió en la *question* 1.

Supongo lo quinto, que en todos los poligonos, desde el de siete lados arriba, sea el angulo flanqueado de 85. grados, que es bastantissimamente fuerte, segun la *maxima* 8. en los demàs, aunque sale por consequencia algo mas agudo, pero con bastante robultèz, porque el menor, que es el del pentagono, es de 70. grados: solo el quadrado tiene necessariamente, como en otro qualquiera methodo, el angulo flanqueado mas agudo, aunque dentro de los limites señalados en el lugar citado, porque es de 61. grados, como luego veremos. La razon de no formar al angulo flanqueado recto en los poligonos de muchos lados es, porque siendo algo agudo, salen con mejor proporcion, segun este methodo las demàs partes del baluarte; y por semejante razon dice el P. Dechaes en el *lib. 1. prop. 19.* de la Architectura Militar: *Angulus defensus rectus, robustissimus licet, nonnihil acuto preferendus non est.* Esto supuesto, se delineará la fortificacion de qualquiera poligono regular, como se explica en las proposiciones siguientes.

PROP. XII. Problema.

*Fortificar el Quadrado. (fig. 10.)*

**A**unque la regla para fortificar los poligonos regulares es una misma en todos, pero esso no obstante la explicarè en particular en el quadrado, pentagono, y exagono hasta el octagono, así para la mayor facilidad, como por variarse en los tres primeros la distancia de los poligonos interior, y exterior, y haver en el octagono defenfa fix ante, y fuego segundo, que en los demàs no hay variacion alguna.

Pi-

Pídesse pues, se describe la fortificación del cuadrado. *Operacion.* Tirese la recta IK larga à discrecion: formese el angulo LKI igual al semiangulo del poligono 45. grados, que se hallará en la tabla de la *propof.* 4. ò en la que se darà mas adelante, y tirese la LB larga tambien à discrecion: saquese la KP perpendicular à IK, que arbitrariamente se hará mayor, ò menor, segun se quisiere hacer grande, ò pequeña la figura: por el punto P tirese la AB paralela à la IK, la qual cortando la LB en el punto B, determinará la capital KB.

Tirese à parte una linea, como MN, y se trasladará en ella quatro veces la KP; y porque ésta se supone ser en el cuadrado de 200. pies, será la sobredicha linea de 800. Tómese pues con el compás esta linea MN, quadrupla de KP, y poniendo el un pie en B, se cortará con el otro la recta IK donde alcanzare, y sea en el punto E; y la EB será la linea de la defensa, que en el cuadrado necesariamente es rasante. La sobredicha linea MN servirá de pitipie, porque como las divisiones hechas en ella sean iguales à la KP, será cada una de 200. pies; y si todas se dividen por medio, quedará dividida de 100. en 100. partes; y se podrá alargar hasta que el pitipie sea de 1200. pies, ò quanto pareciere.

Hecho esto, cortese la KF de 160. pies, tomados del pitipie sobredicho, y la KF será la semigola. En el punto F formese el angulo EFG de 100. grados, y tirando la FG, hasta que corte la rasante EB, será FG el flanco, y quedará formado el medio baluarte. Ultimamente cortese EI igual à FK, y será la otra semigola, y toda la IK lado del poligono interior; y haciendo el angulo LKl igual à LKI, el punto L, en que concurren èntrambas lineas, será el centro de la plaza; y formando con las mismas medidas el otro medio baluarte EA, será AB lado del poligono exterior, LK radio menor, y LB radio mayor; y quedará concluida la descripcion, que se podrá trasladar à los demás lados, concluyendo primero el poligono interior, que se hará describiendo del centro L con la distancia LK un circulo, y repitiendo el lado IK en su periferia.

PROP.

## PROP. XIII. Problema.

*Fortificar el Pentagono. ( fig. II. )*

**O**peracion. Tirese la recta IK larga à discrecion : formese el angulo LKI igual al semiangulo del pentagono, que es 54. grados. Tirese la perpendicular KP mayor, ò menor, segun huviere de ser grande, ò pequeña la delmeacion. Tirese por su extremidad P la AB paralela à IK, que cortando à la recta LB en B, quedará determinada la capital KB. Hagale à parte la recta MN, y passese à ella cinco veces la KP; y porque ésta en el pentagono se supone ser de 260. pies (12.) será la MN de 1300. pies; con que dividiendola en 13. partes iguales, cada una de ellas será 100. pies, y se tendrá hecho el pitipie.

Tomense de la MN 800. pies con el compàs, y con esta distancia, puesto un pie en B, cortese con el otro la IK en E, y tirese la EB, que será la linea de la defenfa rasante; y haciendo la semigola KF de 160. pies, se hará el angulo EFG de 100. grados, y la FG terminada en la rasante EB será el flanco; y quedará hecho el medio baluarte. Hagase la EI igual à FK, y será la otra semigola; y ultimamente se hará el otro medio baluarte AE, y se concluirá toda la descripcion, como la del quadrado en la prop. passada.

## PROP. XIV. Problema.

*Fortificar el Exagono, y Eptagono.*

**E**L exagono, y eptagono se fortifican guardando las mismas reglas que en el quadrado, y pentagono, solo que la perpendicular KP se supone ser de 300. pies, como tambien en todos los poligonos que se figuen; y así para formar el pitipie se tomará quatro veces en una linea tirada à parte, y será de 1200. pies; y dividiendo cada division de éstas en tres partes iguales, quedará formado el pitipie dividido de 100. en 100. pies. En todo lo demás se procederá como en el pentagono, y quadrado.

PROP.

## PROP. XV. Problema.

*Fortificar el Octagono , à otro qualquier poligono regular.*  
( fig. 12. )

**E**N éste, y los siguientes poligonos se admite fuego segundo; y por consiguiente, hay linea de defensa fixante, lo que añade algo, si bien muy poco à las operaciones de las proposiciones passadas. Pidesse pues se fortifique un octagono regular. *Operacion.* Formado el angulo LKI, igual al semiangulo del poligono, se tirará la perpendicular KP, de magnitud arbitraria, segun huviere de ser grande, ò pequeña la descripcion, la qual se supondrà ser de 300. pies; y con ella se formará à parte el pitipie MN, tomandola quatro veces, como dixè en la propof. antecedente: luego se tirará por el punto P la AB, paralela à IK, y quedará determinada la capital KB. Tomense del pitipie 800. pies, y con esta distancia desde B se cortará la IK en el punto E; y será EB linea de la defensa fixante.

Hecho esto, porque en este, y los siguientes poligonos el angulo flanqueado ha de ser de 85. grados, y su mitad 42. grad. 30. min. se formará en el punto B el angulo KBH de 42. grad. 30. min. y tirando la BH, será esta linea la defensa rasante, y HE el fuego segundo. Tomese aora, como en los antecedentes, la semigola KF de 160. pies; y haciendo el angulo HFG de 100. grad. se terminará la FG en la rasante BH, y quedará formado el flanco, y descrito el medio baluarte; y haciendo la semigola EI, igual à KF, será IK, lado del poligono interno; y se continuará lo demás hasta concluir la delineacion del mismo modo que en las antecedentes. Esto mismo se observará en todos los demás poligonos de mayor numero de lados.

CA-

## CAPITULO IV.

DE LA RESOLUCION DE LA FORTIFICACION,  
*formacion de las tablas , y modo de fortificar por  
 ellas.*

## PROP. XVI. Problema.

*Resolver la fortificacion , y calcular las tablas.*

**R**esolver la fortificacion , no es otra cosa , que señalar determinadamente la magnitud de las lineas, y cantidad de los angulos que se hallan en ella. Esta resolucion se puede hacer en dos maneras : La primera es, averiguando en la delineacion por el pitipie quantos pies le tocan à cada linea ; y con un semicirculo graduado , viendo quantos grados le tocan à cada angulo ; porque formado el pitipie , segun se dixo en las proposiciones passadas , si se toma con el compàs qualquiera linea de la fortificacion , como por exemplo , la cara de un baluarte , y se ajusta sobre el pitipie , se verá quantos pies comprehende dicha linea ; y asimismo , si del punto en que concurren dos lineas que forman un angulo , se describe un arco de circulo con igual radio al del semicirculo graduado , y se toma con el compàs el arco comprehendido entre dichas lineas , y se ajusta sobre el arco del semicirculo , se sabrà de quantos grados sea aquel angulo.

Pero este modo es puramente practico , y carece de aquella exaccion que deven desear los veritados en las Mathematicas ; y assi suelen los Autores resolver sus methodos de fortificar por Trigonometria , que es el segundo modo , infiriendo de sus datos , ò supuestos por resolucion de triangulos , las cantidades determinadas de todas las demàs lineas , y angulos de su fortificacion en qualquiera poligono. Todo lo qual disponen ordenadamente en unas tablas , que manifiestan como se ajusta aquel methodo con las maximas , y juntamente suministran otro modo facilísimo de delinear la fortificacion  
 por

por ellas. La resolucion pues de nuestro methodo , es la siguiente.

Los datos, ò supuestos son éstos : La EB (fig. II.) linea mayor de la defenfa 800. pies, en todos los poligonos : la femigola FK , 160. pies, tambien en todos los poligonos ; y la perpendicular KP , que en el quadrado es 200. pies, en el pentagono 260. y en los demás poligonos 300. pies. Con esto, y con los angulos que por su naturaleza lleva el poligono, se hace la resolucion en esta forma.

1 En el triangulo KPB, rectángulo en P, es conocido el angulo B, que es la mitad del angulo del poligono, y la KP : luego se sabrà la capital KB con esta analogia.

*Como el seno del angulo KBP,*

*à KP;*

*Asi el radio,*

*à la hypotenusa KB.*

2 En el triangulo EKB, se sabe el angulo EKB, restando de 180. grados el semiangulo del poligono LKI, sabese el lado EB 800. y la capital KB por la antecedente: luego se sabrà el angulo diminuto KEB con la siguiente analogia.

*Como EB,*

*al seno del angulo EKB;*

*Asi el lado KB,*

*al seno del angulo KEB.*

Hallado el angulo KEB, si se suma con el angulo EKB, y la suma se resta de 180. grados, el residuo será el semiangulo flanqueado KBE en el quadrado, y los demás hasta el eptagono, que duplicado dà el angulo flanqueado.

3 En el mismo triangulo, sabidas las cosas sobredichas, se halla el lado EK con la analogia siguiente.

*Como el seno del angulo KEB,*

*al lado KB;*

*Asi el seno del angulo KBE,*

*al lado EK.*

Aña-

298 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

Añadase à este lado hallado la EI, que es 160. pies, y se fabrà el lado IK del poligono interior. Restese de EK hallado, la FK, 160. pies, y quedará conocida la cortina EF.

4 En el triangulo EFG, son conocidos todos sus angulos; porque sumando el angulo EFG, 100. grados, con el hallado FEG, y restando esta suma de 180. queda sabido el angulo EGF; y como tambien sea ya conocida la cortina EF, se conocerá el flanco FG con esta analogia.

*Como el seno del angulo EGF,*  
*à EF,*  
*Assi el seno del angulo FEG,*  
*al flanco FG.*

5 En el mismo triangulo se hallará la EG en esta forma.

*Como el seno del angulo EGF,*  
*à EF;*  
*Assi el seno del angulo EFG,*  
*à la EG.*

Restese la EG de la EB, 800. y el residuo será la GB, cara del baluarte; y porque el angulo de la espalda FGB, es externo respecto del triangulo EFG, será igual (32.1. Euc.) à los dos internos, y opucitos; esto es, à la suma de los angulos EFG, y FEG.

6 En el triangulo ILK, son conocidos sus tres angulos; porque L, es el del centro, y los demás son la mitad del angulo del poligono; es tambien conocido el lado IK: luego se hallará el radio menor LK con la siguiente analogia.

*Como el seno del angulo ILK,*  
*al lado IK;*  
*Assi el seno del angulo LIK,*  
*al lado LK.*

Sumese este radio menor LK, con la capital KB, y se fabrà el radio mayor LB. Ultimamente, en el triangulo LAB, se hallará el lado exterior AB, usando de esta analogia.

*Como*

*Como el seno del angulo LAB,*  
*al lado LB;*  
*Assi el seno del angulo ALB,*  
*al lado AB.*

Con esto queda resuelta toda la fortificacion en el quadrado, pentagono, exagono, y eptagono; pero para los otros poligonos de mas lados, por tener fuego segundo, se hará la resolucion como se figue, suponiendo ser en todos el angulo flanqueado de 85. grad. Veaſe la fig. 12.

Las tres primeras resoluciones ſon las mismas arriba dichas, con las cuales ſe llega à ſaber la capital KB, los angulos del triangulo EKB, el lado interior IK, y la cortina EF. Sabido pues en el triangulo EKB el angulo EBK, ſi de èſte ſe reſta el ſemiangulo flanqueado GBK, que es 42. 30. ſe ſabe el angulo EBH: luego en el triangulo EHB, conocido el angulo diminuto HEB, y el angulo EBH, queda conocido el angulo EHB, y el angulo FHG, que es ſu complemento à 180. Y en el triangulo HFG, ſabido el dicho angulo FHG, y el HFG, de 100. grad. ſe ſabe el angulo de la eſpalda FGB, igual à los dos ſobredichos; (32. 1. Eucl.) y por contiguiente ſe ſabe tambien el angulo FGH, y quedan todos los angulos conocidos.

Hecho eſto, ſe buscarà el fuego ſegundo EH por el triangulo EHB, cuyos angulos, y el lado EB 800. ſon conocidos: la analogia es la ſiguiente.

*Como el seno del angulo EHB,*  
*al lado EB;*  
*Assi el seno del angulo EBH,*  
*al lado EH.*

Reſteſe EH de la cortina EF, y quedarà conocida la HF: luego en el triangulo HFG, ſabidos ya ſus angulos, y el lado HF, ſe ſabrà el flanco FG con la ſiguiente analogia.

*Como el seno del angulo FGH,*  
*à HF;*  
*Assi el seno del angulo FHG,*  
*al flanco FG.*

Y.



Y en el mismo triangulo HFG, se hallarà la HG, como se sigue.

*Como el seno del angulo FGH,*

*à HF:*

*Afsi el seno del angulo HFG,*

*à la HG.*

Ultimamente, en el triangulo EHB se hallarà la rasante HB con la analogia que se sigue.

*Como el seno del angulo EHB,*

*al lado EB 800.*

*Afsi el seno del angulo HEB,*

*à la HB.*

Restese de HB la HG, y quedarà conocida la cara GB del baluarte. Los radios menor, y mayor, y el lado del poligono exterior, se hallaràn con las mismas analogias arriba puestas en el quadrado, pentagono, &c.

De esta manera se ha calculado la tabla siguiente, cuyos numeros en los angulos son grados, y minutos del circulo: y en las lineas son pies Geometricos, Valencianos, ò Romanos.

TA-

# T A B L A

## *De los Angulos, y Lineas de la Fortificacion, segun el presente Metodo.*

<i>Poligonos.</i>	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Ang. del cent.</i>	90. o. l	72. o. l	60. o. l	51.26. l	45. o. l	40. o. l	36. o. l	32.44. l	30. o.
<i>Del Poligono.</i>	90. o. l	108. o. l	120. o. l	128.34. l	135. o. l	140. o. l	144. o. l	147.16. l	150. ó.
<i>Su mitad.</i>	45. o. l	54. o. l	60. o. l	64.17. l	67.30. l	70. o. l	72. o. l	73.38. l	75. o.
<i>Flanqueado.</i>	61. 2. l	70. o. l	76. o. l	84.34. l	85. o. l	85. o. l	85. o. l	85. o. l	85. o.
<i>Su mitad.</i>	30.31. l	35. o. l	38. o. l	42.17. l	42.30. l	42.30. l	42.30. l	42.30. l	42.30.

<i>Poligonos.</i>	1 IV.	1 V.	1 VI.	1 VII.	1 VIII.	1 IX.	1 X.	1 XI.	1 XII.
<i>Del Flanco.</i>	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l	1 100. o. l
<i>De la espaldas.</i>	1 114.29. l	1 119. o. l	1 122. o. l	1 122. o. l	1 125. o. l	1 127.30. l	1 129.30. l	1 131. 8. l	1 132.30.
<i>K E B.</i>	1 14.29. l	1 19. o. l	1 22. o. l	1 22. o. l	1 22. o. l	1 22. o. l	1 22. o. l	1 22. o. l	1 22. o.
<i>K H B, ð F H G.</i>	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 25. o. l	1 27.30. l	1 29.30. l	1 31. 8. l	1 32.30.
<i>H G F.</i>	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 55. o. l	1 52.30. l	1 50.30. l	1 48.52. l	1 47.30.
<i>H B E.</i>	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 3. o. l	1 5.30. l	1 7.30. l	1 9. 8. l	1 10. o.
<i>E B K.</i>	1 30.31. l	1 35. o. l	1 38. o. l	1 42.17. l	1 45.30. l	1 48. o. l	1 50. o. l	1 51.38. l	1 53. o.
<i>Linea fixante.</i>	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 o. o. l	1 800. l	1 800. l	1 800. l	1 800. l	1 800.
<i>Rafante.</i>	1 800. l	1 800. l	1 800. l	1 800. l	1 709. l	1 649. l	1 609. l	1 580. l	1 558.
<i>Lado exterior.</i>	1 1135. l	1 1105. l	1 1074. l	1 1047. l	1 1025. l	1 1011. l	1 999. l	1 990. l	1 983.

<i>Poligonos.</i>	1 IV.	1 V.	1 VI.	1 VII.	1 VIII.	1 IX.	1 X.	1 XI.	1 XII.
<i>Lado interior.</i>	1 735.	1 727.	1 728.	1 758.	1 777.	1 793.	1 805.	1 814.	1 822.
<i>Cara.</i>	1 351.	1 341.	1 326.	1 291.	1 279.	1 268.	1 260.	1 256.	1 249.
<i>Capital.</i>	1 283.	1 322.	1 346.	1 333.	1 324.	7.1 319.	3.1 315.	5.1 312.	7.1 310.
<i>Semigola.</i>	1 160.	1 160.	1 160.	1 160.	1 160.	1 160.	1 160.	1 160.	1 160.
<i>Flanco 1.</i>	1 114.	1 152.	1 180.	1 193.	1 184.	1 179.	1 174.	1 170.	1 168.
<i>Flanco 2.</i>	1 0. 0.	1 0. 0.	1 0. 0.	1 0. 0.	1 99.	1 166.	1 212.	1 246.	1 271.
<i>Cortina.</i>	1 415.	1 407.	1 408.	1 438.	1 452.	1 473.	1 485.	1 494.	1 502.
<i>Distancia KP.</i>	1 200.	1 260.	1 300.	1 300.	1 300.	1 300.	1 300.	1 300.	1 300.
<i>Radio mayor.</i>	1 802.	1 941.	1 1074.	1 1206.	1 1339.	1 1478.	1 1617.	1 1756.	1 1898.
<i>Radio menor.</i>	1 519.	1 619.	1 728.	1 873.	1 1015.	1 1159.	1 1302.	1 1444.	1 1588.

## PROP. XVII. Problema.

*Fortificar qualquiera poligono por las Tablas.*

**E**L modo de fortificar por las tablas, es facilísimo, pues solo consiste en formar los angulos, tomando de un semicirculo graduado el valor que les señala la tabla, y en dar por el pitipie à las lineas la magnitud que alli mismo se determina. Todo se ve con claridad en el exemplo siguiente.

Supongamos se ha de delinear la fortificacion de un exagono: (fig. 13.) Formese primero un pitipie de 1000. ò 1200. pies de magnitud proporcionada à la delineacion que se ha de hacer; y porque en la tabla se le da al exagono el radio menor de 728. pies, tomense éstos del pitipie, y con esta distancia descrivase el circulo ADEB; y porque el lado interior es tambien de 728. pies, con esta misma distancia se dividirá el circulo en seis partes iguales, y tirando los lados AD, DF, &c. quedará descrito el recinto de la plaza. Continuese el radio CE, y porque en la tabla le tocan à la capital 346. pies, se tomarán del pitipie, y se pasarán de E à H: asimismo se tomarán 160. pies, que tocan à la semigola, y se pasarán de E à F. En el punto F, se formará el angulo DFG de 100. grados; y porque al flanco primero le da la tabla en el exagono 180. pies, tomados del pitipie, se pondrán de F à G; y juntado la GH, si se huviere obrado con cuidado, se hallará por el pitipie ser de 326. pies, que es lo que la tabla señala à la cara del baluarte en el exagono: con esto quedará formado el medio baluarte. Del mismo modo se formará el otro medio; y executando lo mismo en los demás angulos del poligono, quedará concluida la delineacion; y así en otro qualquiera poligono: y advierto, que así como aqui se ha empezado à delinear la fortificacion por el radio, y lado interior, se puede empezar por otra qualquiera linea, ò punto, segun mejor pareciere.

*En estas descripciones se ha de poner tambien el grueso del*

del muro , terraplen , y su escarpa interior , como despues veremos , dandoles la cantidad que se determina en el capitulo siguiente.

## CAPITULO V.

DETERMINASE LA FORMA , Y MAGNITUD QUE SE debe dar à las partes de la fortificacion.

## PROP. XVIII. Theorema.

Explicase la disposicion , y magnitud del Foso.  
(fig. 15.)

Segun se dixo en la *maxima* 13. el foso ha de tener de ancho de 100. hasta 130. pies donde menos ; y escogiendo un buen medio , le daremos 120. pies à la linea TY , que determina alli su anchura. Por la parte que mira à la plaza , sigue el foso los mismos angulos , y lineas de la fortificacion , como se ve en la figura ; pero en quanto à la otra parte que mira a la campana , que es la linea de la contraescarpa , hay varios pareceres : unos quieren sea dicha linea paralela à las caras TS , GI ; pero esto lleva por lo regular un grande inconveniente , y es , que , ò se ha de entanchar sobrado el foso , ò ha de quedar mal defendida la contraescarpa , porque observando el dicho paralelismo , la recta YD continuada vendria à cortar parte del flanco IK , como por exemplo en Z ; y por consiguiente le faltaria à la contraescarpa la defensa que sale de aquella parte ZI del flanco.

El Padre Joseph Zaragoza no tiene esto por inconveniente , mientras quede libre la mitad del flanco para defender la contraescarpa , y asi la hace paralela à las caras , mientras la YD prolongada dexa la porcion KZ , igual à lo menos à la mitad del flanco ; pero si esta porcion faliere menor , como sucede en algunos poligonos , quiere se divida el flanco por medio en Z , y se tire la YDZ , sin cuidar del paralelismo sobredicho.

Tomo V.

V

Mas

Mas acertado parece el sentir de los Autores modernos, que juzgan no se deve atender al paralelismo de la contraescarpa con las caras, si que en todo caso la linea YD se ha de tirar al angulo I de la espalda, para que de esta fuerte, assi la contraescarpa, como qualquiera parte del foso sea descubierta, y defendida de todo el flanco. A esto objeta el Padre Zaragoza un solo inconveniente, y es, que sale el foso muy ancho en medio de la cortina, lo que parece ser gasto sin provecho, pues basta la mitad del flanco para defender la contraescarpa. A esto se responde, que siendo tanta la ventaja de la defenfa de todo el flanco, no se deve reparar en el gasto: esto no obstante, como segun nuestro methodo, sean los flancos mayores que en otros; si pareciere mejor, se podrá tirar la linea de la contraescarpa à la quarta, ò tercera parte del flanco, contada del angulo de la espalda, porque siempre quedará mucha defenfa en lo residuo hasta la cortina.

La profundidad del foso puede ser de 15. hasta 25. pies, y si se hace de 20. pies, será muy proporcionado para sus fines, segun la *maxima* 13. La tierra que se saca del foso, se emplea en el terraplen del muro; mas no por esso se deve necessariamente proporcionar con la tierra que es menester para el terraplen, como quieren algunos; ni se le deve dar mas, ni menos anchura, y profundidad de la que pide el fin para que es instituido: y assi, si falta tierra para el terraplen, se traerà de otra parte; y si sobra, se le buscarà otro empleo, ò se esparcirà por la esplanada, ò campaña.

El foso no se abre perpendicular, sino con inclinacion, ò escarpa, la qual, por estar àzia la parte que mira à la campaña, y enfrente de la escarpa del muro, se llama *contraescarpa*. Disponefe assi, para que la tierra pueda sustentarse sin ruina: si la tierra es firme, bastarán seis pies de escarpa en 20. de altura; pero si la tierra fuere arenisca, y desunida, ò se le darà mayor escarpa, ò se hará en NXYD una pared debil de tierra lodo, dandole de escarpa un quarto de su altura: hacefe esta pared debil,

bil, para que caso que el enemigo la gane, no pueda fortalecerse en ella.

## PROP. XIX. Theorema.

*Determinanse las dimensiones, y disposicion de la Estrada encubierta, y Esplanada.*

**E**Strada encubierta, ò camino cubierto, es un corredor llano, que sobre la contraescarpa ciñe todo el foso: su anchura ha de ser de 30. à 40. pies: por la parte que mira à la campaña se levanta un parapeto, que circuye, y cubre toda la estrada, por lo qual se llama *estrada encubierta*. Importa sea este parapeto tan alto, que pueda cubrir la infanteria, y cavalleria, para lo qual necessita de 7. pies y medio de altura: los tres firven para dos grados, ò banquetas, y los restantes 4. y medio firven de parapeto para los soldados, que subiendo sobre las banquetas, disparan sus armas contra el enemigo. El parapeto se erige perpendicular por la parte que mira à la estrada, ò con muy poca inclinacion: si la tierra de que se forma no fuere firme, se hará una pared debil, que la sustente, como en la contraescarpa.

La estrada encubierta se hace paralela à la contraescarpa; y el parapeto, paralelo à la estrada. Todo se ve en la *fig. 15.* donde la linea YD, y XN, es la contraescarpa; y qb, el parapeto de la estrada; y èsta es el espacio comprehendido entre las dos lineas. Quieren algunos se haga el corredor con unos dientes quadrados, como I; otros con triangulares como H, F; otros, en forma de sierra, como G.

En qualquiera parte, donde la estrada encubierta forma angulo entrante, se hace una plaza de armas con angulo saliente, como en D: describe se en esta forma. Sea A (*fig. 14.*) el angulo entrante, que forma la estrada: cortense AB, AC, cada uno de 65. pies; y tomando del pitipie con el compàs 78. pies, haganse con esta distancia de los puntos B, y C, los arcos que se cruzan en D: y tirando las DB, DC, quedará formada la plaza de armas.

Al-



Algunos hacen en derecha de los puntos B, y C, las traverſas B, C, cuya longitud ſea igual à la anchura de la eſtrada encubierta, dandoles la eſpeſſura de 12. à 18. pies, y la altura igual à la del parapeto de la miſma eſtrada, poniendoles tambien ſus banquetas; y por el cabo que eſtà àzia la campaña, ſe les hace un reſalte de 6. pies en la linea del parapeto de la eſtrada, como ſe ve en la *fig. 14.* para dar lugar al tranſito capáz de un Soldado: ſirven eſtas traverſas en el lugar ſobredicho, para cubrir la plaza de armas. Hacenſe tambien en los angulos ſalientes de la eſtrada, para embarazar no ſea enfilada, caſo que ſe arruine el parapeto de dicho angulo: diſponenſe en eſta forma. Sea S (*fig. 16.*) un angulo ſaliente de la eſtrada, que correſponde al angulo flanqueado M de un baluarte, ò revellin, &c. alarguenſe las caras ſegun las lineas MG, MH, y continuandolas ſobre la eſtrada, haganſe ſobre ellas las dos traverſas G, y H, con las miſmas dimensiones que las antecedentes, ſolo que han de ſer 6. pies mas cortas; eſto es, ſea ſu longitud 6. pies menos que la latitud de la eſtrada encubierta, para que pueda paſſar un Soldado por entre el cabo de la traverſa, y el parapeto: y eſte tranſito ſe cubrirà con un merlon de la miſma eſpeſſura que la traverſa, y diſtante de ella tambien 6. pies; que ſe harà unido con el parapeto de la eſtrada, como ſe ve en la figura. Hacen algunos eſtas traverſas, para que no quede entilada por aquella parte la eſtrada, caſo que el enemigo arruine aquel angulo ſaliente. Eſte genero de traverſas puſo Monsieur de Vauban en la celebrada Ciudadela de Caſal: tambien ſe han executado en otras plazas: remito el juizio de ſu mayor, ò menor utidilidad à los mas expertos.

2 Después de la eſtrada encubierta, ſe ſigue la eſplanada, que no es otra coſa que una inclinacion, que corre deſde lo alto del parapeto de la eſtrada àzia la campaña; y eſta inclinacion ha de ſer tanta, que entre ella, y el campo nõ haya diferencia ſenſible, cuidando ſe deſcubra toda del parapeto del muro, para que el enemigo ſe vea obligado à venir à pecho deſcubierto: convendra ſe

lle-

llene de piedra menuda, quitando la tierra del campo hasta 200. pasos, para que à mas de retardarse con esto los ataques, la artilleria de la plaza levante las piedras, con notable daño del enemigo.

## PROP. XX. Theorema.

*Determinanse las dimensiones, y disposicion del Muro.*

**T**odo el recinto de la fortificacion està circuido del muro, muralla, ò camisa, que corre las cortinas, flancos, y caras de los baluartes, à quien se añade el terraplen por la parte interior de la plaza. Puede fabricarse el muro de piedra, ò ladrillo; de tierra, y tepes; ò de tierra, y fagina.

## MUROS DE PIEDRA, O LADRILLO.

**L**A mejor materia para los muros es la piedra suave, en la qual se engasta la bala, como la tienen los de Malta, y Mallorca. Si se fabrican de ladrillos, se ha de cuidar, que ni esten sobrado crudos, ni tampoco muy cocidos: porque si estàn muy cocidos, se hacen vidriosos; y si sobrado crudos, no resisten à las inclemencias del tiempo.

Los muros de piedra, ò ladrillo han de tener los fundamentos 6. pies mas hondos que el plano del foso, poco mas, ò menos, conforme el terreno; y 18. de grueso. Suben perpendiculares hasta dicho plano, donde se dexan dos pies de focolo, ò lisera àzia el foso, y quedaràn con 16. pies de grueso: despues suben desde el plano del foso con inclinacion, ò escarpa hasta 36. ò 40. pies de altura, dando à cada seis pies uno de escarpa, y quedaràn alli con 10. pies de grueso: à esta elevacion, si pareciere, se pondrà un cordon; pero este solo sirve de ornato, y es mas dañoso que provechoso: sobre el cordon se levantará el parapeto perpendicularmente, de que hablaremos despues.

A las espaldas de la cortina se hacen los estrivos, ò  
re-

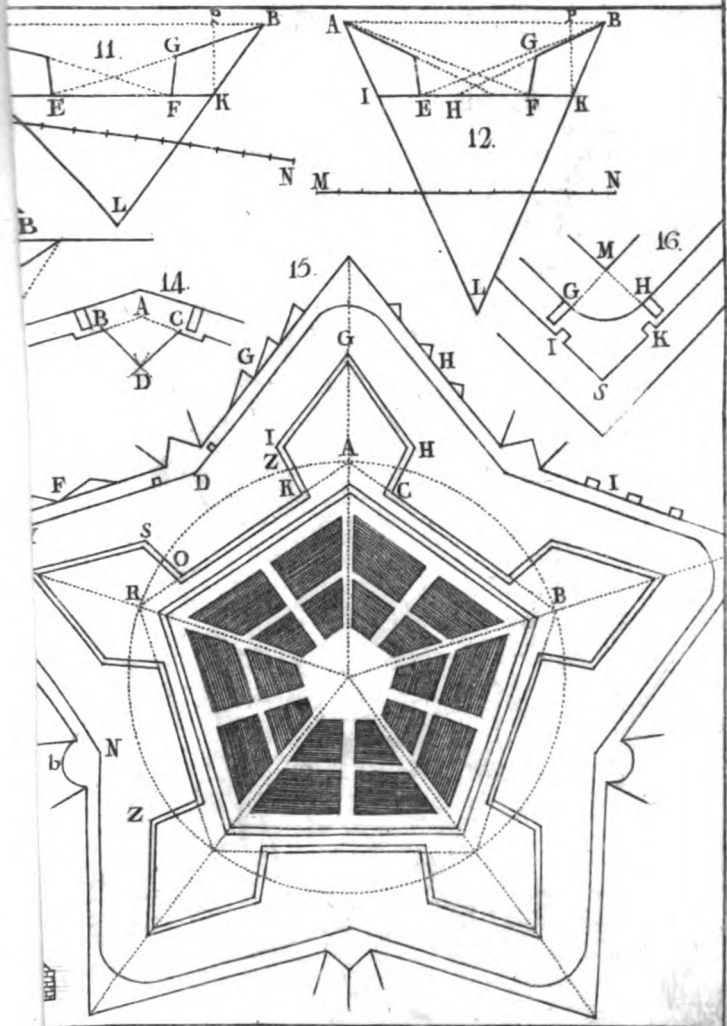
refuerzos, que otros llaman *contrafuertes*, *rafas*, ò *espaldones*: pueden fabricarse con qualquiera de las tres formas que se expresan en la *fig. 17.* pero la mejor es AB; y se les daràn tres pies de grueso; y la distancia de uno à otro de 30. hasta 40. pies; y su fundamento 8. pies mas hondo que el plano de la plaza. Por el corazon del muro añaden algunos una boveda de tres pies de ancho, y seis de alto, ò al mismo plano del foso, ò seis pies mas alta, à que llaman *galeria para las contraminas*: està notada en la figura con la letra G. Añaden à trechos unos pozos, que penetran los fundamentos, como GH, para ir en busca del minador, y unos respiraderos como GI. Esta obra trae algunas conveniencias con algunos inconvenientes.

### MUROS DE TEPES.

**T**epes son unos pedazos de tierra muy trabada con las raices de la grama: su forma es como cuña, como ACD: (*fig. 18.*) cortanse en los prados de esta manera: Fixase la pala perpendicular en la tierra, y hace el corte AC igual à su anchura: y hechos los cortes AB, CD, triplos de su anchura, se corta con la inclinacion DG, y sale el tepe AD.

Los muros que se hacen de tepes, han de tener su fundamento un pie mas hondo que el plano de la plaza, apretando bien la tierra antes de componer el primer orden. Entre el muro, y foso se dexan 4. ò 6. pies para focolo, ò liserà, poco mas, ò menos, conforme el terreno: el grueso del muro ha de ser de 20. hasta 30. pies: la altura de 15. pies, con 5. de escarpa, que es un tercio de su altura; y sobre ésta se formará el parapeto, como despues diremos.

El modo de componer los tepes en la fabrica, es el siguiente: La grama, y el angulo recto GCD, han de quedar à la parte superior, con que el plano AG formará la escarpa: el que se pone sobre éste se pondrà al contrario, y de los dos se formará el paralelepipedo MP. De esta suerte se continuará todo el primer orden, y los vacios



H Ricarte sculp.



cios se llenaràn de tierra bien apretada : el segundo orden se pondrà de fuerte, que el medio del tepe superior estè sobre la junta de los inferiores, como se acostumbra en las paredes de ladrillos, para que vaya la obra bien trabada: el primer orden se clava contra la tierra con estaquillas de fauce, y el segundo contra el primero; y la escarpa se va cortando, y puliendo con la pala.

### MUROS DE FAGINA.

**L**os muros de fagina se fabrican poniendo un orden de fagina con tierra bien apretada, y asegurado con eitacas: luego sobre èste se pondrà otro, y así de los demás: su gruesso, y altura ha de ser como en el de tepes, aunque no es tan bueno: así al uno, como al otro se puede añadir un cortezon de tierra pingue hecha lodo, bien apretada, y unida, sembrando la cara de grama, que con las raices que echa le darà mayor trabazon, y firmeza; pero serà mejor dicho cortezon, si se hace de tierra, cal, y arena gruessa, porque resiste mejor à las inclemencias del tiempo.

Para levantar practicamente el muro escarpado, se puede cortar de madera el triangulo LNO, ( *fig. 19.* ) de tal forma, que la basa LN sea un tercio de la altura NO para el muro de tepes, ò fagina; ò un sexto para los de piedra: añadase el paralelogramo NP, con dos agujeros grandes Y, X, y otros dos pequeños I, O, puestos en una linea recta perpendicular à LI. Del agujero pequeño I, pende un hilo con su plomo, que cayendo sobre O, se ajustará la escarpa al lado LO. Si se quisiere que este instrumento sirva de nivel, se pondrà el hilo con su plomo pendiente del agujero O, y cayendo el plomo en Y, quedará el lado LN en el plano horizontal.

PROP.

## PROP. XXI. Theorema.

*Explicase la Fabrica , y disposicion del parapeto , y camino de las Rondas. ( fig. 20. )*

**S**obre el muro se pone el parapeto fabricado de su misma materia, el qual sirve para defender, y cubrir la gente, y artilleria, y va siguiendo todo el muro: su altura interior sera de seis pies, y medio; y la exterior de tres, o lo que pareciere, mientras quede bien descubierta, y mandada del parapeto la estrada, y linea superior de la contraescarpa; y porque los Soldados han de disparar sobre el sus armas; se pondran por la parte interior dos banquetas, cada una de un pie de altura, y de ancho un pie y medio; conque quedaran sobre las banquetas quatro pies, y medio de altura, que es proporcionada para que el Soldado pueda libremente dar la descarga teniendo cubierto el pecho: para defender la cabeza se ponen sobre el parapeto unos cestones, o sacos de tierra bien apretada, que tengan un pie de diametro, que es lo bastante para resistir la vala del mosquete, o fusil.

El parapeto ha de poder resistir a la artilleria, y assi se tendran presentes las experiencias dichas en la maxima 10. para determinar el grueso competente. Digo pues, que si el parapeto es de piedra, o ladrillo podra tener siete pies de grueso sobre el cordon, y quedaran tres pies para repartir en el ancho de las dos banquetas; y en los baluartes, por ser mas ofendidos, y no tener necesidad de banqueta, tendra el parapeto todos los 10. pies, que tiene alli el muro, segun la propos. anteced. En los muros de tepes, u de fagina tendra el parapeto por lo menos 18. pies de grueso, sin las banquetas, que tendran tambien de llanura tres pies. Cuidefe sea este parapeto de tierra pingue bien apretada, y sera acertado se ponga muy humeda, y amassada con alguna paja menuda, como quien hace adobes, porque con esto sera mas resistente a las valas, y al tiempo.

Quando el parapeto es de piedra, puede subir perpen-

pendicular como en C; pero si es de otra materia, se le dará por la parte interior alguna escarpa, y por la exterior la misma del muro, como en B; y en todo caso, en la parte superior ha de tener la inclinacion TV, ò glacià àzia la campaña, para que los tiradores puedan descubrir el pie de la contraescarpa. Dexase arriba el plano horizontal QT, para colocar los cestones, que bastará sea de un pie.

Faltanos à explicar la situacion, y disposicion del *camino de rondas*. Este solo tiene lugar sobre el rampar quando està vestido de muro, y singularmente quando èste es de piedra, ò ladrillo; porque siendo todo el rampar de tierra, ò fagina, es dificultoso de formar, y mantener el sobredicho camino sobre el muro; y así se hará al pie del rampar entre èste, y el foso. Si se quiere pues hacer el camino de rondas, ò centinelas sobre el muro, se le daràn à ètte 5. pies mas de espessura; y haviendole levantado hasta el cordon en la forma que se dixo en la propos. anteced. se formará sobre el cordon el parapeto, y camino de rondas, en esta forma.

Vease la *fig. 20.* letra C, en la qual es EL, la latitud superior de todo el rampar, y EI la del muro, que siendo antes de 10. pies, será aora de 15. por haversele añadido 5. Cortese la EF de 5. pies, y quedará FI de 10. pies, sobre que se fabricará el parapeto C, como antes dixè: de los 5. pies de FE, se tomaràn dos para levantar el pequeño parapeto EG; y quedará hecho el camino de rondas, cuya amplitud FE es bastantissima para que puedan caminar por allí las centinelas, cubiertas con el parapeto EG, que es muy importante en tiempo de sitio para evitar las sorpresas. Los Olandeses, como no usavan ordinariamente de muro, ò camisa en sus rampares, formavan el camino de rondas al pie de ellos, entre el rampar, y el foso; pero es mucho mejor sobre el muro, porque de allí puede la centinela descubrir de lexos al enemigo.

Dixè, que en caso que se quiera hacer el camino de las rondas, se den 5. pies mas de gruesso al muro, para que cargue sobre èl enteramente el parapeto, y no asien-

te



314 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR:  
te parte sobre el terraplen ; pero si pareciere , se podrá es-  
cufar esse galto , formando unos arcos de estrivo à estrivo,  
lo que serà bastante para que sea igualmente firme su  
cargamiento , y esto serà lo mas acertado.

PROP. XXII. Theorema.

*Determinanse las medidas , y disposicion del terraplen.*

**L**amase terraplen la tierra bien apretada, que se pone à  
las espaldas del muro, y que juntamente con èste hace  
el rampar , capaz de una gran resistencia à las baterias de la  
artilleria ; su grueso superior IL, ( fig. 20. ) let. C, puede ser  
de 40. pies ; y assi, quando el muro , ò camisa es de piedra,  
ò ladrillo ; serà lo grueso del rampar , ò muralla 50. pies,  
sin la escarpa , ni la subida ; y quando es de tepes , serà de  
60. ò 70. pies. Al plano superior IL del terraplen , se le dà  
un pie de inclinacion àzia la plaza , para que pueda des-  
pedir la lluvia. Añadesele tambien por la parte de la plaza,  
su escarpa , ò subida , cuyo pie , ò basa sea igual à su altura ;  
y firve, no solo para que se sustente mejor la tierra, si tam-  
bien para que los Soldados , y aun los cavallos , puedan por  
qualquiera parte subir al muro.

PROP. XXIII. Theorema.

*Determinanse las dimensiones , y disposicion de las Plazas de ar-  
mas , puertas , cuarteles , almagacenes , y calles de  
una fortaleza.*

**L**A plaza de armas principal se ha de poner en medio  
de la fortaleza , y se le darà de semidiametro la can-  
tidad de una semigola : con que siendo èsta de 160. pies,  
tendrã de traviessa toda la plaza 320. pies , capacidad bas-  
tante para que en ella se pueda formar la gente : su figura  
convendrã sea la misma que la de la fortaleza , como si èsta  
es de cinco lados , lo serã tambien la plaza de armas ; y si  
de seis , tambien de seis.

De la plaza de armas sobredicha , vãn las calles prin-  
ci-

principales rectas à los baluartes, y cortinas, para que desde el centro se puedan descubrir; y para que en tiempo de sitio la Guarnicion que està en la plaza de armas, pueda con igual prontitud socorrer qualquiera parte que necesitare de socorro: por esta causa las calles sobredichas deven tener de 30. hasta 36. pies de ancho, para que pueda caminar por ellas ordenada la gente de la Guarnicion: las demàs calles menos principales bastarà tengan de 16. à 18. pies de latitud. Conviene tambien, que la calle que hay entre el rampar, y las casas, sea ancha de 50. pies, para que en tocando arma, se puedan juntar en ella los Soldados: y por esto conviene se hagan los cuarteles cerca de la muralla, dandoles 16. pies en quadro à cada uno.

Las puertas se colocan en medio de las cortinas, que es la parte mas defendida de una plaza, pues la defienden los flancos colaterales, hacen se de 12. pies de ancho, y 18. de alto, si la altura de la cortina lo permitiere. Tambien se hacen en la cortina otras puertas secretas para las furtidas, anchas 6. pies, y altas 8. El transito de las puertas por el muro, y terraplen, no ha de ser recto, si obliquo, formando algunos angulos; porque si fuesse recto, y las puertas que cierran se correspondiessen una en frente de otra, con aplicar un petardo, ò bateria à la primera puerta, se derribarian facilmente todas. Disponense pues como en la *fig. 21.* donde se ve, que el transito forma los angulos B, y C, y que en A se pone la primer puerta, en B la segunda, en C la tercera; y ultimamente en D la quarta. El modo de formar en practica todo esto, se verà despues.

Los cuerpos de guardia se han de hacer cerca de las puertas, à un lado, por parte de adentro de la plaza: y el cuerpo de guardia principal en la plaza de armas, en medio de la plaza.

Los almagacenes, singularmente para la polvora, se han de hacer en parte seca, ò sea en el mismo terraplen, ò cerca del terraplen, cuidando no les pueda descubrir el enemigo desde la campaña. Conviene tambien se pongan en cuevas subterranas, para que estèn resguardados  
de

316 **TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR:**  
 de las bombas; ò se cubran con bovedas firmes, que las puedan resistir: es bien, que estèn cerca de los baluartes, para tenerlas à mano.

*Todas las medidas que se han determinado en las proposiciones passadas, van recogidas, para mayor facilidad, en las tablas siguientes: pero es menester advertir, que no se deven tomar estas medidas con tal rigor, que no admitan alguna diversidad; y assi queda al prudente juicio del Artifice aumentarlas, ò disminuirlas, segun el terreno, y parage en que se huviere de construir la plaza: como si es en las fronteras, deve fortalecerla de modo, que pueda con facilidad resistir à un ataque, ò sorpresa; si en medio del pais, la deve disponer de modo, que haciendo entrada el enemigo, pueda con brevedad ponerse en defensa; proporcionandola en todo caso quanto fuere posible, con lo que quiere, ò puede hacer el Principe que la manda edificar; y con otras muchas circunstancias, que saben mejor los experimentados en esta materia.*

### T A B L A

*De lo ancho, y alto de las partes de la fortificacion.*

*Para las obras de piedra.*

<i>Ancho.</i>	<i>Pies.</i>	<i>Alto.</i>	<i>Pies.</i>
Del muro en el fundamento	18.	Del fundamento	8.
Del muro en el plano del fosò	16.	Del muro sobre el plano del fosò	40.
Del muro sin la escarpa	10.	De la banqueta 1.	1.
Del parapeto sin las banquetas	7.	De la banqueta 2.	1.
De las banquetas	3.	Del parapeto sobre las banquetas	4 y m.
Del terraplen	40.	Del terraplen	20.
De la basa de la subida al terraplen	20.		

**PAYA**

*Para las obras de tierra.*

<i>Ancho.</i>	<i>Pies.</i>	<i>Alto.</i>	<i>Pies.</i>
Del muro en el fundamento	25.	Del muro en el fundamento	1.
Del muro en el plano del foso	25.	Del muro sobre el plano del foso	35.
Del muro sin la escarpa	20.	De la banqueta 1.	1.
Del parapeto sin las banquetas	18.	De la banqueta 2.	1.
De las banquetas	3.	Del parapeto sobre las banquetas	4. y m.
Del terraplen	40.	Del terraplen	15.
De la bafá de su subida	15.		

*Para qualquier genero de obras.*

	<i>Ancho.</i>	<i>Alto.</i>	<i>Escarpa.</i>
Foso	120.	20.	6.
Estrada	30.	0.	0.
Banqueta 1.	2.	1. y m.	0.
Banqueta 2.	3.	1. y m.	0.
Parapeto	la Esplan.	7. y m.	0.
Esplanada	100.	7. y m.	100.

## PROP. XXIV. Problema.

*Perficionar, segun las medidas sobredichas, la planta, ò ignographia de una fortificacion. ( fig. 15. )*

**T**Odas, ò casi todas las dimensiones pertenecientes à lo ancho de las partes de la fortificacion, deven ponerse tambien en su planta; y así, à las lineas exteriores que se describieron en las proposiciones passadas, se deve añadir lo ancho del muro, terraplen, &c. y asimismo las calles; y plazas, con sus devidas dimensiones. Deve tambien delinearfe el foso, estrada, y esplanada, como se ve executado en la *fig. 15.* en la qual se ven quatro lineas paralelas en cada cortina, que comprehenden entre sí tres espacios: el primero àzia la campaña, denota lo

an-

ancho del muro; el segundo es el terrapleno; y el tercero es la escarpa, ò subida à dicho muro: estos dos ultimos no entran en el baluarte, sino quando se quiere significar, que ha de quedar vacio.

Despues de esto se ha de delinear la plaza de armas principal en el centro de la fortaleza, tomando con el compàs la cantidad de una semigola, y señalando desde el centro todos los semidiametros, y tirando lineas de punto à punto, quedará formado otro poligono pequeño, semejante al de la fortaleza, como se ve en la figura; desde el qual se tirarán las calles, dandoles la latitud que diximos en la *prop.* 23.

Hecho esto, se passará à delinear el foso, de esta manera. Tomense del pitipie con el compàs 120. pies; y hecho centro en la punta del baluarte T, se describirá el arco XY à discrecion. Tirense à este arco las tangentes ZY, ZX de los angulos Z, Z, de las espaldas, y éstas determinarán la longitud del foso, y de la contraescarpa; y haciendo lo mismo en los demás baluartes, quedará formado el foso con los angulos entrantes N, y D.

Ultimamente se delinearà la estrada encubierta, tirando lineas paralelas à la contraescarpa, como qb, distantes de ella 30. pies; formando en ella las plazas de armas con las trasversas, y lo demás que descrivi en la *prop.* 20. à todo lo qual, si pareciere, se tirarán lineas paralelas à distancia de 100. pies, para denotar la esplanada.

#### PROP. XXV. Problema.

*Hacer la descriptcion Orthographica, à del Perfil. (fig. 22.)*

**A** Mas de la planta, ò ignographia de la fortificacion, deve dar el Ingeniero el perfil, ò orthographia: en la primera se demuestra la longitud de las lineas, y latitud, ò espessura de las obras, y la magnitud de los angulos; y en la segunda se expresa la altura de las mismas obras, y otra vez su latitud, ò crassicie. Hecho un pitipie de pies, se construye facilmente el perfil, tirando las lineas, y dandoles la magnitud que se contiene  
en

en las tablas, arriba puestas : lo que no tiene especial dificultad , y así no necesita de mas explicacion.

. PROP. XXVI. Problema.

*Delinear la Scenographia de una Fortificacion en perspectiva paralela, ò cavallera militar. (fig. 23.)*

**A**unque el Ingeniero no tiene mas obligacion que dar las dos descripciones que hemos explicado , que son la *ignographia* , ò *planta* ; y la *orthographia* , ò *perfil* ; pero si quisiere , podrá tambien dar la tercera , que llaman *scenographia* , ò *perspectiva*. Dos maneras hay de perspectiva, una es la *verdadera* , y *rigurosa* , de que se hará especial tratado en su lugar. Otra hay , que sin guardar el rigor de las leyes opticas , es muy proporcionada para las fortificaciones, por lo que se llama *perspectiva cavallera militar* , y tambien *paralela* , por formarse de solas lineas paralelas : con ésta se conservan en la descripcion las propias dimensiones geometricas de todas las partes de una fortaleza , lo que no es posible con la otra, por haverse de disminuir segun sus reglas , las partes mas remotas , aunque sean iguales à las mas cercanas. Este genero de perspectiva militar se hace facilissimamente como se sigue.

Descrivase en primer lugar la planta de la fortificacion que se quiere levantar , y abultar en perspectiva : trefese para mayor facilidad debaxo de ella , y al pie del papel la linea AB , ( *fig. 22.* ) de modo que sea horizontal à nuestra vista, y represente el nivel de la campaña. Hecho esto, de todos los angulos a,b,t, c, &c. de la planta, baxense las rectas aa,bb, &c. perpendiculares à la AB , notando en cada una de ellas la altura de las murallas: por estos puntos se tirarán lineas rectas , que serán paralelas à las de la planta , y queda hecha la descripcion que se desea.

Aqui se deve notar la diferencia que hay de unos angulos à otros , como de los angulos b , t , à los angulos a , c , y es , que en aquellos las perpendiculares caen dentro del recinto , lo que indica no poderse descubrir , ni notar su altura exterior, ò superficie que mira àzia fuera , si solamen-

mente la que cae dentro de la plaza , la qual suele ser menor, por estar lo restante ocupado del terraplen, ò rampar; pero en los a, c, &c. caen las perpendiculares fuera del recinto; y así se descubre la altura, y superficie exterior, y se le da toda su altura: esto es facil, y solo se requiere un poco de cuidado.

Como esta descripción scenographica represente lo corpulento de la fortificación, es forzoso, que se den las sombras competentes à sus cuerpos. Para esto se ha de observar lo 1. que los rayos del Sol, por su gran distancia, son entre sí paralelos; y por consiguiente hacen tambien en qualquier cuerpo las sombras paralelas. 2. Que la superficie que hace frente al Sol, ha de quedar clara sin sombra alguna. 3. Que la opuesta ha de tener la mayor sombra. 4. Que las superficies que estan entre la luz, y la sombra, y les toca la luz solamente al foslayo, han de tenerla mediana, mas, ò menos, según mas, ò menos obliqua recibieren la luz. 5. Que en el plano, ò campaña horizontal han de terminarse las sombras donde concurren los rayos de la luz, que son tangentes del cuerpo que las ocasiona. Supongase pues, que el Sol tiene una cierta altura sobre el terreno à un lado de la fortificación; lo mas ordinario, y lo que mejor parece, es suponerle à la izquierda del que mira la tabla, ò papel, y con esto se hará que superficies miran directamente al Sol, para que queden del todo claras, quales sean las opuestas, para darles la mayor sombra; y quales las medias, para obscurecerlas templadamente, según las reglas sobredichas. Todo se ve executado en la *fig. 22.*

CA:

## CAPITULO VI.

DE LAS OBRAS ACCESSORIAS, Y ACCIDENTALES  
*interiores.*

**D**espues de haver explicado en los capitulos antecedentes las *partes esenciales* de una fortificacion, hemos de explicar aora las *accidentales*, y *accessorias*, que son las que se añaden à una plaza, segun el prudente dictamen de los Ingenieros. Dividense en *interiores*, y *exteriores*. Llamamos *interiores*, à las que estàn de la contraescarpa adentro; y *exteriores*, à las que estàn de la contraescarpa afuera. Las obras accidentales interiores, son los *flancos retirados*, ò *cubiertos*, con espaldas, ò orejones; las *plazas baxas*, y *altas*; *cavalleros*, *falsabraga*, y *cuneta*, ò *refoseto*, que explico en las proposiciones siguientes.

## PROP. XXVII. Problema.

*Disponer los flancos retirados, plazas baxas, y orejones.*  
(fig. 23.)

**P**ara que la artilleria, que se pone en los flancos de los baluartes, no esté tan expuesta à la vista, y tiros del enemigo, discurrieron los Architecos Militares cubrirla por la parte de la campaña con unos cuerpos, que llaman *orejones*, à que muchos fabricaron en forma quadrada, y llamaron *espaldas*; pero aora por lo regular se tienen por mejores los redondos. Los Ingenieros Alemanes, y Olandeses solian omitir esta fabrica, haciendo los flancos llanos, y descubiertos, ò porque en su país las fortificaciones se hacian de sola tierra, ò por ahorrar gastos, ò porque en su tiempo no se atacavan las plazas con tanta artilleria, ò porque se cubrian con otras obras exteriores. Pero lo cierto es deven preferirle los flancos cubiertos, à los llanos, y descubiertos, porque éstos tie-

Tomo V.

X

nen



nen la artilleria expuesta à ser combatida mas francamente de la campaña; y aquellos, por estàr cubiertos, obligan à los sitiadores à poner sus baterias al mismo bordo del foso, con gran peligro suyo.

La disposicion de los flancos retirados, no es una misma en todos los Autores, porque muchos dividen el flanco en tres partes iguales, de las quales dan dos al orejon, y una à la artilleria. El Conde de Pagan afirma, que por experiencia de 20. años le consta, que muchas plazas se rindieron por tener pocos cañones en los flancos de los baluartes, y por esta causa divide el flanco en dos partes iguales, y la una emplea en el orejon, y la otra en la artilleria. El Autor de la *Escuela de Palas*, y comunmente los Modernos, dan al orejon un solo tercio del flanco, ocupando los dos tercios en la artilleria: lo que parece ser sin duda lo mas acertado, por la suma importancia del fuego que sale de los flancos, en que consiste la principal defensa de la plaza.

Por esta misma causa no se contentan los Architectos con oponer en los flancos un solo orden de cañones. El Conde de Pagan en sus construcciones pone tres, dos de ellos mas baxos que el plano del baluarte, y el tercero en su mismo plano. Podian tambien disponerse dichos tres ordenes en la semigola, si esta tuviese bastante capacidad para ellos, de los quales el mas inferior se pondria en una estancia mas baxa que el plano del baluarte, que se llama *plaza baxa*; el segundo, en el mismo plano del baluarte; y el tercero, en otra estancia que se levanta sobre el plano del baluarte, que se llama *plaza alta*: pero porque todo esto junto ocuparia casi toda la semigola, lo ordinario es contentarse con dos ordenes de cañones, uno en la *plaza baxa*, y otro en el mismo plano del baluarte. Antiguamente colocavan el orden superior directamente sobre el inferior, cubriendole à este con firmes bovedas, à que llamavan *casas matas*; pero esto tenia gravísimos inconvenientes, porque el humo de la primera carga hacia toda aquella estancia inhabitable, y la violencia de los estallidos arruinava la boveda: por esta causa aora les dexan

van descubiertos, y retiran el orden superior mas adentro del baluarte. El modo de disponer todo esto en el baluarte, es como se sigue.

Sea en la *fig. 24.* el medio baluarte de la *fig. 23.* formado segun nuestro methodo, cuyo flanco es *DB*, del angulo de la espalda *B*: tirese la *BE* perpendicular al lado del poligono interior: dividase esta perpendicular en tres partes iguales en *Z*, *Y*. Del angulo flanqueado *M* del baluarte opuesto, tirese la oculta *MZ* continuada à discrecion, la qual cortará al flanco en *C*, y à la rasante *ABm* en *a*: hagase *aG*, igual à la *aC*: del punto *C* saquese la *CF* perpendicular à la *CI*; y del punto *G*, la *GF* perpendicular à *GA*; y del punto *F*, en que se cortan estas perpendiculares, con la distancia *FC*, ò *FG*, descrivase el arco *CHG*, y quedará delineado el orejon.

Para delinear la plaza baxa, se continuará la linea de la defensa *MD*, que hasta el exagono es rasante, y de alli arriba es fixante: luego se tomará la *CI* de 50. pies, y se tirará la *IL* paralela al flanco *CD*, y será *DLIC* el espacio, y planta de la plaza baxa: en ella se han de formar unos nichos para retirar las piezas, y unos almagacenes en la forma que despues dire.

Si el flanco se quiere hacer circular, que es lo que aora tiene mayor aprobacion, se obrará en esta forma. En el medio baluarte de la *figura 24.* haviendo formado el orejon, y la plaza baxa *QONP* con lineas rectas ocultas, en la forma sobredicha, se dividirá la *NO* por medio en *F* con la perpendicular *FX* tirada à discrecion: luego se tomará la distancia *PQ*, y con ella desde *P* se señalará el punto *V* en la *FX*; y con la misma distancia se notará desde *N* el punto *X*; y con esta misma abertura de compás se hará desde *V* el arco *PQ*, y desde *X* el arco *NO*, y quedará formada la plaza baxa con las lineas curvas, que será *NPQQ*.

La plaza baxa, tanto que sea circular, como recta, se dispondrá de esta manera. 1. Su altura ha de ser tres pies mas que el plano de la estrada encubierta. 2. Tendrá su parapeto con ambrasuras, à quien se le podrán dar de es-

peñura 20. pies; y siendo la latitud de la plaza baxa 50. pies, como arriba dixè, quedaràn 30. para los cañones, que es quanto necesitan; la altura del parapeto serà de 7. pies; y enfrente de èl se suelen hacer unos arcos, ò nichos con profundidad de 15. à 20. pies, que sirvan para almacenes, donde se pongan las municiones, para tenerlas mas à mano, y juntamente para retirar à su tiempo la artilleria.

Para que todo esto se vea con mas claridad, he puesto à parte la *fig. 25.* en la qual es *yx* el plano de la plaza baxa sin el parapeto: èste tube todo sólido hasta quatro pies de altura, y sobre èsta se componen los merlones *M, N,* &c. que forman las cañoneras, ò ambraduras *a, b, c,* las quales tendrán dos pies de pendiente àzia el folo; sus bocas interiores *a, b, c,* se harán de 3. pies; en lo mas angosto tendrán 2. y en la boca exterior 7. pies, poniendo la gola angosta à un quinto del gruesso del parapeto; los merlones tendrán tres pies de altura, que han de ser de piedra suave, ò tierra grassa bien amasiada, y trabada con mimbres delgados.

Los nichos *e, o, u,* sirven para almacenes, y para retirar la artilleria à cubierto, cuya profundidad serà de 20. pies, su latitud 6. pies, y otros 6. de altitud, para que les encubra el parapeto, de cuya profundidad se tomaràn 10. pies para los almacenes, que se cubriràn con bovedas firmes, que puedan resistir las bombas, y los otros diez pies quedaràn para el retiro de la artilleria; pero tendria por mas acertado, hacer los almacenes en el lado de la plaza baxa, opuesta à la entrada *h,* formandoles en 1. 2. 3. por estàr este parage mas seguro de la artilleria enemiga.

La entrada *p, h,* de la plaza baxa, suele hacerse desde el terraplen; y como este tenga su plano superior mas elevado que dicha plaza, es menester que la entrada baxe con una inclinacion suave, para que la artilleria pueda subir, y baxar facilmente por ella. Otros tienen por mas acertado disponer dicha entrada desde el plano de la plaza por dentro del terraplen, formando alli una boveda  
con

con 6. pies de ancho , y 8. de alto ; y colocando dos puertas , una en p , y otra en h : con lo qual se tendrá la plaza baxa bien cerrada , su entrada será llana , y quedará bien desembarazado el plano superior del terraplen.

La utilidad de las plazas baxas es muy grande , porque su fuego es horizontal , y causa grandísimo daño al enemigo , quando éste pretende fortificarse en la estrada , ó abanzar à la cara del baluarte opuesto , dificultandole de tal manera esta empresa , que no será facil la logre , menos que arruinando primero dicha plaza , lo que no conseguirá sin mucho trabajo.

Si el flanco se hiciere circular , se obrará de la misma fuerte , solo que los lados de la plaza baxa , paralelos al flanco , han de guardar su misma curvatura.

PROP. XXVIII. Problema.

*Explicase la situacion , y formacion de los Cavalleros, Plazas altas, y Garitas.*

**C**avallero , es un terraplen , que se levanta sobre el terraplen de la plaza , para señorear mas la campaña , y descubrir mas lexos al enemigo. Llamase cavallero , porque así como el que está à cavallo descubre , y domina à los que están à pie ; así esta obra señorea toda la plaza , y al enemigo. La figura , y situacion de los cavalleros es varia , segun el dictamen de diferentes Autores , pero no con igual beneficio , porque los que se ponen en medio de la cortina son de poco , ó ningun provecho , porque raras veces pueden defender las frentes de los baluartes ; los que se colocan en los baluartes , llevan el inconveniente del mucho lugar que ocupan : es pues su propio lugar en los extremos de la cortina , junto à los flancos , porque desde allí defienden bien el baluarte , que es la parte principal que acomete el enemigo.

La figura de los cavalleros puede ser diferente , segun las varias partes de la fortificacion que han de defender ; y así no me detengo en delinear alguna de ellas en particular , dexandolo à la discrecion , y prudencia del In-

ge-

### 326 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

geniero: solo advierto, han de tener de largo à lo menos de 90. à 100. pies, y de ancho lo menos 50. Su altura de 10. hasta 12. pies. Se han de armar tambien con su parapeto de 12. hasta 15. pies de espellura, menos por la parte que mira à lo interior de la plaza. Su utilidad es considerable, porque alcanzan à descubrir las obras del enemigo, obligandole al trabajo de hacerlas mas altas, y al desperdicio del tiempo: sus tiros, aunque no sean tan horizontales como los del plano del baluarte, y plaza baxa, pero tienen bastante eficacia para derribar sus obras.

*Plaza alta*, es la que se hace superior al terraplen, y viene à ser lo mismo que el cavallero, solo se diferencia en la situacion, porque su propio lugar es en la semigola, y paralela al flanco, y no es tan alta como el cavallero, porque conviene que este la domine. Su delineacion es como se sigue. Sea en la *fig. 26.* PO el flanco: tirese la FL de 80. à 90. pies, paralela al flanco, y distante 50. pies, para que tenga alli lugar competente la artilleria del plano del baluarte: hagase la LH, tambien de 50. pies, para lo ancho de la plaza alta: armese con parapeto en los lados FL, LH, de 15. pies de grueso, y 4. de alto, sin embrasuras, ni merlones. El plano de esta plaza tendrà 6. pies de altura sobre el baluarte, que con los 4. del parapeto son 10. La subida se le darà por la parte interior H, que es por donde menos embaraza, y tendrà 12. pies de ancho, con otros 12. de escarpa: en el lado GH se le harà tambien un parapeto de 5. pies de ancho, y 4. de alto, quedando FG sin parapeto.

Estas plazas altas aprovecharà para aumentar el fuego de los flancos, por ser capaces de quatro cañones: descubren la frente del baluarte opuesto, disputandole mucho al enemigo el alojarse en ella; y caso que ocupe la punta del baluarte, es combatido de lugar superior.

*Garitas*, son unas obras à manera de linternas, que se edifican en los angulos flanqueados de los baluartes, capaces de un Soldado, que se pone alli para hacer centinela, descubrir, y oir al enemigo en caso que se acerque

à la plaza, ò intente alguna forprefa: formanfe de piedra quando el terraplen es murado; y fi no tiene muro, se hacen de encina, que es madera fuerte; y en todo caso ha de tener la espessura fuficiente para resistir al tiro del fusil, y ha de tener ventanas à todos lados, para que la centinela pueda descubrir toda la campaña.

## PROP. XXIX. Problema.

*Formacion, y situacion de la Falsabraga.*

**L**A obra que llamamos *falsabraga*, corresponde à la *barbacana* de los Antiguos, y es un antemuro baxo, que se pone para mayor defenfa del principal. El comun sentir de los Architectos Militares desecha esta fabrica de las buenas fortificaciones; y en la realidad, las que se han usado hasta aora adelante de las caras de los baluartes, son de poco, ò ningun provecho; pero las que se hacen delante de los flancos, ò cortinas, pueden ser de alguna utilidad, singularmente las que llama el Autor de la Escuela de Palas *tenallones*. Su descripcion es la siguiente.

Tirense las rasantes ocultas GN, HM: (*fig. 27.*) tomese la distancia MR, que sea los dos tercios de la MI, y transfierase de I, hasta C, y de L, hasta D. Tirese la TQ, paralela à la cortina MN, y distante de ella una septima parte de la MI; y de los puntos notados C, D, tirense las rectas CE, DF, al centro de la figura, hasta que encuentren con la TQ en los puntos E, y F, y quedará descrita la falsabraga, ò tenallones. Adviertase 1. que las frentes AC, y BD, han de estar 10. pies retiradas mas adentro de los baluartes, y apartadas essa misma distancia de los orejones, como se vè en la *fig.* 2. Que dichas frentes han de ser mas altas que los flancos CE, DF, para que éstos no sean vittos, ni enfilados de la campaña. 3. Que la comunicacion FE, ha de tener su parapeto bastante para resistir el fusil, y espaltado àzia la mitad del foso principal, pues solo ha de servir de comunicacion cubierta, que descubra, y arraste el foso.

El

### 328 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

El plano comprehendido entre el parapeto del tenallon, y el baluarte, y cortina, se hace seis pies mas profundo que la linea horizontal, ò plano de la campaña; el del tenallon se guarnece con parapeto de 20. pies de grueso, y su altura en los flancos CE, DF, ha de tener 10. pies sobre el plano del tenallon; y en las frentes AC, y BD, será de 15. pies, y se harán tres, ò quatro banquetas, para que puedan subir à tirar los Soldados por sobre el parapeto, à quien se le darà arriba un pie de glacis, ò declivio àzia el foso. La altura exterior contada desde el plano del foso, será en el flanco 23. pies, y en las frentes 28. pies; y si pareciere, se le podrá hacer otro foso particular de seis à 7. pies de hondo. Estos tenallones no se componen bien con las plazas baxas, sino es que éstas se hagan mas altas de lo que se dixo en la *propof.* 28. Y así, calo que pareciere admitir esta fabrica, se omitirá la plaza baxa, y en su lugar se hará la plaza alta, que se describió en la proposicion antecedente, con lo que se lograrán tres ordenes de cañones en cada flanco; pero siempre sería de sentir ser mejor conservar la plaza baxa, que omitirla, por fabricar el tenallon: porque éste lleva siempre el inconveniente de quedar entallados sus flancos CE, DF, luego que el enemigo haya arruinado el parapeto de las frentes AC, BD, de lo que está segura la plaza baxa, por estar retirada, y cubierta con el orejon. Lo mismo digo de la falsabraga, que dispone el Padre Joseph Zaragoza, que puede ver el curioso en su tratado de Instrumentos Mathematicos; y aunque juzgo que la suya, y la que se ha explicado son las mejores; pero como segun nuestro methodo, sean los flancos tan capaces de artilleria, no advierto necesidad, ni utilidad alguna en admitirlas.

#### PROP. XXX. Problema.

##### *Disposicion de la Cuneta, ò Refoseto.*

**C**uneta, ò refoseto, es un otro foso pequeño, que se abre dentro del foso principal, con 20. pies de ancho,

cho , y 10. ù 12. de profundidad, dandole de escarpa à entrambas partes la mitad de su profundidad; conque siendo èsta de 12. pies, tendrà seis à cada parte de escarpa, y quedarà su plano de folos 8. pies. Algunos hacen el refofeto junto à la contraescarpa; otros junto à la frente de los baluartes, para recibir sus ruinas; otros en medio del fofo principal; pero en todo caso se ha de cuidar quede descubierto, y enfilado de los flancos opuestos: su utilidad consiste en dificultar mas el passo al enemigo.

## CAPITULO VII.

DE LAS OBRAS ACCESSORIAS , Y ACCIDENTALES  
exteriores.

**L**as obras accidentales exteriores, son las que se edifican despues de la contraescarpa àzia la campaña, como son *revellin*, *media luna*, *ornabeque*, *tenaza*, *obra coronada*, y *bonete de Clerigo*, à que se pueden añadir las *Ciudadelas*, y *torres bastionadas*. Antes de explicar la construccion de cada una en particular, conviene resolver la question siguiente.

## QUESTION.

*Si las obras accidentales exteriores son dañosas, ò provechosas.*

**R**epueba estas obras exteriores Samuel Marolois, con algunos otros Autores; apruebanlas comunmente los Architectos Militares en los escritos, y en la execucion, de fuerte, que al presente nadie duda de su utilidad, y aun necesidad: fundanse en las razones siguientes. 1. Porque sirven de escudo à las demás partes esenciales de la plaza, obligando al enemigo à que emplee primero contra ellas sus baterias. 2. Le necesitan à ponerse mas lexos, de fuerte, que no pueda acercarse tan presto al fofo, y à que empiece sus ofensas en mayor distancia  
de



de la plaza. 3. Le obligan à perder mucha gente, y tiempo, que ha de consumir en la expugnacion de las obras exteriores; y tal vez sucederá sea tal la detencion, que entrando el Invierno, se vea obligado à desistir de la empresa, y levantar el sitio. Ni contra estas razones pueden prevalecer las siguientes, con que los del sentir contrario pretenden probar ser perniciosas.

1 Las fuerzas de los sitiados, divididas en diferentes revellines, medias lunas, &c. son mas faciles de vencer, que si estuviessen todas unidas en la fortaleza principal; porque puede un Exercito numeroso darles à un mismo tiempo un assalto general; y siendo corto el numero de defensores, que puede caber en cada fortificacion exterior, estando éstas divididas unas de otras, y abiertas por parte de la plaza, seràn ganadas con facilidad; y ha sucedido algunas veces ganar el enemigo al primer assalto todas las obras exteriores, con gran estrago de los sitiados.

A los sobredichos inconvenientes se ocurre, diciendo, que las obras exteriores se han de fabricar, atendiendo prudentemente al numero, y fuerzas de los que las han de defender; y disponiendolas de tal suerte, que se puedan facilmente focorrer, ni han de està tan distantes entre sí, que no se puedan mutuamente dár la mano, y defenderse, como despues verèmos; y aunque alguna vez haya sucedido ganarlas al primer impetu el enemigo, ò con una sorpresa, no por esso se deven despreciar, pues lo mismo puede suceder en los baluartes, y aun en toda la fortaleza; y estos primeros repentinos impetus les previene la vigilancia, y les resiste el valor de quien las defiende.

2 Ocupadas una vez las fortificaciones exteriores por el enemigo, le sirven para fortificarse en ellas contra la plaza, y plantar alli sus baterias. Viòse esto en la ruina de Famaugusta, que se originò de haver ganado los Turcos un revellin, donde colocò su artilleria con gravissimo daño de la plaza. A mas de esto, quando el enemigo quiera cegar el foso, tiene bastante tierra muy à ma-

mano en los revellines, y medias lunas arruinadas: luego estas fortificaciones mas firven de daño, que de provecho.

Respondese à esto lo 1. Que lo mismo se puede arguir contra los baluartes, porque una vez ganados son nocivos à la plaza, y esto no obstante nadie les puede reprobare. Lo 2. Mas facil le es al enemigo traer tierra, y piedras de otra parte para cegar el foso, que emplear sus fuerzas en ganar, y arruinar las fortificaciones sobredichas, porque aquello lo puede hacer sin pérdida de gente, y aun con menos tiempo, y trabajo. Lo 3. Que no es facil se fortifique el enemigo en dichas obras, porque los sitiados pueden tener dispuestas sus minas para bolarlas quando reconozcan no poderse mas defender, y las ruinas meterlas en el foso particular que tienen dichas fortificaciones.

3 Los revellines solo pueden servir para defender la cortina, la qual tiene sin ellos bastantissima defenfa con los baluartes. Las medias lunas están fuera del alcance del fusil de los baluartes opuestos, conque no pueden ser bien defendidas. Otras fortificaciones, como hornabeques, obras coronadas, &c. constan de cortina, y baluartes, que no pueden ser vistos de la plaza: luego estas obras se deven reprobare por inutiles.

Respondo, que los revellines no se hacen tanto para defender la cortina, que tiene bastantes defensas con sus dos baluartes, como para defender los flancos, los quales, haviendo revellin, solo pueden ser batidos desde muy cerca de la punta del baluarte opuesto, lugar que está ocupado con la media luna, ò contraguardia: verdad es, que la media luna está fuera de la defenfa de la plaza; pero por esta causa jamás se ha de hacer sin revellin que la defienda.

Los hornabeques, y obras coronadas no solo son provechosas, si tal vez necessarias para ocupar alguna eminencia, para descubrir algunas profundidades, rios, acequias, y otras imperfecciones que suelen tener las plazas en sus contornos; y aunque sus cortinas, y baluartes

tes no puedan ser vistos de la plaza, no por esto se deben reprobear, porque ganadas por el enemigo, por su mucha distancia es poco el daño que puede resultar à la plaza.

Para obviar los inconvenientes referidos, y otros que se pueden ofrecer, se observarán en la construcción de las obras exteriores las maximas siguientes.

### MAXIMAS GENERALES.

#### *De las Fortificaciones exteriores.*

1 **N**inguna obra exterior se ha de apartar de la plaza, ò de otra fortificación, mas de lo que puede alcanzar el mosquete, ò fusil.

2 Quando hay unas delante de otras, las de mas afuera deven ser mas baxas, y el muro deve ser mas alto que todas, para que las domine, y pueda por sobre ellas jugar la artilleria.

3 Todas han de tener su foso de 50. à 70. pies de ancho, que se comunice con el de la plaza, cerrando esta comunicacion con una estacada; y la estrada encubierta las ha de circuir à todas.

4 Bastará se fabriquen de la tierra que se saca de sus fosos; y se les hará su parapato de competente espesura para resistir la artilleria, dexandolas sin parapeto por la parte que mira à la plaza.

5 Es mejor, que todas estén minadas, para que en caso de ganarlas el enemigo, puedan bolarse con daño suyo, y no se pueda aprovechar de ellas.

6 Se podrán poner en ellas algunos cañones pequeños, que con facilidad se puedan retirar: los pedreros son à proposito para semejantes lugares.

7 Es necesario construirlas, quando junto à la plaza hay alguna eminencia, que casi es igual al muro; porque de otra suerte podrá brevemente llegar cubierto el enemigo hasta cerca del muro.

8 En dichos casos no hay que reparar en ningun genero de fortificación, si está delante cortina, ò baluarte,  
sino

fino subvenir à la necesidad ; pero se podrá guardar este orden. Si el lugar es pequeño, basta un revellin ; si éste no bastare para ocuparle, se hará un hornabeque ; y si éste no, una obra coronada, que es la mayor fortificacion exterior.

## PROP. XXXI. Problema.

*Declinar el Revellin. (fig. 28.)*

**R**evellin, es un baluarte separado, que se coloca delante de la cortina, despues de la contraescarpa. Sirve para cubrir la cortina, y los flancos de los baluartes, y para defender las medias lunas, que se suelen poner enfrente de las puntas de los baluartes. El revellin se hacia antes sin flancos, como A ; pero aora especialmente los Franceses le hacen con ellos, como B : su descripcion es la siguiente.

1 Para delinear el revellin A, que carece de flancos, se tomarà con el compàs la distancia DA, y haciendo centro en D, y C, se describiràn dos arcos que se crucen en G. De este punto G tirense las rectas GF, GE à los angulos de la espalda, terminandolas en la linea de la contraescarpa ; y el quadrilatero GLIK serà el revellin. Tambien se puede formar tirando del centro de la plaza por el medio de la cortina H la recta HG ; y cortando la IG igual à los dos tercios, ò à la mitad de la cortina, se tendrá el punto G, de donde se tirarán las GL, GK, à los angulos de la espalda como antes ; y quedará formado el revellin.

2 Para delinear el revellin B con flancos ; se tirará la perpendicular ax del medio de la cortina ; y tomando como antes la distancia NB, ò los dos tercios de la cortina, se notará el punto x : luego se cortarán en las caras de los baluartes las OP, RQ de 40. pies : y tirando las XP, XQ, cortarán la contraescarpa en b, y c : cortense las bS, cV, tambien de 40. pies : tirense las ST, VZ paralelas à la perpendicular XA, y quedará descrito el revellin con flancos ; el qual es sin duda mejor que el primero,

mero, porque sus flancos dan mayor, y mejor defenſa à la eſtrada encubierta.

Qualquiera revellin, para que ſea bueno, deve obſervar lo ſiguiente. 1. Que ſu angulo flanqueado G, no ſea menor que de 60. grados. Lo 2. que dicho angulo eſtè ſiempre en la perpendicular HG, que ſale del medio de la cortina; y lo 3. que la diſtancia GF eſtè dentro del alcance del moſquete, ó fuſil. Ha de tener tambien ſu foſo de 60. à 70. pies de ancho, paralelo à ſus caras, el qual, como tambien los de las demás obras exteriores, han de comunicarse con el foſo principal de la plaza; y ſi pareciere, ſe podrá cerrar eſta comunicacion con una eſtacada. Ha de tener tambien ſu rampar, y parapeto, menos por la parte que mira à la plaza: el rampar de 40. pies de eſpeſſura, y el parapeto de 20. pies.

PROP. XXXII. Problema.

*Deſcribir la Media Luna. (fig. 28.)*

**M**edia Luna, es un baluarte pequeño ſeparado con ſus caras, y flancos. Diſtingueſe del revellin en ſolas dos coſas: la primera, en quanto al lugar, porque el revellin ſe pone enfrente de la cortina; y la media luna, enfrente del angulo flanqueado del baluarte. La ſegunda, en que el revellin tiene la gola rectilinea; y la media luna la tiene curvilinea, de que toma ſu denominacion, aunque muchos llaman tambien aora media luna al revellin: ſu fin es detener al enemigo mas lexos del baluarte: ſu conſtruccion es la ſiguiente.

Continuènſe à diſcrecion las caras del baluarte Fm, Om, mas allà de la contraeſcarpa; y tambien la capital Bm: corteſe en eſta la fg, que ſea dos tercios de la cara del baluarte: tirenſe las gl, gY à los angulos de la contraeſcarpa, y cortaràn las dh, ei, y quedaràn determinadas, y deſcrita la media luna; la qual ſe rodearà de foſo, rampar, y parapeto como los del revellin; pero con eſta diferencia, que el foſo ha de ſeguir los flancos de la media luna; pero no el rampar, ni el parapeto, porque

que el enemigo , hecho señor de la media luna , quedaria cubierto contra el fuego de los revellines , y de los baluartes , lo que seria un gran defecto. Otros tiran las lineas del punto g, al medio de los revellines A , y B, con lo que salen mayores los flancos de la media luna.

Este genero de medias lunas se usa ya muy poco en nuestros tiempos, porque sus frentes no cubren parte alguna principal de la plaza , y los flancos son de muy poca defensa , y aun nocivos ; por esta razon , en lugar de las medias lunas substituyen los mejores Artifices las contraguuardias , que se explican en la propos. siguiente.

PROP. XXXIII. Problema.

*Describir las Contraguuardias. (fig. 28.)*

**C**ontraguuardia , es una fortificacion con angulo , y dos caras grandes , que se edifica delante los baluartes para cubrir sus frentes , y detener al enemigo. Esta obra es de gran provecho , porque juntamente con los revellines , viene à formar como una caja , ò antemural fuerte , que cierra de tal manera la plaza , que no puede ser batida , sin que primero se arruinen dichas obras : hallanse en Charleroy , y en la Ciudad de Cambray ; descrivense del modo siguiente.

En la *figur. 28.* letra C , cortense las BA , CD , en las contraescarpas de los revellines , haciendolas iguales à dos tercios de una semigola : tirense las rectas AE , y DE , paralelas à la contraescarpa principal ; y quedará formada la contraguuardia. Algunos le dan flancos , tirando las rectas BF , CG , paralelas à los flancos del baluarte. El foso de la contraguuardia será como los antecedentes ; y asimismo el rampar , ò parapeto que ha de tener àzia la campaña.

PROP. XXXIV. Problema.

*Delinear un Revellin con Contraguuardia sencilla. (fig. 28.)*

**R**evellin doble con contraguuardia sencilla , no es otro , que un revellin , à quien despues del foso que le cir-

cu-

cuye, se le añade una contraguardia, como se ve en la fig. 28. letra D: la descripción de esta contraguardia es como la antecedente; pero bastará, que EF sea de un tercio de la semigola de un baluarte, y el fosó que hay entre ella, y el revellin podrá ser tambien menos ancho. Esta contraguardia suele añadirse al revelin ya fabricado, quando es sobrado pequeño, y no cubre bastantemente los flancos; ò tambien quando es menester salirse mas àzia la campaña, para descubrir alguna baxa de terreno.

## PROP. XXXV. Problema.

*Describir un Revellin doble con Contraguardia à Tenaza.*  
(figur. 29.)

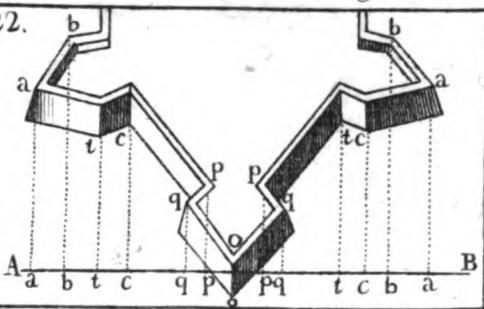
Este genero de obra solo se fuele hacer, quando el angulo flanqueado del revellin es recto, ò obtuso, y por ser dicho revelin pequeño, es menester ocupar por aquella parte mas terreno, por las razones dichas en la proposicion passada; y porque esta obra añadida imita à la tenaza, se llama *contraguardia à tenaza*; describefe así. Prolonguense à discrecion las caras del revellin E, àzia E, y C; y de los puntos F, y G, en que cortan la contraescarpa, cortense las FE, GC de 180. ò de 190. pies; y de los puntos H, y K, en que el fosó del revellin corta la contraescarpa del principal, cuentense hasta I, y hasta L 65. hasta 70. pies; tirense las alas EI, CL, y quedará descrita la contraguardia, que se rodeará de fosó paralelo à las alas, y frentes; y se podrá cortar el angulo entrante de su contraescarpa, tirando las lineas EP, CO, al medio de las frentes.

## PROP. XXXVI. Problema.

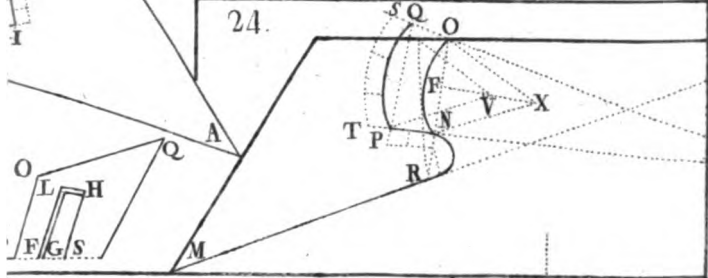
*Delinear un Revellin doble con Contraguardia à Ornabeque.*  
(figur. 29.)

Sirve tambien esta fortificacion para quando importa ocupar mas terreno del que ocupa el revellin sencillo: su descripción es como se sigue. Tirese por el angulo

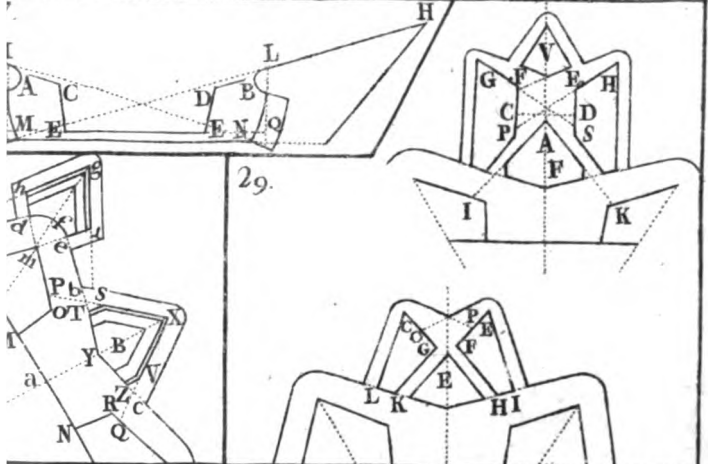
22.



24.



29.



H. Ricarte sculp.





lo flanqueado A del revellin F la recta CD, paralela a la cortina de la plaza, contando de A à D; y de A à C una quarta parte de dicha cortina: levantente las perpendiculares CF, DE de 138. pies, y profiguiendolas en seguida, se les darà à las DS, CP 26. pies: de estos puntos S, y P, tirentè las lineas de defensia SF, PE, prolongadas à discrecion: cuentense en EH, FG de 200. hasta 230. pies, que serà la longitud de las caras: tirentè de los puntos G, y H las alas à los puntos I, K, que sirvieron para formar el revellin, terminando las sobredichas alas en la contracarpa: continuentè los flancos ES, FP, hasta el foso del revellin, y quedará concluida la obra: solo falta formar un revellin en V, que se harà contando 15. pies de E, y de F en las caras HE, FG, y formando de dichos puntos un triangulo equilatero. Esta obra se circuye de foso, como las demàs.

## PROP. XXXVII. Problema.

*Delinear la Tenaza simple. (fig. 30.)*

**T**ENAZA, es una fortificacion exterior, con uno, ò dos angulos retirados sin fiancos: la que solo tiene un angulo retirado, se llama *simple*; la que tiene dos, se llama *doble*. Su lugar es delante de la cortina; su oficio cubrir la cortina, y ocupar algun parage que predomine à la Villa, ò parte atacable de la plaza. La *tenaza sencilla*, se describe en la forma siguiente, *fig. 30. let. Y.*

Alarguentè los flancos de los baluartes de fuerte, que AB, CD sean de 780. à 790. pies; y tirese la linea BD, que se dividirá por medio en E: por E tirese la perpendicular EF, dandole de E à F una quinta parte de la BD. Tirentè las lineas BF, DF; y tomando en las caras de los baluartes las Aa, Cc de 40. pies, tirentè las Dc, Ba, terminandolas en la contracarpa, y quedará formada la tenaza sencilla, à quien se le darà su foso, parapeto, y rampar, como à las demàs obras exteriores.

Aqui se ve claramente quan defectuosa sea la tenaza simple, porque su angulo entrante F, queda en gran ma-

338 TRAT.XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

nera expuesto: à mas, que el enemigo puede acercarse à dicho angulo sin ser descubierto, así por la situacion de la obra, como por la espessura del parapeto, que embaraza à los Soldados el ver el angulo F, pues es imposible le puedan ver estando detrás del parapeto de FB, ù de FD.

Para suplir este defecto, se añade el revellin E, que se construye en esta forma. Divídanse las caras BF, FD por medio en L, y K; y cortando del punto M de la contraescarpa hasta I, la MI igual à la mitad de la cara LF, se tirarán las IL, IK à los puntos L, y K, terminandolas en la contraescarpa, y quedará descrito el revellin, que se circuirá de fosó. Pero advierto, que este revellin no tiene ordinariamente mas que un buen parapeto sin rampar. Si las alas de la tenaza se tiran al medio de la cortina, se llama *cola de golondrina*.

PROP. XXXVIII. Problema.

*Describir la Tenaza doble, y Bonete de Clerigo.*  
(fig.30.) *Let.V.*

**A** Larguense los flancos del baluarte, como en la proposicion antecedente, dando à las AD, BC, la misma cantidad de 790. pies: tirese la DC, que se dividirá por medio en E: cuentense de E hasta F 185. pies; y tirense las DF, CF, que se dividirán por medio en H, y G: tomese la FI de 295. pies; y tirando las HI, GI, quedará formado el angulo saliente I: tirense ultimamente la Da, Cb, como en la proposicion passada, y quedará descrita la tenaza doble, que se fortalecerá con su rampar, parapeto, y fosó, como las demás obras exteriores.

La obra que llaman *bonete de Clerigo*, casi no se distingue de la tenaza doble, y así no hay cosa especial que advertir en quanto à su delineacion, si solo que sus alas se tiran àzia el medio de la cortina, y viene à ser una tenaza doble à cola de golondrina.

PROP.

## PROP. XXXIX. Problema.

*Construir un Hornabeque delante de la Cortina.*  
(fig. 30.)

**H**ornabeque, es una fortificacion con dos medios baluartes, trabados con una cortina. Sirve para el mismo efecto que las tenazas, pero son mas fuertes, por defender los flancos de los medios baluartes mutuamente sus caras, y la cortina, como se ve en R; puede se construir delante de la cortina, ò del baluarte: su delineacion delante de la cortina, es la siguiente.

Levantese una perpendicular del medio de la cortina de la plaza, y cuentense de C hasta B 800. pies: tirese por el punto B la perpendicular DE: tomense del pitipie con el compàs 520. pies, y con esta distancia notense los puntos D, y E, de los cuales se tirarán las alas EG, DK, à las caras de los baluartes de la plaza, à unos puntos distantes del angulo de la espalda 40. pies, pero terminando dichas alas en la contraescarpa en H, I. Hecho esto, dividanse las EB, y BD en dos partes iguales en P, y Q, de donde se tirarán las QM, PL, paralelas à BC indefinidas: hagase la BF igual à una octava parte de la DE: de los puntos D, y E, tirense por F las rectas indeterminadas DL, EM, y quedaràn determinadas las caras de los medios baluartes en los encuentros con las lineas QM, PL: hagase despues centro en O, y con la distancia ON, hagase un arco, que cortará la linea de la defensa DL en el punto L; y la cuerda LN de este arco será el flanco del medio baluarte. De esta misma fuerte se formará el otro MO, haciendo centro en N; y tirando la ML, quedará concluido el hornabeque, à quien se le dará su rampar, foso, y parapeto, como à las demás obras exteriores: puede se tambien añadir un revellin, para mayor defensa de los dos medios baluartes.

## PROP. XL. Problema.

*Construir un Hornabeque delante del Baluarze. (fig.30.)*  
*Let. Q.*

**E**N la capital prolongada cuentesse desde el angulo flanqueado A, hasta el punto B, 650. pies. Tirese por el punto B la perpendicular CD, y cortense en ella las BD, BC de 420. pies: cortele tambien la BE igual à una octava parte de la CD: tirense las lineas CEF, DEG indeterminadas; y dividiendo por medio las BC, BD, en O, y N, levantense de dichos puntos unas rectas ocultas paralelas à la BA, que se cortaràn con las DG, CF, en L, y K; y quedaràn determinadas las caras CL, DK, sobre las quales se formaràn los triangulos equilateros KDP, LCQ; y por los puntos CQ, DP, tirente las alas hasta la contraescarpa: tomese la distancia KL, y hecho centro en K, hagase un arco, que cortará la DG en G, y se tirará el flanco LG: de la misma suerte se hará el flanco KF; y tirando la cortina KF, quedará formado el hornabeque, à quien se le daràn su sofo, rampar, y parapeto como al antecedente.

## PROP. XLI. Problema.

*Construir una obra coronada delante de la Cortina.*  
*(fig.31.)*

**L**A obra coronada, es una fortificacion, que consta de dos medios baluartes, y uno entero, trabados con dos cortinas. Construyese en qualquiera pueyto, que pueda ser dañoso à la plaza, ò para ocupar el lugar atacable, ò para encerrar algun Palacio, ò Convento, que no le quiere demoler. Hacesse, segun conviene, asì delante las cortinas, como de los baluartes; y mayor, ò menor, segun el terreno que huviere de ocupar. Delante de la cortina se describe del modo siguiente.

*Operacion.* Del punto A, medio de la cortina, levanten se la perpendicular AB; y del angulo entrante C de la cor-

contraescarpa, cuéntense hasta B 900. pies; y haciendo centro en el punto C, con la distancia CB, descríbase el arco DBE: tomense del pitipie 780. pies, y pásese esta distancia del punto B à D, y del mismo punto B à E; y tirense las cuerdas BD, y BE: de los puntos D, y E, à los puntos S, y R, distantes 40. pies de los angulos de la espalda, tirense las alas DS, ER, terminandolas en la contraescarpa. Divídase la BD en quatro partes iguales, en F, G, H; y de estos puntos saquense las perpendiculares indefinidas Ff, Gg, Hh: cortese GI de 130. pies; y por el punto I, tirense las líneas de defensa DI, BI, prolongandolas à discrecion: éstas cortaràn las perpendiculares en T, y en V, y quedaràn formadas las caras DT, BV: ultimamente, con la distancia TV, desde T, como centro, hagase un arco VK, que cortarà à la línea DI, prolongada en K: de la misma manera se determinará desde V el punto L, y se tirarán los flancos VK, TL: hagase lo mismo à la otra parte, y quedarà descrita la obra coronada, à quien se le darà el foso, parapeto, y rampar como à las demás.

## PROP. XLII. Problema.

*Construir la Obra Coronada delante del Baluarte.*

(fig. 32.)

**P**Rolonguese la capital AB, de fuerte, que AB sea de 900. pies: hagase centro en el angulo flanqueado A, y con la distancia AB, hagase el arco EBD: cortense BE, BD con la distancia de 780. pies, y tirense las cuerdas BE, BD; y à los puntos e, d, distantes del angulo de la espalda 40. pies, tirense las alas, que se terminarán en la contraescarpa. Divídansen las rectas BE, BD, en quatro partes iguales, en G, F, C; P, Q, R, de que se levantaràn unas perpendiculares ocultas, largas à discrecion: hagase la FH de 130. pies; y por el punto H, tirense las líneas de defensa BHI, DHL indefinidas; y en los encuentros O, y N con las perpendiculares, quedaràn determinadas las caras BO, DN: luego del punto O, como centro, con la distancia ON, se notará el punto I en la línea BI; y desde

de N, con la misma distancia , se cortará la DL en L ; y tirando las NI , OL , quedarán hechos los flancos; y tirando la cortina LI, se habrá concluido la obra coronada en aquella parte; y de la misma fuerte se concluirá la otra. El rampar, parapeto, y tofo se hará como en las antecedentes.

*Las cantidades que hemos señalado à las lineas de las tenazas , hornabeques , y obras coronadas , no se han de tomar con tanto rigor , que no sea licito variarlas , mientras no se alejen tanto del recinto de la plaza, que estèn fuera de toda defensa; antes bien importará muchas veces tomar otras distancias , porque estas fortificaciones se deven hacer mayores , ò menores , segun el terreno que huvieren de ocupar , lo que se dexa al juicio prudente del Ingeniero.*

### PROP. XLIII. Problema.

*Colocar, y com poner qualquier genero de Estacada. ( fig. 33. )*

**M**uchos son los generos de estacadas, ò empalizadas que se usan en las fortificaciones para diferentes lugares, y efectos. El primer genero es como se representan en A, y B, y es el que està mas puesto en estilo. Se han de cortar estas estacas de buena madera , de 8. à 9. pies de longitud , y de gruesso un medio pie , procurando sean bien rectas : han de fenecer en punta por la parte superior , metiendolas dentro la tierra à lo menos tres pies , y que salgan sobre ella de 6. à 7. pies , cuidando no salgan mas altas que el parapeto un pie , ò à lo mas pie y medio , para que no sean vistas de la campaña. La distancia de una estaca à otra , ha de ser tal , que no dè lugar , no solo para passar un hombre , mas ni pueda poner el pie entre ellas. Suelen ponerse 15. en 12. pies de terreno. Quieren algunos no estèn unidas unas con otras , porque una vala de artilleria derribará muchas de un golpe; esto no obstante, se suelen unir con un palo como en A , que tenga dos dedos de gruesso , y quatro de ancho , que se clava con ellas por la parte que mira à la campaña.

Todos convienen , que la estrada encubierta se deve ceñir , y cerrar con estacada , así al rededor de la plaza,  
co-

como de las fortificaciones exteriores ; pero no convienen todos en el lugar donde se ha de colocar. Lo ordinario es fixar la estacada arrimada al parapeto sobre la banqueta mas alta. Algunos no aprueban este estilo , por poderla faltar el enemigo con facilidad en un abance ; y porque haviendose de poner detrás de ellas los tiradores , padecen grande estrago , dando en las estacas una vala de artilleria. Por esta caua la fixan otros en medio del plano de la estrada , lo qual no se deve admitir , porque abanzando el enemigo , tiene lugar de ir arrimando faginas , y fortificarse , cubriendose con ellas.

Quando la contraescarpa del foso es de tierra , y el foso es seco , por donde con facilidad se puede baxar , se fuele poner tambien una estacada al pie de la contraescarpa , ò en medio del foso principal. Tambien quando los baluartes , y obras exteriores son de tierra , y tepes , se plantan en el bancon del pie del rampar , para assegurar se de las sorpresas , y escaladas , como en O. ( *fig. 34.* ) A mas de esto conviene , que en estas obras de tierra , y tepes se añada la estacada bolante M , que algunos llaman *baloneta* : ponese al pie del parapeto exterior , donde havia de estar el cordon , de suerte , que salgan fuera de 4. à 5. pies , y perpendiculares al rampar. Sirven contra las sorpresas , y para impedir la fuga de los Soldados , que por la mucha escarpa de estas obras pueden executar desprendiendose por el muro.

Devense tener de prevencion en las plazas algunas estacadas portatiles , como E , ( *fig. 34.* ) para ponerlas con brevedad en donde arruinar el enemigo las otras. Los cavallos de Frisa , G , son tambien un genero de estacadas portatiles , que constan de un palo GZ de un pie de diametro , y 10. de largo , agujerado en cruz por diferentes partes , donde se ponen unos palos redondos AD de seis pies de largo con puntas de hierro , de las quales , dos quedan siempre clavadas en tierra , y otras dos en el ayre : usanse ya frequentemente contra la cavalleria en lugar de picas , plantandolas en la ocasion delante los Esquadrones ; y en un sitio sirven de linea de circunvalacion ; y dentro de las plazas las tienen para echar en las brechas , y embazarar el asalto , y passage.

PROP.



## PROP. XLIV. Problema.

*Construir las Ciudadelas.*

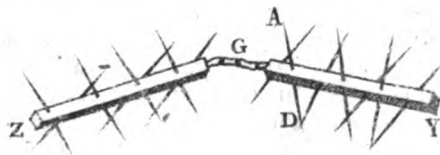
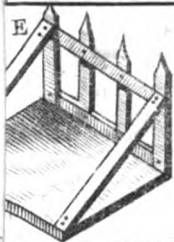
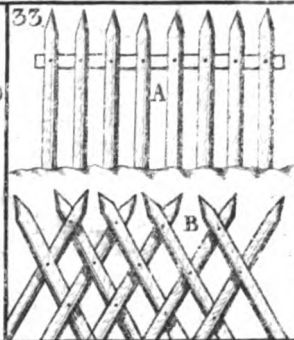
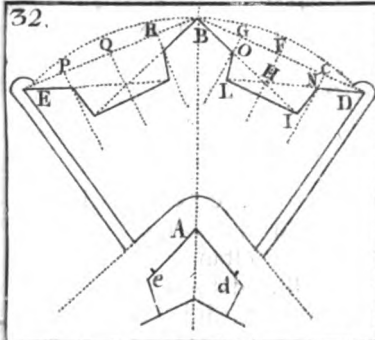
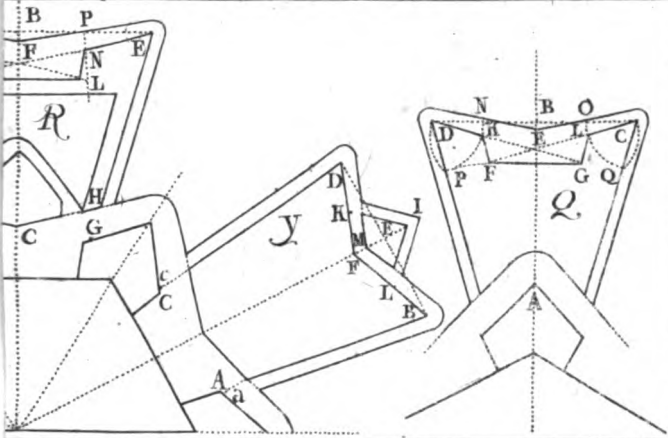
**L**As Ciudadelas son unas fortificaciones , que se sobreañaden à una Ciudad , ò Plaza grande , cerradas por todas partes con baluartes , y cortinas.

Por dos fines se suelen fabricar las Ciudadelas. El primero , para ahorrar gastos en fortificar una Ciudad grande , que necesita de mucha guarnicion : por esta causa se ha edificado Ciudadela en Roma , Milan , Averlá , y en otras Ciudades grandes. El segundo es , para señorear , y sujetar la Plaza , ò Ciudad quando sus vecinos son sediciosos , ò por recién conquistados tiene poca seguridad el Principe de su fidelidad , en este caso les sirve de freno , y castigo la Ciudadela ; y para este fin se hicieron en Mecina , Casal , Argentina , y otras partes. Las maximas que se deven observar en la contruccion de las Ciudadelas son las siguientes.

*Maxima 1.* Se ha de edificar en el sitio mas fuerte , y levantado de la Plaza , para que la domine ; porque la Ciudadela es el ultimo asilo , y refugio contra los enemigos , y tumultos.

*Maxima 2.* La Ciudadela no ha de estar del todo dentro de la Ciudad , ni del todo fuera ; porque si està del todo dentro , no puede ser socorrida estando la Ciudad en poder de enemigos : no ha de estar del todo fuera , para que defienda mejor la Plaza , y sea defendida de ella. Esto no obstante , puede haver ocasion en que sea necesario hacer una Ciudadela fuera de la Ciudad , como para ocupar alguna eminencia , ò para cubrir , y lograr la comunicacion de algun rio navegable , ò para cerrar , y guardar algun puerto de mar : en qualquiera de estos casos será preciso que estè por lo menos en distancia del tiro del mosquete , ò fusil ; y conviene que la Ciudad estè abierta por la parte que mira à la Ciudadela , y que se cierre con lineas de comunicacion , que salgan del recinto principal de la Plaza.

MA-





*Maxima 3.* Edifíquese la Ciudadela en aquella parte de la Ciudad por donde puede venirle el mayor focorro, para que en su caso le pueda estorvar la Ciudadela.

*Maxima 4.* La Ciudadela se ha de fortificar de fuerte, que se pueda defender de los enemigos de fuera, y de los de dentro de la Ciudad, para lo qual se han de observar las reglas siguientes.

Para que esté bien defendida contra los enemigos de fuera, se observará. 1. Que la mayor parte de los baluartes de la Ciudadela estén àzia la campaña: como si fuere pentagona, havrà tres àzia la campaña, y dos àzia la Ciudad; pero si fuere quadrada, tendrá dos àzia la campaña, y dos dentro, como *hauve de grace*.

2. La cara de los baluartes vecinos à la Ciudadela se estenderà àzia el medio de la cortina de la Ciudadela en longitud de 600. ù 700. pies hasta la contraescarpa, como se ve ( *fig. 35.* ) en las caras de los baluartes GH, IK; con lo qual el baluarte B de la Ciudadela, à mas de la defenfa del otro baluarte C, tiene una admirable defenfa de la cara GH del baluarte de la Ciudad; y la cara GH està juntamente defendida de la mitad de la cortina de la Ciudadela, y del flanco, y cara del baluarte B. Todo lo qual sucede muy al contrario si la Ciudadela se hace mas afuera àzia la campaña, de fuerte, que las caras GH, IK se encaminen à las caras de los baluartes de la Ciudadela, como hacen algunos, y està executado en Pfaltsburgo, Ciudad de Lorena, cerca de Alsacia, lo que se deve evitar, por quedar la Ciudadela solamente con sus propias defensas.

Para que la Ciudadela esté bien fortificada contra los enemigos de dentro la Ciudad, se observarán las siguientes reglas.

1. Cuidese, si fuere posible, que desde la Ciudadela se descubran las Plazas mas principales de la Ciudad.

2. Azia la parte de la Ciudad se ha de procurar, que después del fosó de la Ciudadela queden 100. passos de plaza, para que en caso de rebellion, no se puedan los rebeldes acercar al fosó sin ser vistos.

3. Las murallas de la Ciudadela sean mas altas que las  
de

346 TRAT.XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR:  
de la Ciudad , para que aquellas dominen à èstas.

4 Los baluartes H, I, de la Ciudad , inmediatos à la Ciudadela, no han de tener los flancos cb, fg, que miran à la Ciudadela.

*Maxima 5.* La Ciudadela ha de tener puertas àzia la Ciudad , y àzia la campaña , para que por aquellas sea socorrida de los Ciudadanos contra los enemigos exteriores; y por èstas , contra los de la misma Ciudad en caso de rebelion.

*Maxima 6.* La Ciudadela mejor es la pentagona con dos baluartes dentro de la Ciudad , y tres fuera ; la quadrada es imperfecta ; y la exagona es ya sobrado grande.

*Maxima 7.* Quando en una Ciudad se ha de edificar Ciudadela , se deve cuidar sea con el menor daño que sea posible , de suerte , que si se han de derribar muchas casas , ò algun edificio insigne , ò se ha de disminuir mucho la capacidad de la Ciudad , será mejor alargar los muros , y recinto de la Ciudad , para que vayan à buscar , y abrazar la Ciudadela ; porque de otra suerte , la parte de Ciudadela que cae dentro , y la plaza que ha de haver enfrente , se llevaria gran parte de la Ciudad : lo sobredicho se ve executado en Amberes.

Segun estas maximas , se eligirà con facilidad el lugar para la Ciudadela , la qual ha de tener siempre una cortina àzia la Ciudad : y se delinearà , si fuere quadrada , segun las reglas del quadrado ; y si pentagona , segun las del pentagono dadas en el *cap. 4.* solo será menester , quando fuere pequeña , proporcionar por regla de tres sus lineas , segun la capacidad del lugar , y sitio ; y para escusar este trabajo , servirà la siguiente tabla , que contiene las medidas proporcionadas para las Ciudadelas , quando èstas hayan de ser medianas , ò pequeñas , que si han de ser grandes sus medidas , se tomaràn de la tabla puesta antes de la *prop. 18.*

TA-

# T A B L A

## De la cantidad de las líneas para las Ciudades.

### Para las medianas.

Polig. I Defens.a. I Radio. I Lado. I Semigola. I Flanco. I Cortina. I Cara. I Capital.
IV. I 750. I 486.6. I 689. I 150. I 106.1. I 389. I 329.3. I 265.
V. I 750. I 580.4. I 681.7. I 150. I 142.6. I 381.6. I 319.8. I 301.10.

### Para las mas pequeñas.

Polig. I Defens.a. I Radio. I Lado. I Semigola. I Flanco. I Cortina. I Cara. I Capital.
IV. I 700. I 454.1. I 642.6. I 140. I 98.6. I 363.1. I 307.1. I 247.7.
V. I 700. I 541.7. I 636.1. I 140. I 133. I 356.1. I 298.4. I 281.9.

Advierto ultimamente , no ser conveniente se fortifique ninguna plaza muy grande , porque despues del gasto inmenso de que necessita , pocas veces se hallarà con la gente de guerra que es menester para defenderla ; y por mucha que tenga , à penas se podràn sujetar los vecinos en tiempo de sitio , los quales por leales que sean , sienten mucho ver quemar , y arruinar sus casas , y haciendas , y obligan por esto à un Governador à rendir la plaza antes de tiempo. Por lo qual es mas conveniente , que à las plazas grandes se les hagan una , ò mas ciudadelas , porque qualquiera plaza grande , aunque estè con sola la estrada encubierta , fosos , y murallas antiguas , serà defendida con la guarnicion de la ciudadela ; y aunque el enemigo gane la plaza , no la podrà mantener sin ganar la ciudadela , la qual mantiene siempre la Ciudad por su Principe.

La practica que se deve observar en la colocacion , y delineacion de la ciudadela , es , que descrita la plaza A , se elegirà para el centro Q de la ciudadela la punta de un baluarte de la plaza principal A : luego se tomaràn del mismo pitipie de la plaza , los pies que se señalan en la tabla precedente para el radio , segun el poligono que se quiere formar : como si se quisiere hacer pentagona , y de magnitud mediana , se tomaràn , segun dice la tabla , 580. pies ; y con esta distancia se describirà un circulo : tomese despues en la misma tabla 681. pies , y ferà el lado que vendrà à formar en dicho circulo el pentagono , dando un lado àzia la plaza ; y tomando las demàs medidas que señala la tabla , se concluirà la delineacion : pero si se quisiere hacer la ciudadela mayor , se tomaràn dichas medidas de la tabla puesta antes de la prop. 18.

*Las ciudadelas , quando se hacen apartadas de la plaza para defender algun passo , ò ocupar alguna eminencia , se llaman comunmente castillos. Torres bastionadas son las que se edifican con flancos , y caras à modo de baluartes ; juzgo fueron ideadas por Monsieur de Vauvan , y que se hallan en las plazas de Berforte , y Landau : estas despenden , y son defendidas como los baluartes , y solo se diferencian de estos , en que son*  
mas

*mas altas, y no tan anchas : pueden ser de utilidad en algunas ocasiones, que dexo al juicio del Ingeniero.*

## CAPITULO VIII.

EXPLICASE EL METHODO DE FORTIFICAR A LA  
*moda Francesa.*

**M**uchos son los methodos de fortificar, que con grande acierto han discurrido diferentes Autores, que no me detengo en referirles aqui, singularmente habiendoles recogido todos el Autor de la Escuela de Palas; y ultimamente el Padre Joseph Castani, de la Compania de Jesus, que en su docta *Escuela Militar de Fortificacion*, à mas de su propio methodo, explica con su acostumbada claridad los de los mas celebres Autores de la Francia; alli podrá acudir el Letor deseoso de mayor erudicion para satisfacer su deseo. Explicaré pues solamente en este capitulo el methodo de fortificar que trae el Autor de la obra intitulada: *El Ingeniero Francés*, por ser muy ajustado, así à las maximas, como al estilo de estos tiempos.

Distingue, segun acostumbra otros muchos Autores Franceses, tres generos de fortificaciones, *maxima*, *mediana*, y *pequeña*; y para cada una de ellas señala sus reglas, pero sin passar del exagono. En la *maxima* hace el lado del poligono exterior de 200. toises, que cada una consta de seis pies de Paris: para la *mediana* señala dicho lado de 180. toises; y para la *pequeña* de 160. haciendo siempre el angulo del flanco con la cortina de 100. grados: con estos supuestos enseña à delinear dichas fortificaciones, primero por el lado del poligono exterior, y despues por el interior, como se ve en las proposiciones siguientes; en las quales daré à las lineas el mismo numero de pies que les da dicho Autor: pero en lugar de los pies de Paris usaré de pies Valencianos, ò Romanos, que siendo menores que aquellos, saldrán las fortificaciones mas reducidas, y por consiguiente mas ajustadas al tiro seguro del fusil, que es la arma que las defiende.

PROP.



## PROP. XLV. Problema.

*Describir la Fortificacion maxima, empezando por el lado del poligono exterior.*

*Descripcion para el Quadrado. (fig. 36.)*

**H**Agafe AB lado del poligono exterior de 1200. pies: dividase por medio en C; y de este punto levante la perpendicular CD, dandole de longitud 150. pies; por el punto D, tirense las lineas de defenfa BDE, ADF, largas à discrecion: dividase aora el mismo lado AB en cinco partes iguales en los puntos M, N, O, P: de las divisiones extremas M, y P, tirense lineas al centro L, y éstas cortaràn las lineas de la defenfa en E, y F: tirese por E, y F la linea EF, prolongandola hasta que corte los radios LA, LB; y quedarà determinada la cortina EF; y las semigolas EI, FK; y tambien las capitales IA, KB. En los puntos E, y F, haganse los angulos FEH, EFG de 100. grad. estendiendo las rectas EH, FG, hasta las lineas de defenfa; y quedaràn determinados los flancos, y caras de los baluartes; y haciendo lo mismo en los otros lados, quedarà concluida la descripcion.

*Descripcion para el Pentagono. (fig. 37.)*

**H**Agafe el lado AB de 1200. pies: dividase por medio en C, y levante la perpendicular CD de 171. pies: tirense por su extremidad D las defensas prolongadas BDE, ADF: dividase AB en cinco partes iguales en los puntos M, N, O, P. De las divisiones extremas M, y P, tirense las ML, PL, que cortando à las lineas de defenfa en E, y F, se tirará por estos puntos la recta EF, que será la cortina; y alargandola hasta los radios LA, LB, quedaràn formadas las semigolas: haganse en E, y F los angulos FEH, EFG de 100. grados, cuyas lineas EH, FG, terminadas en las lineas de las defensas, serán los flancos; y las AH, GB, las caras; y todo lo demás, como se dixo en el quadrado.

*Def-*

*Descripcion para el Exagono. (fig. 38.)*

**H**ágase el lado AB de 1200. pies : levántese la perpendicular CD de 200. pies : tirense las líneas de la defensa prolongadas ADF , BDE ; y hágase todo lo demás como en el pentagono.

## PROP. XLVI. Problema.

*Describir la Fortificacion mediana , empezando por el poligono exterior.*

*Descripcion para el Quadrado. (fig. 36.)*

**H**ágase el lado del poligono exterior AB de 1080. pies : dividase por medio en C ; y levántese la perpendicular CD de 135. pies. Tirense por el punto D las defensas ADF , BDE : dividase AB en cinco partes iguales en M, N, O, P ; y de las divisiones extremas M, y P, tirense al centro L las rectas , que cortando à las defensas en E, y F, se tirará la EF hasta los radios ; con que se tiene determinada la cortina EF, y las semigolas. Haganse ultimamente los angulos FEH, EFG de 100. grados, y las líneas EH, FG, terminadas en las defensas, dexarán determinados los flancos, y las caras AH, GB, y quedará concluida la delineacion.

*Descripcion para el Pentagono. (fig. 37.)*

**S**e le darán al lado AB 1080. pies ; y à la perpendicular CD 154. pies : y en lo demás se obrará como en los exemplos passados.

*Descripcion para el Exagono. (fig. 38.)*

**D**ensele al lado AB 1080. pies : de su mitad C, eleve-se la perpendicular CD de 180. pies : tirense por el punto D las líneas de defensa BDE , ADF ; y hágase lo demás , como en los antecedentes.

PROP.

## PROP. XLVII. Problema.

*Describir la Fortificación pequeña por el lado del polígono exterior.*

*Descripción para el Cuadrado. (fig. 36.)*

**H**agase el lado AB de 960. pies ; y dividiéndole por medio en C, levántese la perpendicular CD de 120. pies : tirense por el punto D las líneas de defensa ADF, BDE ; y se obrará en lo demás como en los antecedentes.

*Descripción para el Pentágono. (fig. 37.)*

**H**agase el lado AB de 960. pies ; y de su medio C, levántese la perpendicular CD de 137. pies : tirense por el punto D las líneas de la defensa ADF, BDE : divídase AB en cinco partes iguales en los puntos M, N, O, P ; y de las divisiones extremas M, P, tirense las rectas al centro L, que cortando las líneas de defensa en E, y F, determinarán la cortina, y semigolas, tirando por dichos encuentros la recta IK : hagante los ángulos FEH, EFG de 100. grados, y las rectas EH, FG, serán los flancos ; y por configuiente AH, BG, serán las caras, y quedará concluida la descripción.

*Descripción para el Exágono. (fig. 38.)*

**H**agase también el lado AB de 960. pies ; y de su punto medio C, elevése la perpendicular CD de 160. pies : tirense por el punto D las líneas de la defensa ADF, BDE ; y en los demás se protegerá como en las antecedentes delineaciones.

## PROP. XLVIII. Problema.

*Describir la Fortificación máxima por el lado del polígono interior.*

*Descripción para el Cuadrado. (fig. 39.)*

**E**L lado interior AB hagase de 780. pies : háganse las semigolas AC, y DB de 198. pies : en los puntos

tos C, y D, haganse los angulos CDE, DCF de 100. grados; y cortando las lineas CF, DE de 150. pies, quedaran determinados los flancos, asi en quanto à su inclinacion, como en quanto à su longitud. De los puntos C, y D, por los puntos E, y F, tirense las lineas de la defensa DFG, CEH, y quedaran determinadas las caras GF, HE, y las capitales AG, BH; y haciendo lo mismo en los demàs lados del quadrado, quedará concluida su descripcion.

*Descripcion para el Pentagono. (fig.40.)*

**S**Ea el lado AB largo 840. pies: cortense las semigolas AC, y BD de 168. pies: en los puntos C, y D, haganse los angulos DCF, CDE de 100. grados; y haciendo los flancos CF, DE iguales à las semigolas AC, BD, se tiraran por los puntos que les terminan, las lineas de la defensa DFG, y CBH, con que se determinaran las capitales; y haciendo lo mismo en los demàs lados, quedará hecha la delineacion.

*Descripcion para el Exagono. (fig.41.)*

**H**Agase el lado AB de 900. pies; cortense las semigolas AC, y BD de 150. pies: haganse los angulos DCF, CDE de 100. grados; y à los flancos CF, y DE, dentese de largo 180. pies; y tirando por sus extremidades F, y E las lineas de las defensas DEG, CEH, quedará hecha la delineacion.

PROP. XLIX. Problema.

*Describir la fortificacion mediana por el lado del Poligono interior.*

*Descripcion para el Quadrado. (fig. 39.)*

**H**Agase el lado AB de 720. pies: cortense las semigolas AC, BD de 120. pies: haganse los angulos en C, y D de 100. grados, dandoles à los flancos 144. pies; y obrando en lo demàs como en los exemplos antecedentes, se concluirá la delineacion.

*Descripcion para el Pentagono. (fig. 40.)*

**H**Agafé el lado AB de 780. pies: cortense las semigolas AC, DB de 150. pies: haganse los angulos de los flancos con la cortina de 100. grad. y denfeles à los flancos en longitud 156. pies; y obrando como antes, quedará hecha la descripcion.

*Descripcion para el Exagono. (fig. 41.)*

**E**L lado AB hagafe de 780. pies: cortense las semigolas AC, DB de 156. pies: haganse los angulos de los flancos con la cortina de 100. grad. y denfeles de largo à los flancos CF, DE 162. pies: tirense por F, y E las defensas DFG, CEH; y prosiguiendo lo demás como en los antecedentes, quedará concluida la delineacion.

## PROP. L. Problema.

*Descrivir la fortificacion pequeña por el lado del Poligono interior.*

*Para el Quadrado. (fig. 39.)*

**H**Agafé el lado AB de 660. pies; las semigolas AC, DB sean de 120. pies; los angulos de los flancos con la cortina, haganse de 100. grad. denfeles à los flancos 132. pies; y lo demás hagafe como antes.

*Para el Pentagono. (fig. 40.)*

**S**Ea el lado AB de 660. pies; las semigolas AC, DB, de 132. pies: los flancos formen el angulo de 100. grad. con la cortina, y sea su longitud de 150. pies; y concluyase como en los antecedentes.

*Para el Exagono. (fig. 41.)*

**H**Agafé su lado AB de 720. pies; las semigolas AC, DB, de 144. pies: hagafe el angulo de los flancos, y cortina de 100. grad. dandoles de longitud 156. pies; y continuese lo demás como en los antecedentes.

*Si alguno quisiere dar à las lineas de la fortificacion la mis-*

*misma magnitud que les da el Autor , hará el pitipie de pies de Paris ; porque como las medidas que hemos señalado para cada linea , sean las mismas en quanto al numero , con las que señala dicho Autor , con sola la diferencia de ser pies Valencianos , y los fuyos de Paris , bastará la sobredicha diligencia , para que tengan las lineas la misma magnitud que dispone el Autor : y como de las 1000. partes en que se supone dividido el pie Valenciano , tenga el de Paris 1092. se sabrá facilmente de quantos pies Valencianos sea cada linea , multiplicando el numero que se le ha señalado , por 1092. y partiendo el producto por 1000. segun se dixo en el libro 2. proposicion 10.*

## PROP. LI. Problema.

*Fortificar qualquiera Poligono , ajustandose al methodo del Mariscal de Vauban. (fig.42.)*

**E**L mismo Autor del Ingeniero Francés enseña un modo general de fortificar qualquiera poligono , siguiendo la moda del Mariscal de Vauban , que sin duda será muy acertado , ajustandose à los preceptos del mas célebre Maestro , que en esta materia han venerado nuestros tiempos. Hagase pues la linea AB , ò lado del poligono exterior de 200. toises , que constando cada una de seis pies de Paris , son 1200. pies de Paris , que vienen à ser 1310. pies Valencianos , y un tercio. Divídase esta linea por medio en C : levántese la perpendicular CF , igual à una sexta parte de la AB en todos los poligonos , exceptuando el quadrado , en que ha de ser una octava partes ; y el pentagono , en que ha de ser una septima parte de la AB. Tirense las lineas AF , BF indefinidas : divídanse AC , y CB en dos partes iguales en los puntos E , y D , de los quales se levantaràn las perpendiculares EO , DQ , alargandolas hasta que corten las lineas de defensa AQ , y BO , en O , y en Q , como tambien en S , y G. Del punto S , como centro , con la distancia SG , hagase el arco GN ; y con la misma distancia , hecho centro en G , hagase el arco SZ : tirese la recta NZ , y será la cortina.

Del arco GN cortese una tercera parte suya , que será

Z z

la

356 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

la GH: tirese la linea OP paralela à la cuerda GN: tirese del punto B, por el punto H, la recta BK, que corte en K à la OP. Descrivate sobre KO el triangulo equilatero KOL; y del punto L, con el intervalo LO, haga-se el arco KO: dividase la GH por medio en I, y levante-se la recta IM perpendicular à la GH, è igual à GI; y haciendo centro en M, y tomando por radio la distancia MH, descrivase el arco HG; y haciendo lo mismo sobre los demas lados del poligono, quedará hecha la descripcion de una plaza fortificada, ajustandose al methodo del Mariscal de Vauban. El parapeto se hará de 18. pies de Paris, el ram-par de 60. hasta 70. pies, y el foso será ancho de 110. à 120. pies.

PROP. LII. Problema.

*Construir un Hornabeque delante de la Cortina, segun el methodo del Mariscal de Vauban. (fig. 43.)*

**D**El medio A de la cortina, levante-se la perpendicular AB, dandole de longitud 1020. pies de Paris: tirese por el punto B la perpendicular CD, contando asi de B à C, como de B à D 360. pies. De estos puntos C, y D, tirense las alas à los puntos M, L, que están en las caras de los baluartes à distancia de 36. pies del punto donde empieza la curvatura del orejon: cuentense de B à N 120. pies: de los puntos C, y D, tirense las lineas de defensa CN, DN, prolongandolas à discrecion: haganse en estas lineas las caras CG, DH de 228. pies: luego con la distancia HG descrivanse desde H, y G los arcos HO, y GP, que cortarán à las lineas de defensa en P, y O, y se tirará la cortina PO: cuentense aora 30. pies de P à Q, y de O à R, para las brisuras: dividase el arco PG en tres partes iguales, y sea GS un tercio: tirese la QT paralela à PG; y del punto D, por el punto S, tirese la SV: formese sobre VQ un triangulo equilatero QVX; y haciendo centro en X, descrivase con el radio XQ el flanco retirado VQ: dividase SG por medio en I, y levante-se la 1. 2. perpendicular à la PG, è igual à IG; y haciendo

cen-

centro en el punto 2. se describirà el orejòn SG : hagale lo mismo en el otro medio baluarte, y quedará concluida la descripción del hornabeque, à que se darà su rampar de 48. pies, parapeto de 18. y foso de 72. pies, y la estrada encubierta de 30. pies.

## PROP. LIII. Problema.

*Construir un Revellin delante de la Cortina, segun el metodo del Mariscal de Vauban. (fig.42.)*

*Let. X.*

**T**ómese con el compàs la distancia QG, que hay del angulo del flanco, y cortina, al angulo de la espalda del baluarte opuesto; y con esta distancia, desde los puntos O, y Q, haganse dos arcos que se corten en Y. De este punto tirense las caras del revellin à unos puntos de las caras de los baluarres distantes 36. pies de los puntos en que comienzan los orejones. Para formar los flancos del revellin, se cortarán de sus caras 30. pies hasta los puntos 4. y 8. de los quales se tirarán los flancos 8. 6. y 4. 5. paralelos à la capital 3Y del revellin, y quedará delineado, à quien se le darà su rampar de 48. pies, parapeto de 18. y foso de 72. que corra paralelo à sus caras.

## PROP. LIV. Problema.

*Delinear un Hornabeque delante de un Baluarte, segun Vauban. (fig.44.)*

**P**rolonguese la capital del baluarte, contando 600. pies de A hasta B. Levantese del punto B la perpendicular CD : cuentense en ella à una, y otra parte BD, y BC 360. pies : tirense las alas CI, y DH à 36. pies de distancia de los puntos en que empiezan los orejones de los baluartes : cuentense de B à E 120. pies : tirense por este punto E las lineas de defenlá DE, CE, prolongandolas à discrecion : denfeles à las caras CO, DL 228. pies : lo demàs se concluirà como en el hornabe-



358 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
beque de la Prop. 53. Imitando este estilo, se podrán también delinear las demás fortificaciones exteriores, especialmente las obras coronadas.



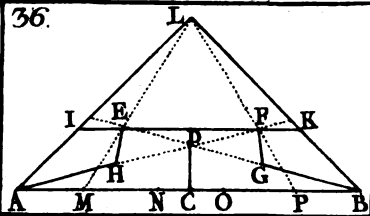
## LIBRO III.

### DE LA FORTIFICACION irregular.

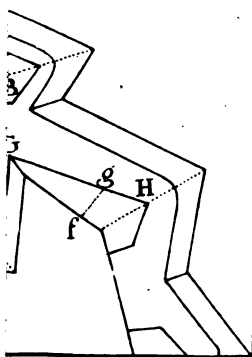
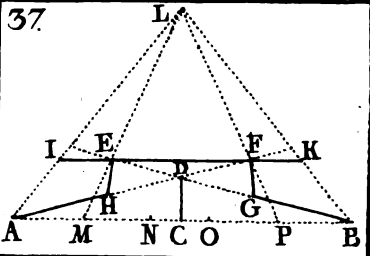
**F**ortificacion, ò Plaza irregular, es aquella cuyos lados, y angulos son desiguales. Este genero de fortificacion es la piedra de toque, en que se echa de ver la inteligencia, y habilidad del Ingeniero; pues aunque es fácil hacer primorosas, y ajustadas delineaciones de plazas regulares, pero el fortalecer las irregulares es mas difícil, por ser casi imposible reducir las muchas irregularidades que en ellas pueden ocurrir, à reglas indefectibles, y determinadas.

Para que obre pues el Ingeniero con seguridad, deve reconocer diligentemente una, y muchas veces el terreno, y recinto de la Villa que se ha de fortificar: deve medir sus lados, tomar sus angulos, y delinear su planta con toda precision. Despues deve considerar atentamente las eminencias, profundidades, enfiladuras, y otras muchas circunstancias que suelen tener tales parages. Deve tambien hacer el computo si havrà bastante tierra para las obras que se han de levantar, para caso que no la huviere, la haga traer de otra parte; si bien deve proporcionar lo que fuere posible las excavaciones de los fosos, con la tierra que ha de menester para los rampares. Deve observar asimismo, si será menester salir mas con la muralla à la campaña, ò entrar se con ella mas adentro de la plaza: y en este caso no se podrá escusar el sentimiento de los vecinos, que

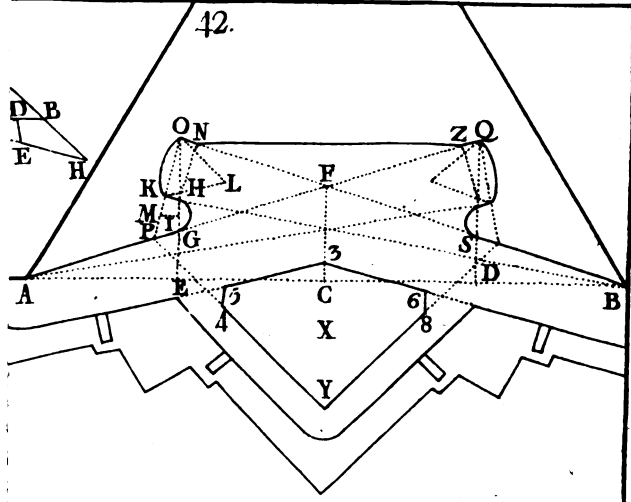
36.



37.



42.



H. Blücher sculp.



que tuvieren sus casas cerca de la muralla antigua, porque de necesidad se havrán de derribar, cosa que importa poco en caso que fuere preciso para servicio del Rey. Esto supuesto, se passará à delinear la fortificacion irregular, ajustandose à las maximas siguientes.

## MAXIMAS.

*De La Fortificacion irregular.*

1 **L**A fortificacion irregular, deve aproximarse lo mas que sea posible à la regular, porque ésta es la norma de toda fortificacion.

2 Tenga la plaza uniformes sus defensas, procurando reparar con lo industrioso del Arte, lo que dexò mal defendido la naturaleza.

3 Ningun angulo agudo es capaz de ser bien fortificado, porque la primera figura regular apta para la fortificacion, es el quadrado, cuyos angulos son rectos.

4 No se haga angulo alguno flanqueado, que à lo menos no sea de 60. grados.

5 Todas las partes flanqueadas de la fortificacion deben estar dentro del alcance del mosquete, ò fusil, que es de 800. à 900. pies.

6 Disponganse de fuerte las partes de la fortificacion, que se puedan mutuamente defender las unas à las otras.

7 Deve el Ingeniero hacer los menos baluartes que pueda, con tal, que no salgan del alcance del mosquete, ò fusil.

8 Deven ser preferidos los baluartes enteros à los medios baluartes, y los grandes à los pequeños.

9 Toda la fortificacion ha de hacerse à prueba del cañon; y así, siendo de tierra, tendrá su parapeto de 18. à 20. pies de espessura; y siendo de piedra, tendrá de 7. à 10. pies.

10 Las semigolas, y flancos de los baluartes sean de bastante capacidad, como de 130. à 140. pies à lo menos.

11 Procurese que el angulo entrante de la contraescarpa no embarace, que todo el flanco descubra toda la cara que deve defender.

### 360 TRAT.XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

12 Dispongase la fortificacion de fuerte , que el cuerpo de la plaza mande todas las obras exteriores ; y que las mas distantes sean mas baxas que las menos distantes.

13 El lado que fuere menor que 400. pies , es inepto para la fortificacion, porque sus baluartes havian de ser muy pequeños , y faciles de ser ganados.

14 Si el lado fuere tan grande , que sus dos baluartes estuvieren algo mas distantes de lo justo , y su capacidad no fuere tampoco bastante para admitir tres baluartes con su competente magnitud , mas vale hacer dos baluartes grandes, aunque esten algo mas distantes de lo justo , que hacer tres pequeños ; porque el exceso de la distancia se puede corregir con un revellin , ò tenaza ; pero el defecto de los baluartes pequeños , es incorregible.

15 Si se huviere de fortificar una de dos plazas , que la una sea predominada de algunas eminencias , y la otra no , se elegirá ésta primero que la otra.

## CAPITULO I.

### DE LA FORTIFICACION DE *QUALESQUIERA* POLIGONOS *irregulares.*

#### DEFINICIONES.

1 **D**E dos maneras puede ser irregular un poligono. La primera es , quando à sus lados , ò angulos les falta poco para ser todos iguales , y tener la cantidad , que segun las maximas de la fortificacion regular deven tener. La segunda , quando es mucha la desigualdad sobredicha, ò exceden mucho à la cantidad que en las maximas se les determina.

2 *Lado propio* , ò *apto para fortificarse por las reglas ordinarias* , es el que ni es mayor de 1200. pies , ni menor de 400. y el que sin alterar , ni mudar la figura propuesta , es capaz de baluarte , que estè defendido de los flancos opuestos de modo , que su linea de defenfa fixante no sea mayor de 1000. pies , ni menor de 600. porque uno, y otro está reprobado en la Escuela Militar : lo primero , por ser so-

fobrado larga la defenſa; y lo ſegundo, por ſer tan corta, que ſemejante fortificacion, mas ſerìa fuerte de campaña, que plaza.

3 *Lado impropio, ò inepto para fortificarse*, es el que, ò es mayor de 1200. pies, ò menor de 400. y es preciso entrarſe, ò ſalirſe con los lados de la figura para poderle dar proporcion, y competente defenſa al baluarte que ſe huvieſe de formar.

4 *Angulo propio, y apto para fortificarse*, ſon todos los angulos mayores que el recto, y que los lados que le forman ſon mayores que 400. pies.

5 *Angulo impropio, ò inepto para fortificarse*, ſon todos los angulos agudos, como en otra parte dixi, por ſalir en ellos los angulos flanqueados menores de 60. grados, contra las maximas.

#### PROP. I. Problema.

*Fortificar un Poligono quando le falta poco para ſer regular.*

Quando à un poligono le falta poco para ſer regular, por ſer poca la deſigualdad de ſus lados, y angulos, ſe fortificarà por las miſmas reglas que ſe dieron en el libro antecedente para fortificar los poligonos regulares: advirtiendole, no ſer las cantidades allí ſeñaladas tan forzofas, que no le ſea licito al Ingeniero variarlas en algo, alargando, ò acortando los flancos, y ſemigolas, ò aumentando, ò diſminuyendo algunas otras lineas, con tal, que en lo que mudare obligado de la irregularidad, no falte à ninguna de las maximas generales; pues importa poco, ò nada que los angulos flanqueados de los baluartes ſean deſiguales, ò que ſea mayor la capacidad en unos que en otros; ò que en un miſmo baluarte ſean deſiguales las caras, y flancos, por no conducir en ſemejantes caſos la igualdad para la fortaleza, que es lo que ſe pretende. Uſarà pues el Ingeniero en dichos poligonos del methodo dado en el *cap. 3. lib. 2.* ò otro qualquiera, aunque de ello reſulte haver ſalido algunas caras,

362 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
ò semigolas mayores que otras, mientras no se contravenga  
à maxima ninguna de fortificacion.

PROP. II. Problema.

*Fortificar las lineas , ò lados que son impropios por demasiada  
longitud.*

EN excediendo el lado de un poligono de 1200. pies, se deve ya reputar por impropio; y en no pudiendo se acortar , es preciso buscar medio para fortificarle, para lo qual serviràn las reglas siguientes.

1 Si el lado, como por exemplo, DO, (fig. 45.) num. 1. llegare à tener, poco mas, ò menos, 1400. pies, tomense enteramente las golas de los baluartes en la dicha linea, cortando las OR, DQ, de 300. ò de 320. pies cada una; y sobre ellas se formarán los baluartes irregulares en la forma que despues diremos.

2 Si el lado llegare à 1500. pies, serà forzoso hacer en sus extremidades los baluartes ordinarios , tomando las medias golas sobre dicho lado, y formando en medio un baluarte plano en la forma siguiente.

Dividase el lado BC, (fig. 45.) num. 2. igualmente en D: levantese la perpendicular DI, igual à dos quintos de la CD, y serà la capital: hagante DG, DM iguales à la DI, y tirense las rasantes IG, IM: cortense GE, MF, que sean un sexto de la BD: de los puntos E, y F, tirense los flancos EH, FK, de suerte, que formen el angulo externo de 100. grad. y quedará delineado el baluarte plano con buena proporcion. Adviertase, que para que sobre una linea recta pueda caber el baluarte plano A, en la forma dicha, la BC no ha de ser mayor de 2400. pies, porque su defensa faldria demasiado larga, ni deve ser menor de 1200. pies, porque faldria sobrado corta.

PROP.

## PROP. III. Problema.

*Fortificar los lados que son impropios por sobrado cortos.*

**E**L lado que à lo menos no tuviere 400. pies, es impropio; pero se podrá fortalecer por las reglas siguientes, que son para diferentes casos.

1 Si la cortina, ò lado DE, ( *fig. 45.* ) num. 3. no tuviere mas de 600. pies, si de ella se quitassen las semigolas, quedaria muy corta; por lo qual se tomaràn DN, ES de las dos cortinas colaterales para golas de los baluartes, dandoles de 300. à 320. pies à cada una; luego se levantaràn los flancos EG, SK, &c. con angulo de 100. grad. con las cortinas, dandoles de 150. à 160. pies.

2 Si la cortina fuere tan corta, que no passare de 200. à 230. pies, como OP, num. 4. se tomarà toda ella por gola de un baluarte, que se formarà sobre ella por las reglas ordinarias.

3 Si la cortina fuere menor de 200. pies, de suerte, que no bastasse para gola de baluarte, como BC, EF, num. 5, se imaginaràn concurrir los lados colaterales en los puntos R, I; y luego se formaràn los baluartes regulares ZTS, KOL: pero en caso que el lado EP fuere tambien corto, y FQ largo, se hará el baluarte irregular EHG, retirando el flanco desde K hasta E, para que sea mas larga la cortina KP; y sacando el otro flanco desde L hasta G, para que quedé la cortina GQ mas corta, y salga todo mas proporcionado.

4 Si la cortina HY, num. 6. fuere de 330. à 400. pies, se tomarà por gola entera, formando un baluarte cortado à tenaza como A, el qual ha de tener el angulo entrante X recto, ò algo obtuso, y los flanqueados R, V, mayores que de 60. grados. Pero en passando el lado de 400. pies, hasta 600. pies, se formaràn los baluartes irregulares, como se hizo sobre ED en el num. 3.

PROP.



## PROP. IV. Problema.

*Fortificar los Angulos impropios.*

**T**odos los angulos agudos, como dixè, son ineptos para fortificarle; y así, caso que no se puedan evitar, se havrà de buscar algun modo con que se les pueda dar alguna fortaleza, como tambien à los angulos entrantes: los medios pueden ser los siguientes.

1 Quando importàre fortificar un angulo saliente agudo, se formará en él un baluarte à tenaza, como el que se ve en el angulo B de la *fig. 50.* el qual encierra dentro de sí al angulo agudo del poligono.

2 Sea B, (*fig. 46.*) el angulo entrante que se ha de fortificar. Examínense lo primero las distancias, ò defensas EB, DB. Quando éstas fueren menores que 900. pies, se harán unos flancos entrantes, ò retirados, en esta forma. Alarguense las cortinas AB, CB, hasta M, L; de fuerte, que sean las BL, BM de 40. à 50. pies: cortense en las cortinas las GB, FB, de 30. à 40. pies, y tirense las HG, IF à las puntas de los baluartes opuestos: juntense las LH, MI paralelas à las cortinas, y tirando la LM, quedaràn formados los flancos entrantes; y delante de ellos se podrá hacer un revellin S, para cubrirlos de la campaña.

3 Quando las defensas IA, LA, (*fig. 47.*) son mayores de 1000. pies, se hará una *plataforma*, la qual no es otra cosa que un fuerte à manera de baluarte con forma plana, que se fuele colocar en los angulos retirados: su construccion es la siguiente. Tomense las QA de 160. pies: y de los puntos A levantense los flancos AX, iguales à las semigolas, y que formen angulo recto con las cortinas: pero si el angulo entrante Q fuere muy agudo, se hará dicho angulo agudo, para que distando mas entre sí los puntos X, X, sea mas capaz la plataforma: y corriendo la XH, un tercio de los flancos, se harán alli los orejones, y quedarà descrita la plataforma: en la qual se ha de cuidar, que los flancos A, A, disten de los angulos

los flanqueados de los baluartes, ni mas de 900. pies, ni menos de 600. y que la frente XX estè descubierta, y defendida de los flancos I, L, opuestos, ò à lo menos de las frentes de los baluartes. Delante de la plataforma se podrá delinear el revellin F, apartado lo que bastàre para que no embarace las defensas.

Algunos tienen por mejor que la plataforma, hacer en frente del angulo entrante un baluarte destacado, ò separado de golas iguales, ù desiguales, segun fueren iguales, ù desiguales las cortinas que forman el angulo entrante; y el foso que queda entre este baluarte, y la cortina, sirve de retirada, para quando sea menester; y esto es lo que aora se estila.

## PROP. V. Problema.

*Fortificar los lugares irregulares de lados, y angulos propios, en donde no se puede mudar la figura.*

( fig. 48. )

**S**Ea la planta del lugar que se ha de fortificar ABEDC, cuyos lados sean AB de 500. pies, AC de 800. CD de 600. DE de 700. y EB de 900. que todos son propios; pues ni son mayores de 1200. ni menores de 400. El qual lugar se ha de fortificar por sus mismos lados, sin poderlos retirar à dentro, por no derribar casas, ò Iglesias; ni salirse à fuera, por los fosos, barrancos, rios, ò semejantes impedimentos.

*Operacion.* Delineada la figura, tirense por todos sus angulos las capitales indefinidas, dividiendo por medio à los sobredichos angulos. Despues se empezará por qualquier angulo de la figura, por exemplo, del angulo A, el qual es de 127. grad. que casi corresponde al angulo del eptagono *lib. 2. prop. 17.* en la tabla; y valiendome de las mismas medidas que alli se señalan para el eptagono, obraré de esta suerte.

El lado del eptagono, es, segun la tabla sobredicha, 758. pies; y porque el lado AC es 800. hago una regla de tres para sacar la semigola: como 758. con 160. que

es

366 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

es la femigola de la tabla , así 800. con 169. con poca diferencia : hago pues la femigola AH de 169. pies. Y porque el otro lado AB es de 500. pies , para sacar la femigola AO , harè otra regla de tres , diciendo ; como 758. con 160. así 500. con 106. con poca diferencia ; se harà pues la femigola AO de 106. pies. De este mismo modo determinarè el flanco HT , diciendo : como 758. con 193. cantidad del flanco què se le señala en las tablas al eptagono , así 800. con casi 204. pies , cantidad de flanco HT. Asimismo se sacará el flanco OV , como 758. con 193. así 500. con casi 128. pies , que se le daràn à OV.

Paffo aora à señalar las femigolas , y flancos del angulo C, el qual es de 90. grad. propio del quadrado : voy pues à la tabla sobredicha , y hallo , que el lado del quadrado es de 735. pies ; y siendo el lado CA de 800. pies , para hallar la femigola CR , hago esta regla de tres : como 735. lado del quadrado , à 160. femigola , así 800. à 174. que es la femigola CR. Y porque el otro lado CD , es de 600. pies , digo : como 735. con 160. así 600. con 130. hago pues la femigola CN de 130. pies. Determino aora los flancos , y primeramente RS , diciendo : como 735. con 114. flanco del quadrado en la tabla , así 800. con 124. que es el flanco RS. Asimismo , como 735. con 114. así 600. con 93. flanco NY. De este mismo modo se determinarán los demás flancos , y femigolas de la figura segun los angulos , y se haràn de 100. grad. los que forman los flancos con la cortina.

Hecho esto , se concluiràn los baluartes , tirando las lineas de las defensas radentes indefinidas , del angulo del flanco , y cortina , por la extremidad del flanco opuesto ; pero quando el poligono regular por quien se proporcionò el baluarte , admite fuego segundo , siendo la cortina de bastante magnitud , se cortará una porcion de ella para fuego segundo , y desde el punto que termina dicho fuego , se tirará la rasante por la extremidad del flanco : y en todo caso , donde se cortaren las lineas de las defensas , allí quedará formado el angulo flanqueado , y quedará delineado el baluarte.

Def-

Despues de esto concludido , aun quedará la obra con muchas imperfecciones ; y así se deve reconoter , y considerar atentamente , si falen algunas lineas , ò angulos contra las maximas generales , y se irán corrigiendo , lo que será mucho mas fácil despues de hecha la sobredicha descripción , aunque imperfecta , que si desde el principio se le quisiere dar toda su perfeccion. Sirva de exemplo : En el baluarte B&XL, se halla ser la cara &X, igual à la cortina ; y para remediar este defecto, se tomarà la mitad del lado BA, y se notará de & hasta Z, desde donde se tirará el flanco ZK, paralelo à XL ; y de este modo quedarán con mejor proporcion la cara , y la cortina.

## PROP. VI. Problema.

*Reducir , y fortificar regularmente los lugares irregalares de angulos , y lados propios , quando hay campo para retirarse , ò salirse con la figura. ( fig. 49. )*

Quando el poligono irregular que se ha de fortificar , se pudiere sin inconveniente reducir à regular saliendose àzia la campaña , ò entrandose dentro de la plaza , se procederà como se sigue. Sirva de exemplo la misma plaza ABEDC, la qual consta de cinco lados , y angulos propios , pero de diferente magnitud. Considerefe primero quantos angulos , y lados tiene , y à què figura regular puede corresponder , y hasta donde se puede entrar , y salir , para que salga proporcionada la defenfa.

Porque la sobredicha figura tiene cinco lados propios , sumense todos juntos , y se verá hacen 3500. pies , que divididos por cinco , sale el quoto 700. pies para cada lado : voyme à la tabla de la fortificacion regular , ( *prop. 17. lib. 2.* ) y hallo , que al pentagono le toca el lado de 727. pies , conque por ser poca la diferencia , harè los lados de 727. pies , con lo qual saldrà mas à la campaña , y será mas proporcionada la defenfa. Haviendose pues examinado , que la figura regular que se ha de hacer,

cer, es el pentagono, y que el lado ha de ser de 727. pies, se empezará del angulo que mas se aproximare al del pentagono, que es el angulo B; el lado BA se prolongará hasta 727. pies en F; y sobre este lado BF, se describirá el pentagono regular BFGIH, (*prop. 1. lib. 2.*) y se fortificará segun el methodo que mejor pareciere.

## PROP. VII. Problema.

*Fortificar los lugares irregulares de lados impropios, quando no se puede variar la figura. (fig. 50.)*

Sea la figura X, la que se ha de fortificar, sin mudar cosa alguna; en la qual el angulo ABC, y los lados DC, EF, FG, GH, sean impropios. *Operacion.* Porque la linea AB es de 2085. pies, es capaz de un baluarte plano, (2.) y así se describirá en medio de ella el baluarte M: y porque el angulo B es de 58. grad. se delinearà en èl (4.) un baluarte à tenaza, ò otra obra muerta: y despues consecutivamente se iràn haciendo baluartes por la *prop. 5.* cuidando siempre que las defensas no sean mayores de 1000. pies, ni menores de 600. que las frentes no sean mayores que la cortina, y que los angulos flanqueados no sean menores de 60. grad. ni los flancos menores de 100. pies.

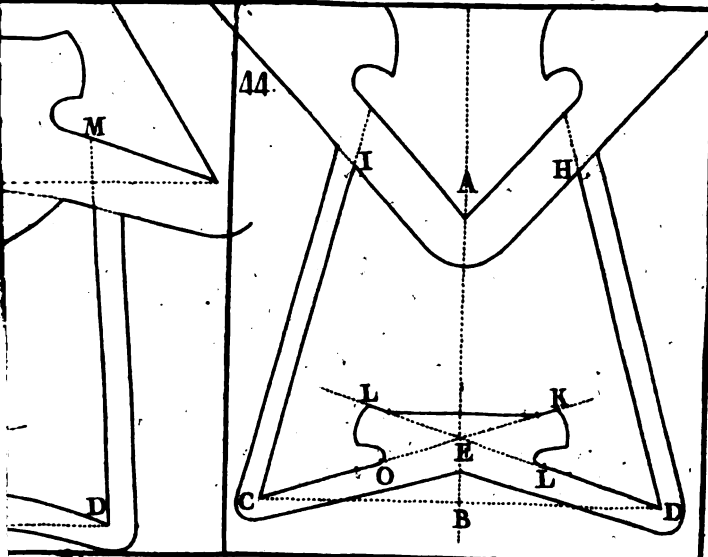
## PROP. VIII. Problema.

*Fortificar los lugares irregulares de lados impropios, quando hay terreno para salirse, ò entrarse. (fig. 49.)*

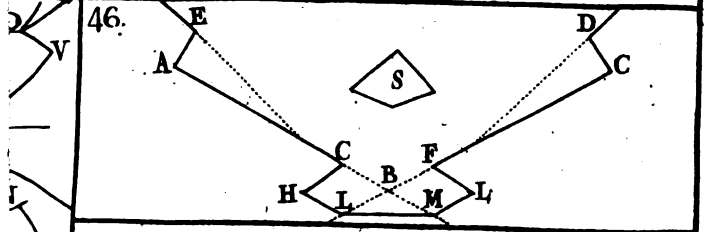
Qualquiera plaza irregular, por impropios que tenga los lados, y angulos, se puede fortificar, de suerte, que se aproxime à lo regular, si se permite el salir, ò entrar con la figura. La operacion será como en el exemplo siguiente, en que se fortifica la misma figura X, irregular, cuyos lados DC, EF, FG, GH, y el angulo ABC son impropios.

Haviendo tomado con diligencia la planta de dicho lugar irregular; y haviendo notado quantos lados tiene,  
y

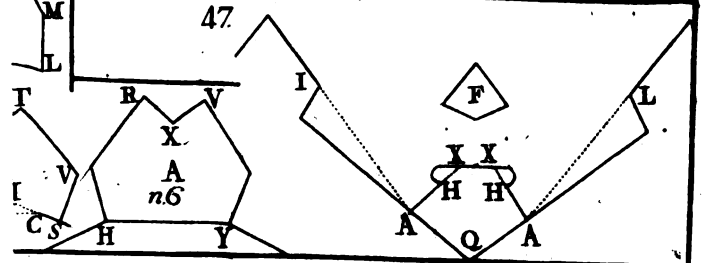
44.



46.



47.



H. Riccarto fuly.



y de què magnitud , se examinarà lo primero quantos baluartes caben en su perimetro , lo que se consigue sumando todos los lados juntos , que en el exemplo propuesto hacen 6410. pies ; y partidos los mas por 900. pies , que es la longitud de la defenfa , saldrà por quociente el 7. y tantos baluartes caben en la figura propuesta , que se describiràn del modo siguiente.

Empiecefe la operacion por el angulo mas propio, que es DEF , el qual tiene 110. grados , que corresponden al pentagono , y asì se harà el baluarte E propio del pentagono ; y recurriendo à la Tabla de la *propof. 17. lib. 2.* se halla , que el lado del pentagono es de 727. pies : prolonguese pues el lado EF hasta I , de modo , que toda la EI sea de 727. pies : descrivase el baluarte S , como se explicò en la *prop. 5.* segun la parte que mira àzia E. Despues, del punto I, por el angulo A , tirese el lado IK, que sea igual con EI: descrivase del modo dicho la otra parte del baluarte S, observando , que las defensas SR, SV , sean con poca diferencia de 800. à 900. pies, abriendo , ò cerrando las caras, y cuidando que los flancos , y angulos flanqueados no salgan contra las Maximas.

El lado ED , por ser sobrado largo para describir un solo baluarte angular , y sobrado corto para admitir en medio un baluarte plano , se alargará hasta Z , de fuerte , que toda EZ sea de 1200. pies por lo menos , y con esto ( 2. ) se podrá hacer el baluarte plano D: hagase pues el angulo EZM igual al angulo ZEI , y el lado ZM igual à EI , y el baluarte Z igual al baluarte E : hagase tambien el angulo ZMN igual al angulo EIK , y el lado MN igual al lado IK, y el baluarte B al baluarte S.

Ultimamente , cierrese la figura con el lado NK, advirtiendole , que no paffe de 1000. pies , abriendo , ò cerrando los angulos ZMN , y EIK , los quales se reconoceràn , averiguando su valor; y haviendose hallado, por exemplo , de 143. grados , que corresponden al decagono en la Tabla , se haràn alli los baluartes que requiere esta figura , segun el modo explicado en la *propof. 5.* Por remate se harà la revista , examinando si las defensas , angulos , flancos , frentes , y cortinas son proporcionadas ; y si fuere



370 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
mnefter se iràn mejorando de modo , que se acerquen à lo regular lo mas que fuere possible.

## CAPITULO II.

### DE LA FORTIFICACION DE OTROS LUGARES *irregulares.*

**H**Ay otros lugares irregulares , cuya fortificacion ha de ir dirigida por otras reglas especiales, como son las Plazas maritimas , ò que estàn cerca de algun rio, pantano, &c. las mandadas , ò dominadas de alguna eminencia, y las que estàn sobre rocas, y montañas: éstas se fortaleceràn, segun se explica en las proposiciones siguientes.

#### PROP. IX. Problema.

*Fortificar los lugares que estàn en riberas de rio.*  
(fig. 52.)

**S**I el rio passa por un lado de la plaza , la muralla que cae àzia el rio se fortificarà de esta suerte. Sea AB (fig. 52.) la muralla del rio , que conviene sea recta : haganse en sus extremidades los dos medios baluartes C, y D, en los cuales se puede levantar un cavallero para descubrir mejor las avenidas ; y en la cortina AB se haràn los dientes de sierra E, F, &c. disponiendo sus flancos siempre contra la corriente, porque siempre hay mas peligro que baxe por ella el enemigo, que no que suba contra ella : à las entradas , ò flancos TH se les daràn 50. pies: delante de la puente se harà , ò un revellin , ò un hornabeque, segun mejor pareciere.

A la parte superior del río conviene hacer alguna empalizada , asì para impedir los barcos que pueden baxar con gente, como para detener los que se suelen arrojar con fuego para quemar la puente si es de tablas.

2 Si el rio passare por dentro de la Villa , se harà à la entrada , y à la salida alguna fortificacion ajustada al terreno.

3 Si el rio passare fuera del tiro del mosquete de la Plaza, serà menester hacer alguna obra exterior, que llegue hasta el rio, y se cierre con la Plaza; y si estuviere fuera del tiro del cañon, convendrá fabricarle algun fuerte, que se comunique con la Plaza.

## PROP. X. Problema.

*Fortificar las Plazas maritimas.*

**L**as Plazas maritimas se fortifican por la parte de tierra, del modo explicado en las proposiciones antecedentes. Por la parte del mar les basta un corredor con su parapeto, y à trechos algunas plataformas donde poner baterias de artilleria, para contrabatar las de los navios, y galeas. Si la Plaza tuviere puerto, se escogerà cerca de su entrada el parage que mas se abanzare àzia el mar, y en èl se fabricarà algun castillo, ò ciudadela, ò otro fuerte que se juzgare mas conveniente.

Para defenderse de las bombas, se eligen tambien los cabos mas abanzados al mar, y en ellos se hacen algunas esplanadas, que tengan comunicacion con las fortificaciones de la Plaza, procurando hacerlas lo mas baxo que sea posible, para que sus baterias horizontales sean mas eficaces para ofender al enemigo, y detener lexos sus palandras.

En las plazas maritimas donde huviere playa, y comodidad de varar las barcas, para defender los desembarcos, se haràn unas trincheras enterradas de faxina con buenas estacadas, y à trechos se haràn algunos reductos con sus plataformas, ò otros fuertes campales, en donde se pondrà artilleria de todo genero, para tener lexos las embarcaciones del enemigo.

## PROP. XI. Problema.

*Fortificar los lugares circuidos de lagunas, ò que tienen caminos baxos en sus cercanias.*

Quando en los contornos de la Plaza huviere algun pantano, ò laguna, se fortificaràn sus avenidas con baluartes destacados, ò con algunos fuertes de campaña, que esten dentro del alcance del mosquete: alsimifmo se fortificaràn los parages por donde les pudiere secar el enemigo.

Quando huviere caminos, ò terrenos profundos, que no pudieren ser descubiertos de la Plaza, y donde pudiere el enemigo aloxarse à su salvo, y seguir con brevedad las trincheras de ataque, se deve procurar allanarles del todo; y si no se pudiere, se espaltaràn sus ribazos; y donde se descubriere mas la baxa, ò se cruzare el camino, se hará algun baluarte destacado, ò otro fuerte, pero cuidando que este siempre dentro del alcance del mosquete; su gola se cerrará con muralla sencilla, y estacadas dobles, para assegurarle de sorpresa, dandole la altura que fuere menester para descubrir las profundidades, dandole comunicacion con la estrada encubierta de la Plaza. Con esto se verá obligado el enemigo à empezar mas lexos sus ataques, y galtar mas tiempo.

## PROP. XII. Problema.

*Fortificar los lugares mandados de alguna eminencia.*

SI la Plaza solamente estuviere mandada, ò dominada por alguna parte, se remediara con solo levantar mas las obras de la Plaza, que miran àzia la eminencia que las señorea, haciendo dos, ò tres banquetas, porque con esto quedaràn los flancos cubiertos, y se le dificulta el cubrirle al enemigo.

Si la eminencia estuviere distante de la Plaza, con poca diferencia, al tiro de la artilleria, y por todas partes descubriere la Plaza, se fabricará sobre ella algun fuerte, que

que de ordinario suele ser el cuadrado, con su comunicacion enterrada con la Plaza, para que el enemigo no se pueda alojar entre ésta, y la eminencia, y se vea obligado à atacar primero el sobredicho fuerte, con perdida de tiempo, y gente. Ultimamente, si para fortificar dicha eminencia se necesitasse de grandes expensas, ò si son muchos los lugares que dominan la Villa, se reputará por incapáz de fortificarle.

## PROP. XIII. Problema.

*Fortificar los lugares fundados sobre rocas, ò montañas.*

Quando importare fortificar los parages que están sobre montes, se delinearán las cortinas, y baluartes flanqueados, siguiendo la irregularidad de las peñas, profundando los fosos lo que permitiere el poco terreno que huviere: procurando siempre se descubran de la Plaza todos los valles, y profundidades de los contornos, levantando donde fuere menester cavalleros, ò haciendo baluartes dobles, que son unos baluartes metidos dentro de otros, como B, (fig. 53.) que siendo, como deven ser, los de mas adentro mas elevados, hacen como dos, ò tres altos, para que el enemigo, ganado el primero, tenga que conquistar el segundo. La estrada encubierta se describirá siguiendo las irregularidades, que hacen las peñas, delineando dientes, plazas de armas, y otras obras, que se defiendan unas à otras, y no las pueda enfilear el enemigo, ocupando las avenidas, y subidas, levantando recintos, y parapetos, uno sobre otro para descubrir el pie de la montaña, y llanura. Sobre todo se deve cuidar no dexar tierra al enemigo en todos los contornos de la Plaza, procurandola entrar dentro, porque en semejantes lugares suele haver gran falta de ella, y es de lo que mas se necesita.



# LIBRO IV.

## DE LA FORTIFICACION EFECTIVA sobre el terreno.

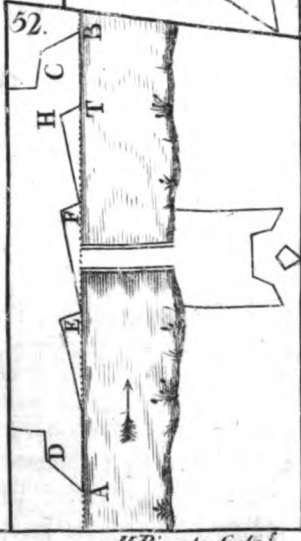
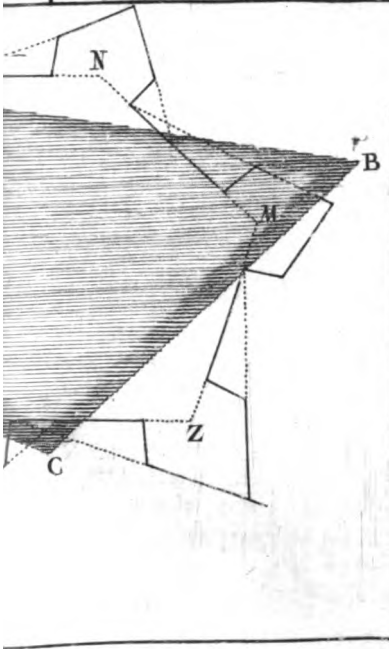
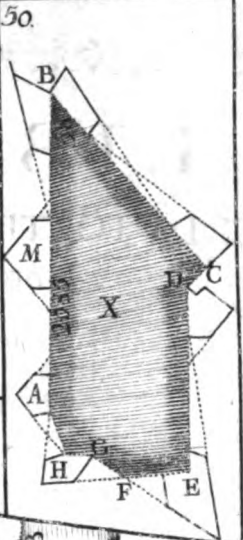
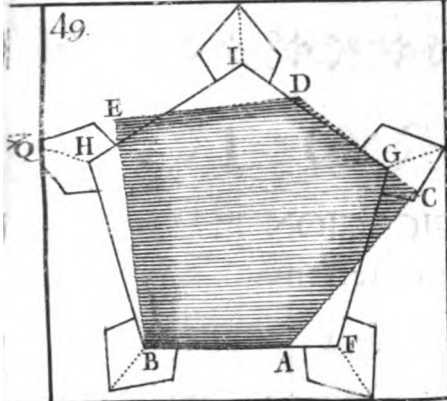
**E**N los libros antecedentes se ha explicado el modo de escribir las plantas, y perfiles de las fortificaciones, así regulares, como irregulares, sobre el papel; en éste se explicará el modo de diseñarlas, y disponerlas en la campaña sobre el terreno, juntamente con todo lo que conduce para la buena direccion de su fabrica, negocio que tambien le incumbe al Ingeniero.

### CAPITULO I.

#### DE ALGUNAS OPERACIONES GEOMETRICAS SOBRE el terreno.

**E**N el tratado 3. que es de la *Geometria Practica*, singularmente en los libros 9. 10. y 11. expliqué diferentes practicas geometricas, así para practicarlas sobre el papel, como para executarlas sobre el terreno; aora solamente añadiré otras, que por ser propias para la campaña, no serán ajenas de este lugar; pero à mas de ellas deve el Ingeniero estar instruido, así en la *Geometria*, y *Arithmetica Practica*, como en la *Trigonometria*, para que pueda dar razon científica de sus operaciones.

.OP.



H. Ricarte fculp.<sup>2</sup>



## PROP. I. Problema.

*Medir la latitud de un Rio, ò otra distancia horizontal con sola la Esquadra. (fig. 54.)*

**P**ídefe la amplitud AB de un rio. *Operacion.* Escojase un punto B, y formese alli con la esquadra el angulo recto B, mirando por una de sus varas el arbol, ò señal A, y con el otro otra señal C: alarguese la recta BC à discrecion; y en el punto C, hagase otro angulo recto C, tirando la CE larga à discrecion. Del punto E dirijase una linea al punto A, que cortará à la BC en D: y (4. 6.) será CD à CE, como DB à BA; con que por una regla de tres se fará lo ancho BA del rio: como si por exemplo la DC es 15. y la CE 10. y la DB 18. se dirá: Si 15. dan 10. luego 18. darán 12. latitud del rio.

## PROP. II. Problema.

*Hallar la misma latitud del Rio con dos palos solamente. (fig. 54.)*

**L**A latitud GI del rio se puede hallar con solos dos palos fixados en tierra perpendicularmente, por qualquiera de los dos modos siguientes.

*Modo 1.* Escojanse dos palos rectos, el uno doblado del otro: fíxese el menor en G, perpendicular al plano horizontal, y vayase llevando el otro con la mano quan perpendicularmente se pueda, hasta que por las extremidades F, y H se verá la orilla I del rio: hecho esto, la distancia EG que hay entre los dos palos, será igual à la latitud GI del rio. Consta de la *propof. 4. lib. 6. Eucl.*

*Modo 2.* Tomense los dos palos KL, MN, desiguales de qualquiera manera: fíxense entrambos à plomo, de tal suerte, que por las extremidades L, y M se vea la orilla O del rio. Hecho esto, restese el palo menor del mayor, y midase la distancia KM del un palo al otro, y se formará una regla de tres, como en el exemplo siguiente:

te:



376 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
 te : Sea KL 14. NM 10. su diferencia es 4. y la distancia  
 KM, ò PN 14. Digo pues : Si LP 4. dan PN 14. luego NM  
 10. daràn la latitud MO 35. Consta la proporcionalidad  
 de los triangulos LPN, NMO, de la 4. lib. 6. de Eucl.

PROP. III. Problema.

*Medir la altura de una Torre, ò otro objeto con dos Piquetes.*  
 (fig. 55.)

**O**peracion. Plantense perpendicularmente los dos pi-  
 quetes AF, BC de fuerte, que por sus extremidades  
 F, C se vea la extremidad E de la torre : restese el pique-  
 te menor del mayor, y se fabrà su diferencia CG : midase  
 la distancia AB, y la AD, conque se harà una regla de  
 tres, como en este exemplo : Sea AF 10. y BC 15. y su di-  
 ferencia sea 5. sea AB 6. y AD 36. Digo pues : Si FG 6.  
 dà GC 5. luego FH 36. darà HE 30. y anadida la altura  
 del piquete AF, ò la DH su igual, que es 10. serà la al-  
 tura DE de la torre 40. Consta de la *propof. 2. lib. 6.* de  
 Eucl.

Si entre el punto A, y el punto D, ò pie de la torre,  
 mediare algun rio, foso, ò otro impedimento que emba-  
 razare el tomar su medida con cordel, se fabrà por el mo-  
 do de la propoficion antecedente, con solo mudar de lu-  
 gar los mismos piquetes ; esto es, el piquete BC se pon-  
 drà en A, y el AF en B, mas, ò menos distante, hasta  
 que por sus extremidades se vea el pie de la torre D.

PROP. IV. Problema.

*Medir la misma altura por la sombra de un Piquete.*

**P**uesto el piquete perpendicular al horizonte, se observa-  
 rà què razon tiene su sombra con su altura ; y la misma  
 tendrà la sombra de la torre con su altura, y por consiguien-  
 te se fabrà por regla de tres ; pero es menester se haga con  
 prontitud la observacion de las sombras, por lo que se va-  
 rian con el movimiento del Sol.

PROP.

## PROP. V. Problema.

*Tirar en la campaña una linea paralela à un Rio , ò muralla.*  
(fig. 56.)

**O**peracion. Disponganse en linea recta los tres piquetes ACD, y asimismo los tres BCE, de suerte, que sean iguales las lineas AC, CD, y las BC, CE: tirese la linea ED, y será paralela à la AB. La razon es, porque los triangulos ACB, ECD tienen por construccion sus lados iguales, como tambien ( 15. 1. Eucl. ) los angulos en C: luego ( 4. 1. Eucl. ) los angulos alternos A, y D, son iguales, y ( 28. 1. Eucl. ) las AB, ED son paralelas.

## PROP. VI. Problema.

*Conocer la distancia entre dos objetos inaccesibles , con cinco Piquetes. (fig. 57.)*

**P**ídefe la distancia FE inaccesible, por haver un rio, ò fosó de por medio. *Operacion.* Disponganse cinco piquetes en esta forma: Los tres D, O, C, formen una linea recta de suerte, que se cubran unos à otros. Fíxese aora un piquete B de suerte, que juntamente cubra al piquete D, y al punto F; y al piquete O, y al punto E. Asimismo fíxese el piquete A, que cubriendo al piquete C, y al punto E, cubra al piquete O, y al punto F. Midanse las distancias que hay entre estos cinco piquetes con quanta precision se pueda: hagase un pitipie, y con éste se formará en un papel la figura DOCAB: continúense las rectas BD, AC à discrecion, y asimismo las AO, BO, hasta que corten à las AC, BD, continuadas en E, y F; y tirando la FE, vease quantas partes le tocan del pitipie, y de tantos pies será la distancia EF, que hay en la campaña entre el punto E, y F.

PROP.

## PROP. VII. Problema.

*Conducir una linea por dentro de un bosque , ò otro lugar inaccesible , por el qual no se puede tirar directamente un cordel del un cabo al otro. (fig. 58.)*

**I**Mporta conducir sobre el terreno una linea recta del punto E al punto D, entre los quales puntos hay un bosque que impide el tirar del uno al otro un cordel para su recta conduccion: pidefe el modo de conducir rectamente dicha linea. *Operacion.* Tirese fuera del bosque la linea CA à discrecion: y de los puntos D, y E tirense las DC, EB perpendiculares à la CA, ò que hagan los angulos DCP, EBC iguales: cortese la BA igual, por exemplo, à un tercio de la CB, y en el punto A hagase el angulo FAB, igual al angulo EBC; y de las lineas AF, BE cortense las AM, BI iguales à la CD; y la linea MF hagase tan larga, que incluya à la IE una vez, y un tercio mas de la misma IE, por quanto se le diò à la CA la linea CB, y un tercio de la CB: tirese la linea FE, y èsta irà dirigida al punto D. La razon es, porque si se tiran las DM, EG paralelas à la CA, los triangulos FGE, FMD tienen en virtud de la construccion los lados proporcionales: luego (5. 6. Eucl.) son equiangulos: luego las lineas que forman el angulo F, se ajustan una sobre otra; y por consiguiente las FE, ED son una linea recta.

## PROP. VIII. Problema.

*Hacer la descripcion de un plano, ò terreno. (fig. 59.)*

**P**idefe que se haga en un papel una puntual descripcion del plano, ò terreno de la fig. 59. Esto se puede hacer de diferentes maneras; pero una de las mas seguras es la siguiente. Prevengase un cordel, ò vara larga, dividida en un determinado numero de pies; prevengante tambien unos doce, ò quince piquetes largos de quatro à cinco pies: con esta prevencion se saldrà à la campaña, y se obrarà como se figue.

*Ope-*

*Operacion.* Dividase todo el plano que se ha de describir, en triangulos, lo qual se executarà con gran facilidad, y certeza con los piquetes, colocando tres à lo menos en cada linea, esto es, uno en cada angulo, y otro en medio, de suerte, que qualquiera de los extremos encubra à los otros dos, como se ve en la figura. Hecho esto, se mediràn todas las lineas, y lados, con la vara, ò cordel sobredichos; y formando en un papel un imperfecto diseno del terreno, y de todas las lineas, se escribirà sobre cada una el numero de pies que le pertenecia, y se havrà concluido la operacion en la campaña. Despues harà el Ingeniero en su gabinete la delineacion en un papel, formando su pitipie proporcionado, y describiendo todos los triangulos con la medida propia de sus lineas, tomada del pitipie, y concluirà con felicidad su descripcion.

## PROP. IX. Problema.

*Hacer la delineacion de un terreno ocupado de arboles, ò edificios. (fig. 60.)*

Quando el plano, ò terreno està ocupado con espesura de arboles, ò con edificios, no se puede executar la operacion antecedente, y asi serà menester usar del modo que se sigue.

*Operacion.* Midanse primeramente todos los lados con la vara, ò cordel dividido en pies, y notense sus medidas en un papel, donde rudamente se tenga hecha una figura del terreno: luego se tomaràn las medidas para la formacion de los angulos en esta forma: Cuentense desde el angulo  $z$ . ò  $30$ . pies en cada lado, como se ve en el angulo  $F$ , hasta  $M$ , y  $N$ ; y en el angulo  $E$ , hasta  $O$ , y  $P$ ; y midanse las basas  $MN$ , y  $OP$ ; y notense sus medidas en la figura del papel: y haviendo hecho lo mismo en todos los angulos, tendrà el Artifice quanto necesita para hacer la delineacion. Si sucediesse no poderse tomar las medidas  $MN$ ,  $OP$ , por estar muy ocupado aquel lugar, se harà la operacion misma por fuera, como se ve en el angulo  $D$ , estendiendo los lados hasta  $R$ , y  $Q$  de  $20$ .

à

380 TRAT.XVI. DE LA ARCHITECT.MILITAR:  
à 30. pies, y midiendo la RQ. Otros modos hay de tomar  
los angulos, como se puede ver en mi *Geom. Pract. lib. 9.*  
desde la *prop. 4.* pero esto es fácil, y seguro.

PROP. X. Problema.

*Delinear en un papel qualquiera Plaza ya fortificada.*

**D**E lo dicho en las proposiciones passadas, se colige el modo de formar en un papel la planta, y perfil de una plaza fortificada, cosa sumamente importante, para que con seguridad se emprenda su sitio. La descripción se hará, tomando el valor de todos sus angulos, ò por la practica arriba dicha, ò por otra qualquiera: luego se mediràn todas sus cortinas, flancos, caras, &c. no solo en quanto à la longitud, si tambien en quanto à su altitud, y crassicie: todo lo qual se notará en un borrador. Con esto se hará la descripción de la plaza en un papel, valiendose de un pitipie proporcionado, como en otras practicas se ha dicho.

PROP. XI. Problema.

*Hacer una puntual delineacion de un Rio, ò Barranco. (fig. 61.)*

**P**ídesse la exacta delineacion de el Rio SRDC, &c.  
*Operacion.* Tirese en alguna distancia del rio con tres piquetes la recta FR; y asimismo la DO perpendicular à la RF; y la OK perpendicular à la DO. Despues, de cada punto principal de la curvatura DA, tirense perpendiculares à la RF; y de la curvatura DR, tirense tambien perpendiculares à la DO: y asimismo, de la SR, à la KO. Midanse todas estas perpendiculares, y sus distancias, y notense sus medidas en un borrador. Hecho esto en la campaña, se formará un pitipie, y se tirarán primero las rectas KO, DO, y RF, perpendiculares entre si, como las que se tiraron en la campaña, dandoles la medida que les tocàre, segun el borrador: notense juntamente en estas lineas las distancias de las perpendiculares:  
res:

res: y de estos puntos levantenfe las perpendiculares, dandoles à cada una la magnitud que le pertenece. Vayase por sus extremidades guiando una linea curva, y èsta serà puntualmente la que forma la orilla del rio: es cosa facil, y no necesita de mas explicacion.

## PROP. XII. Problema.

*Delinear la ignographia de un Territorio, ò Pais, con los Lugares, Rios, Puentes, Caminos, &c. (fig. 62.)*

**E**S menester muchas veces tener conocida la disposicion de todo un territorio, ò pais, para poder determinar què pueustos, ò lugares necesitan de fortificarse: què parages son à proposito para conducir, y acampar un Exército: què pueustos son los mas ventajosos, y menos ventajosos, para resolver con acierto lo mas conveniente. Todo lo qual se assegura con tener hecha una puntual delineacion de dicho pais: el modo de hacerla es el siguiente.

*Operacion.* Busquense dos lugares, de donde se puedan ver, y descubrir todos los demàs; y sean por exemplo A, y B: midase la disttancia AB, que suponemos aora ser 500. passos: ajústese sobre una tabla, puesta horizontalmente, un pliego de papel XZ; y notese el punto A, de donde con una regla se tirará la linea visual AB del un lugar al otro de los escogidos; y se notará en el papel la linea AB: asimismo desde A se tirarán las visuales à todos los lugares, y pueustos notables, y serán AC, AD, AE, las quales se notarán sobre el papel. Transportese la misma tabla, y papel XZ del lugar A, al lugar B; de suerte, que el punto B del papel cayga sobre el lugar B, y la linea AB del papel sobre la misma visual BA. Desde el punto B, tirense las visuales à los mismos lugares, y serán BC, BD, BE, que se notarán en el papel: y en donde se cortàren, con las lineas que se tiraron desde el lugar A, serà el parage verdadero, donde se ha de notar cada lugar: y dividiendo la linea AB del papel en 500. partes,

tes, por ser tantos los passos que hay del lugar A al lugar B, servirà de pitipie, de fuerte, que tomando con el compàs las distancias de un lugar descrito en el papel, à otro, y passandolas à la escala AB, daràn la distancia verdadera que hay de un lugar à otro. Fundase esta practica en la *prop. 5. del lib. 6. de Euclides.*

Los rios, puentes, caminos, pantanos, &c. que huviere, se describiràn facilmente despues de puestos en su devido sitio los lugares. Si el pais fuere de amigos, se iràn dibuxando, contando primero las distancias que hay de los lugares al rio, pantano, &c. y trasladandolas en el papel por el pitipie. Si el pais fuere de enemigos, serà menester valerse de gente practica en el territorio, y segun sus relaciones, se iràn colocando las cosas sobredichas en sus lugares, y distancias.

### PROP. XIII. Problema.

*Hacer el calculo Stereometrico de una Fortificacion.*

**A**Ntes de emprender la obra de una fortaleza, deve tantee el Ingeniero lo que poco mas, ò menos podrá coltar, supuesto el precio de una pertica, vara, ò otra medida cubica, segun el estilo del pais: averiguando juntamente el tiempo en que se podrá dar acabada, y quanta gente serà menester para trabajar en ella: quanta tierra para los terraplenes, parapetos, &c. quanta se sacará de los fosos; cotejando, si la que se sacare de la excavacion de ellos serà bastante para llenar las elevaciones de las obras; porque si no lo fuere, serà menester traerla de otra parte con mas expensas: todo esto se averigua, haciendo el computo Stereometrico, que consiste en medir la solidèz de todas las obras que componen la fortaleza: lo qual se consigue, valiendose de las reglas dadas en la Geometria Practica *lib. 11.*

Si la fortificacion fuere regular, bastará medir la solidèz de la mitad de una cortina, y de un baluarte, y multiplicarla por el duplo del numero de los lados: porque como todos sean iguales, este ultimo producto serà la so-

solidez de toda la fortificacion ; pero si fuere irregular , terá preciso sacar la solidez de cada cortina , y baluarte , por ser diferentes, y juntar despues todos los productos en una suma , lo que solo añade mas trabajo , por servir para entrambos casos unas mismas reglas : bastará pues proponer para exemplo una media cortina con su medio baluarte , cuyo calculo Stereometrico se executará dividiendo su solidez en paralelepipedos , prismas triangulares , y piramides , que son los solidos que la componen, y midiendo cada uno de por si: para lo qual se tendrá hecha la planta , y perfil de la media cortina , y medio baluarte. Vea se la *fig. 63.* que representa la planta ; y la *fig. 64.* que representa en lugar del perfil , toda la sobredicha obra en perspectiva , para dar mejor à conocer los solidos en que se divide , cuya dimension es como se figue.

1 Para sacar la solidez de la media cortina , se tirarán en la *fig. 64.* las perpendiculares AB, CD, HE, GS, y quedará formado un paralelepipedo BG , que es la cortina sin las escarpas , que se medirá multiplicando primeramente AC 60.pies por AH 204.pies, y el producto 12240. serán los pies cuadrados del paralelogramo CH, (*fig.64.*) ù del paralelogramo DH, (*fig.63.*) y multiplicando èste por la altura AB 15. será el producto 183600. pies cubicos, solidez de la media cortina sin las escarpas.

2 Para medir la solidez del medio baluarte , se tirarán del punto K las lineas KG, KQ; y quedará su plano superior dividido en tres triangulos KHG, KGQ, KQT, à quienes corresponden en el suelo otros tres iguales semejantes, y paralelos , que con los sobredichos hacen tres prismas triangulares , cuya altura es igual à la AB 15. pies : midase pues el triangulo KHG , tirando del punto H una perpendicular sobre la KG, y multiplicando la KG, que supongo sea 170. pies, por la mitad de dicha perpendicular, que supongo sea dicha mitad 20. pies , y será el producto 3400. que se guardará à parte. Midase de la misma suerte el triangulo KGQ, cuyo producto sea por exemplo 3800. Midase tambien el triangulo KQT, y sea 8000. la suma de los tres 15200. será el plano supe-



384 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

terior del baluarte, que multiplicado por la altura  $AB$  15. el producto 228000. será la solidez del baluarte terraplenado sin las escarpas.

3 Falta aora medir las escarpas, así interiores, como exteriores de la media cortina, y medio baluarte, que son irregulares, por causa del angulo entrante  $G$ ; y del angulo de la espalda  $Q$ , y medio flanqueado  $T$ : y así es menester, que para medirle, se reduzgan à regulares, lo que se hace en esta forma. Tirese la  $LO$  perpendicular à la  $DS$ , y se tendrá una prisma triangular, cuya basa es el triangulo  $CDZ$ , y su altura  $ZL$ : midase el triangulo  $CDZ$ , que por ser rectangulo en  $D$ , se medirá multiplicando la  $DZ$  5. por  $DC$  15. y tomando la mitad del producto, que será 37. y medio: multiplicando esto por la  $ZL$ , que es 199. el producto 7462. y medio será la solidez de dicho prisma: de la misma fuerte se tirarán las perpendiculares de los puntos  $L, N, I, X$ , y será el prisma  $LQ$  6562. y medio; y el prisma  $QV$  será 12225. que sumados los tres hacen el solido de las escarpas exteriores, sin lo tocante à los angulos 26250. De la misma fuerte se hará la solidez de la escarpa interior, que será segun lo supuesto en el exemplo con poca diferencia 39825.

4 Aora se hará la solidez de la escarpa exterior en los angulos; y primeramente en el angulo flanqueante  $L$ , con las perpendiculares  $LO, LM$ , y las demás lineas tiradas con puntos, quedan formadas dos piramides iguales, cuyas cuspides están en  $L$ ; y sus basas son los paralelogramos iguales  $OG, GM$ . Multipliquese pues la  $OS$  5. por la  $OE$  15. y el producto 75. por el tercio de la altura  $LO$ , que es 1. y dos tercios; y el producto 125. será la piramide sobredicha, que duplicada, por haver dos, es 250. En el angulo  $P$  de la espalda se forman tambien dos piramides iguales de basa triangular, cuyas cuspides están en  $Q$ , que se medirán multiplicando sus basas triangulares, que juntas serán 20. con poca diferencia, por 5. tercio de la altura; y el producto 100. será la solidez de entrambas. En el medio

an-

angulo flanqueado Y, hay otra piramide, cuya basa es el triangulo rectangulo VXY, y su altura VT 15. conque multiplicando la area de dicho triangulo, que serà con poca diferencia 15. por 5. tercio de la altura, serà la solidèz de dicha piramide 75. y sumando las tres partidas, serà la solidèz de la escarpa exterior en los angulos 450. pies.

5 Falta aora medir la solidèz del parapeto, y banquetas, que se conseguirà con el mismo estilo antecedente. Supongamos haya una banqueta ancha 3. pies, y alta pie y medio: multipliquense entre si estos numeros, y el producto 4. y medio serà la seccion, ò plano vertical de la banqueta, que multiplicado por 204. que es la media cortina, serà su solidèz 918. pies cubicos. El parapeto tiene de alto interior sobre el plano del baluarte 6. pies y medio; y su alto exterior sobre el mismo plano es 3. pies y medio: tomese la altura media entre las dos, que es 5. pies: multipliquese èsta por la espesura del parapeto, que es 18. pies; y el producto 90. multipliquese por la media cortina 204. y el producto 18360. serà la solidèz del parapeto de dicha media cortina.

6 Para sacar la solidèz del parapeto del baluarte; se guardaràn en quanto à los angulos las mismas caute- las, que se guardaron en la dimension de la cortina, y baluarte, multiplicando dicho numero 90. por las dimensiones que dieren las perpendiculares, que omito por no repetir lo dicho; y se hallarà ser la solidèz del parapeto que ciñe el flanco, y cara 45450. y quedarà concluido el calculo de la solidèz del parapeto en la media cortina, y baluarte, que todo junto es 63810. Y luponiendo ser la fortificacion exagona, se multiplicarà la suma de todas las dimensiones halladas 542853. pies cubicos, por 12. duplo de los lados, y serà la solidèz de toda la fortificacion 6514236. pies cubicos: de aqui se havrà de quitar algo, por los vacios de las ambraduras, y puertas, como se podrá computar facilmente.

7 Ultimamente, se calcularà la excavacion del fosos; y por ser su figura tan irregular, se dividirà en prismas

triangulares, tirando desde el punto A de la contraescarpa las líneas AL, AP, AY, (fig. 63.) cuya solidéz se medirá como se dixo en la dimensión del baluarte: y hecho esto, se medirá la escarpa, y contraescarpa como las del baluarte, solo que allí se sumaron con su solidéz, por pertenecer à ella, y en el foso se han de restar, por disminuir su excavacion. El parapeto de la estrada encubierta se calculará como el del baluarte, y cortina.

## CAPITULO II.

### DISPONER LA FORTIFICACION SOBRE EL Terreno.

#### PROP. XIV. Problema.

*Prevenir todo lo necessario para la descripcion.*

1 **S**E ha de tener hecha la planta de la fortificacion en un papel con su pitipie, el qual se forma antes de la delineacion quando èsta se hace por Tablas; però si se hiciere geometricamente sin ellas, se formará despues de hecha su pitipie, tomando la cantidad de una linea de conocida longitud, como de la defensa fixante, y èsta se dividirá en tantas partes, como pies ha de tener en la fabrica la sobredicha linea; y con estas mismas partes se dividirá el pitipie en 1000. ò mas partes, que denotaràn pies. Lo mismo se hará en el perfil, cuya descripcion ha de tener tambien prevenida el Ingeniero. Y para mayor claridad, y distincion, notará en un papel à parte la cantidad de todas las líneas, y angulos de la Plaza.

2 Hecha esta prevencion en el Gabinete, y determinado el lugar que se ha de fortificar, y habiendo notado las ventajas, ò defectos que tiene, se ha de hacer segunda prevencion en la campaña, esto es, de dos Ayudantes de Ingeniero, y seis Albañiles prácticos: ha de prevenir tambien un semicirculo, dividido exactamente en grados,

y

y minutos: dos perticas, divididas cada una en 12. pies, y cada pie, ò à lo menos los de los cabos, en 12. dedos, ò pulgadas: mucha cuerda gruessa, y delgada: un faxo de cañas, ò varas derechas, con sus vanderillas de papel blanco; para que sirvan de piquetes en la formacion de las lineas: muchas estacas grandes, y pequeñas, con dos mazas para clavarlas: algunas zapas, y palas para abrir las rayas. Con esta prevencion hará la delineacion en el lugar determinado, como se explica en las proposiciones siguientes.

## PROP. XV. Problema.

*Delinear la fortificacion sobre el terreno quando es accesible el centro del poligono. (fig.65.)*

**S**Upongamos, que se ha de plantear una fortificacion pentagona, cuyo centro M es accesible, por estàr desembarazado. *Operacion.* Clavese en el centro M el centro del semicirculo, y mandense plantar los piquetes con sus vanderillas, de suerte, que la visual que passa por el diametro del semicirculo, passe juntamente por el segundo, y tercero piquete, por los cuales se tirará con la cuerda, la recta ML indefinida: y porque el angulo del centro en el pentagono es de 72. grados, sin mover el semicirculo de como estava antes, se harán plantar otros dos piquetes con sus vanderillas, de suerte, que la visual que passa por el centro, y el grado 72. del semicirculo, passe tambien por los dos piquetes; y por ellos se tirará con la cuerda la linea MT indefinida, y quedará formado el angulo LMT de 72. grados: de la misma suerte se formarán los demás, los cuales se bolverán à examinar antes de proseguir la operacion.

Y porque, segun nuestro methodo, en la Tabla de la *prop. 17. lib. 2.* el radio del pentagono es de 619. pies, se medirán en cada linea de las tiradas del centro M, 619. pies, y en esta distancia del centro se clavarán las estacas G, B, &c. y desde estos puntos se tirarán con los piquetes las lineas GB, GN, &c. las cuales tendrán 727. pies,

Bb 2

se-

388 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

segun la sobredicha Tabla, si no se huviere errado alguna operacion: y caso que se hallasse algun yerro, se havrà de corregir antes de passar adelante, y con esto quedará descrito el poligono interior sobre el terreno.

Hecho esto, se passará à delinear los baluartes; y porque la semigola ha de tener 160. pies, se contarán desde B hasta D, y R 160. pies, y se clavarán las estacas R, y D, y puesto el centro del semicirculo portatil en R, y D, de suerte, que su diametro caiga sobre el lado del poligono, y sin moverle se echará una visual por el centro del semicirculo, y por los 100. grados, y se mandaràn poner en ella dos piquetes, y por ellos, desde R, y D, se tirarán con la cuerda dos lineas, à quienes se daràn de largo 152. pies, que es lo que da la Tabla à los flancos, y quedaràn determinados los flancos RP, y DE, y se clavaràn las estacas P, y E: y habiendo clavado la estaca A, en la distancia AG de 160. pies, se tirará con la cuerda por el punto E la linea AE, que cortará à la MC en C; y clavando la estaca en C, quedará determinada la cara EC, y la capital BC; y si se huviere obrado con cuidado, será la cara EC de 341. pies, y la capital de 322. pies; y si se hallàre otra cosa, se procurará enmendar; y con esto se havrà descrito un baluarte: y haciendo en todos los angulos lo mismo, quedará descrita la fortificacion en quanto à las lineas mas principales. Lo demás se verá despues.

PROP. XVI. Problema.

*Describir una fortificacion sobre el terreno quando està ocupado el centro de la Plaza. (fig. 65.)*

**S**uele suceder haver de fortificar una Plaza, ò hacer una Ciudadela en parte, en que el centro es inaccesible, por estàr ocupado con edificios, bosque, &c. y en este caso será menester hacer la delineacion sin dependencia del centro por el angulo del poligono del modo siguiente.

Sea el mismo pentagono propuesto el que se ha de fortificar: tirese con los piquetes la recta BG de 727. pies,

pies, que son los que se señalan en la Tabla para el lado interior del pentagono, y se clavaràn las estacas B, y G, y atada con ellas la cuerda BG, se pondrà el centro del semicirculo en G; y ajustado el un semidiametro sobre GB, se tomaràn 108. grados, que es el angulo, y tirando con los piquetes, como se ha dicho, la linea GN, se contaràn desde G, hasta N, 727. pies. Lo mismo que se ha hecho en el angulo G, se hará en los demàs, y quedará formado el poligono interior. Esto se havrà de examinar algunas veces, por ser dificultoso formar los angulos con tal exaccion, que al cerrar el ultimo lado con el primero, no haya alguna diferencia. Hecho esto, se formaràn en cada angulo los baluartes, como en la proposicion antecedente. Si de los angulos B, G, &c. se pudiere descubrir el centro, se pondria en M una pica, y se formaria el angulo BGM de 54. grados, y el angulo NGM tambien de 54. grados, y se obraria con mas seguridad.

## PROP. XVII. Problema.

*Delinear sobre el terreno los Terraplenes, Revellines, Fosos, Estrada encubierta, y otras obras.*  
(fig. 65.)

1 **D**Elineado ya el recinto de la Plaza en la campaña, se delineará lo grueso del muro, y terraplen, tirando con cuerdas lineas paralelas à todos los lados de la Plaza en esta forma: Porque las lineas principales que se tiraron antes son las que corresponden en el suelo perpendicularmente debaxo del cordon, se tirará por parte de la campaña una paralela à ellas en distancia de 5. pies, que servirá para la escarpa: luego se tirará otra paralela dentro de la Plaza en distancia de 60. pies, que será la espessura de la muralla sin la escarpa; y ultimamente se tirará otra paralela 15. pies mas adentro, que terminará la escarpa interior, ò subida. Dichas paralelas se juntarán en los semidia metros de la Plaza, fixando alli unas estacas, y atando de una à otra las cuerdas.

2 El

### 390 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.

2 El foso se delineará atando en la estaca H del ángulo flanqueado un cordel de 120. pies de largo, y describiendo con él una porción de círculo, en la qual se fixarán algunos piquetes; y puesto el Ingeniero en el ángulo X de la espalda del otro baluarte, observará qual de los dichos piquetes sale mas abanzado àzia la campaña, sea por exemplo el que está en O: luego mandará poner uno, ò dos piquetes intermedios, que mirados desde X se cubran el uno al otro, y entrambos al piquete O: y poniendo una estaca en O, se atará en ella, y en X una cuerda; y haciendo lo mismo en el ángulo flanqueado M, se tirará otra cuerda QZ, y entrambas se cruzarán en S, y QSO será la contraescarpa del foso, y quedará este delineado. Adviertase, que si la obra es de tierra, la distancia HO será de 126. pies, por haverse de dexar 6. pies de lifera al pie del rampar antes del foso: la linea circular OL, &c. se delineará fixando en ella algunas estacas.

3 Para plantear un revellin, se tomará dos veces en una cuerda la longitud de la cortina, y una semigola: y doblando esta cuerda por medio, se atarán sus cabos en las estacas que están en los ángulos de los flancos con la cortina, y se estenderá tirante, y en el lugar donde viniere su punto del medio &c se clavará una estaca, y allí eitará el ángulo flanqueado del revellin; y atando allí dos cuerdas, se tirarán à los ángulos de la espalda X, Z: y donde cortaren la contraescarpa del foso se fixarán unas estacas, y atando en ellas los cabos de dichas cuerdas, quedará planteado el revellin, à quien se delineará su foso con cuerdas paralelas en distancia de 60. à 70. pies.

4 Delineados los fosos, se planteará con facilidad la estrada encubierta sobre el terreno, tirando con cuerdas en la forma dicha una linea que corra siempre paralela à la contraescarpa, y diste de ella de 30. à 40. pies, en la qual se levanta el parapeto con su banquetta, como en otra parte se ha explicado.

De lo dicho se colige facilmente el modo de plantear fo-

sobre el terreno los orejones, flancos retirados, plazas de armas, y otra qualquier obra interior, y exterior, lo que no necesita de mas explicacion, pues entendido lo sobredicho, y siguiendo las reglas que se dieron en el *lib. 2.* para la delineacion sobre el papel, se executará todo sobre el terreno con igual facilidad.

## PROP. XVIII. Problema.

*Algunas advertencias para assegurar el acierto de la obra.*

**D**Elineada la plaza sobre el terreno en la forma dicha, se observará lo siguiente. 1. Mandará el Ingeniero abrir un sulco en la tierra, siguiendo con toda puntualidad las lineas principales, ó fundamentales, que son las correspondientes al cordon, dando à dicho sulco de ancho, y profundo un medio pie con poca diferencia. 2. Nombrará unos Ayudantes de Ingeniero, que sean Sobrestantes de la obra, encargando à cada uno su parte determinada de la fortificacion para evitar toda confusion; y asimismo repartirá la gente en el trabajo, para que vaya todo con buen orden; y dará à cada uno de los dichos Sobrestantes la planta, y perfil de la parte de fortificacion que se le encargò, para que ajustandose à ella falga acertada la obra. 3. Las excavaciones para el foso, y fundamentos del muro mandará se abran, segun lo expresado en la planta, cortando la tierra de fuerte, que no caigan ruinas dentro del foso que se va abriendo: por la parte de la plaza se cortará la tierra à plomo; mas por la parte de la campaña se abrirá formando unas gradas, ó banquetas de dos pies de ancho, y uno de alto, con lo qual, à mas de impedirse las ruinas, se facilita el transito, y passage à los trabajadores. 4. Esta excavacion se hará tan profunda como fuere menester; segun las reglas dadas en el *lib. 2.* desde la *propof. 21.* ó hasta hallar tierra solida, y firme; y haviendose concluido se allanará el fondo, dexandole à nivel. 5. La tierra que se sacare de esta excavacion se empleará primeramente en llenar los lugares  
ba-



baxos de la plaza, para que quede bien igual el terreno; y la restante se irá llevando al lugar determinado con las líneas del rampar, elcufando con esto el trabajo, y el tiempo que se gastaria en haverla de mover dos veces, cosa que se deve tener muy prevenida. 6. Luego se irá levantando la fabrica con sus escarpas, como en otro lugar se dixo; advirtiendole no se trabajen los revellines, ni otras fortificaciones semejantes antes que el cuerpo de la plaza esté levantado hasta el cordon, ni las estradas encubiertas se deven empezar antes que estén levantados los sobredichos revellines, porque sería grande la confusion, y el pel gro de cometer algunos yerros. De otras muchas cosas conviene esté advertido el Ingeniero, así para el acierto, como para no ser engañado de los trabajadores, que mas requieren practica, que theorica.

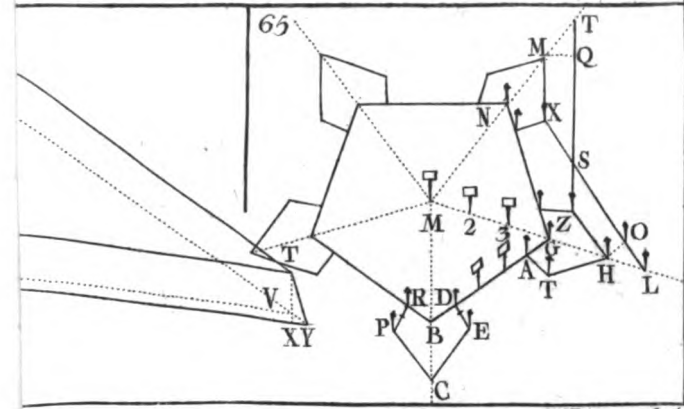
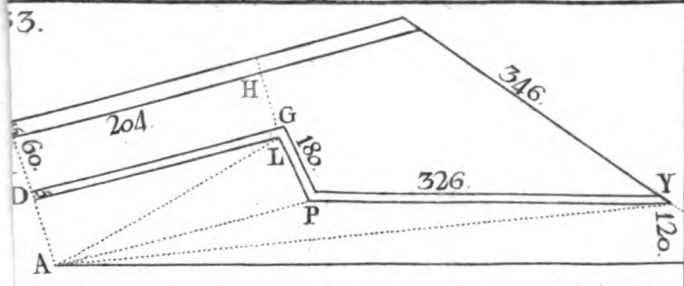
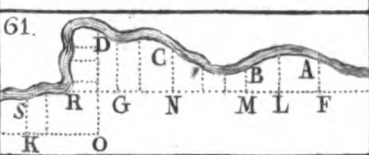
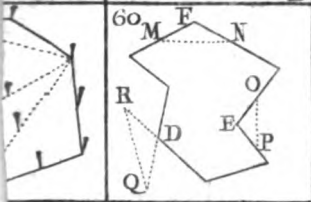
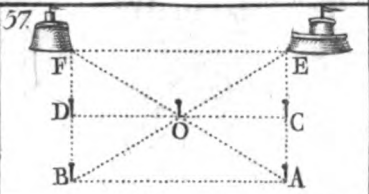
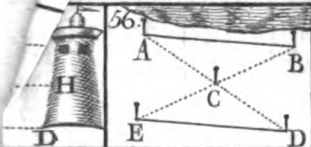


## LIBRO V.

### DEL SITIO, Y COMBATE DE UNA Plaza, ò Polemica ofensiva.

**L**A *polemica*, ò Arte Militar, es la que enseña los ardidés, así para sitiarse, y conseguir una Plaza, como para defenderla contra las invasiones del enemigo. De que se colige ser en dos maneras, esto es, *polemica ofensiva*, y *defensiva*: la primera será la materia de este libro; la segunda del siguiente, que pondrá fin à este tratado.

CA-



H. Ricarte sculp.



## CAPITULO I.

## DE LA FORTIFICACION DE CAMPAÑA.

**F**ortificación de campaña, se llama la que enseña à levantar, y disponer las obras que son menester para defender, y presidar un Exército en la campaña: llamanse dichas obras *fortines*, ò *fuertes de campaña*, y son mas flacas, y débiles que las plazas; pero suficientes, y de mucha utilidad para el fin à que se dirigen: son menester siempre en los sitios de las plazas, y algunas veces las levantan los sitiados quando les importa defender algun puesto, ò estorvar las lineas abanzadas del enemigo: sus especies se reducen à *triangulos*, *cuadrados*, *cuadrilongos*, *estrellas*, y *reductos*. Su magnitud, y figura, como tambien su fortaleza, se deve ajustar al fin para que han de servir.

Unos sirven para guardar alguna venida de rio, ò algun puente, ò parage; y éstos deven hacerle mas permanentes de buena tierra, y tepes, con fosos, y estacadas, para assegurarles de sorpresas; y se les dan mas de 600. pies de defensa, siendo asì, que por lo regular no passa la defensa de los fuertes de campaña de esta cantidad, como en otra parte dixè. Otros se hacen en las lineas de circunvalacion, ò contravalacion, ò en algun passo; y éstos no son permanentes, porque solo sirven mientras dura el sitio, ò mientras ocupa el Exército aquel terreno; por esta causa se construyen éstos de sola tierra, y fagina, dandoles à lo mas 400. pies de defensa.

En las lineas de circunvalacion se pueden levantar fuertes campales de qualquiera figura; pero los permanentes para guarda de rio, ò passo, seràn mejores si se hacen cuadrados con baluartes enteros, dandoles de lado de 500. à 700. pies, con los fosos, y estrada encubierta  
pro-

394 TRAT. XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR.  
proporcionada. En èstos se haràn los parapetos anchos 10.  
pies altos 6. con su banquetta de dos pies: el fosó de los fuer-  
tes que no han de permanecer serà ancho 20. pies, y profun-  
do 10. La descripcion de dichos fuertes es la siguiente.

PROP. I. Problema.

*Fortificar un triangulo equilatero.*

**E**L triangulo, es una figura inepta para fortificarse; es-  
to no obstante, se suele hacer en las lineas de circun-  
valacion, si el terreno no permite comodamente otra figu-  
ra: puede se fortificar de qualquiera de los cinco modos si-  
guientes, en todos los cuales se le dan al lado de 100. à  
300. pies.

*Modo 1.* con baluartes enteros. Dividase el lado AC  
(fig. 66.) en diez partes iguales: dense dos de ellas à cada  
semigola AD, CE: una à cada flanco EF, DH; y tiradas las  
rassantes EP, DG, que terminen en las capitales, queda-  
ràn formados los baluartes, cuyo angulo serà de 48. gra-  
dos, y las frentes casi iguales à las cortinas; uno, y otro  
contra las Maximas.

*Modo 2.* con medios baluartes. Dividase el lado AB  
(fig. 67.) en diez partes iguales, de las cuales se daràn dos à  
la semigola BL, y una al flanco LM; y dividiendo el lado  
AB por medio en O, se tirerà la rassante OMN, que se ter-  
mine en el otro lado prolongado, y quedará delineado  
el medio baluarte; y así de los demás: èste es el modo  
mas ordinario.

*Modo 3.* con baluartes planos. (fig. 68.) Dividase el lado  
AC en 10. partes iguales; señalese una à las semigolas, fa-  
candolas de la mitad del lado de L à M, y à N, de donde  
se levantaràn perpendiculares los flancos MP, NQ, igua-  
les à las semigolas; y tirando las rassantes VQ, XP de las  
inmediatas divisiones V, X, se encontraràn en O: y ha-  
ciendo lo mismo en los demás lados, quedará fortificado  
el triangulo, cuyos baluartes son mejoras que los anteceden-  
tes, pero sus flancos quedan sin defenfa.

Ma-

*Modo 4.* con baluarte à tenaza. ( *fig. 69.* ) Divídale el lado AB en 8. partes iguales, y dos de ellas se daràn à la semigola BD; una al flanco DE, perpendicular al lado: tirente las rasantas RE, DS indefinidas; y levantando de B, y A las BF, AT, perpendiculares à los lados, se terminarán en las rasantas, y quedaràn hechos los baluartes à tenaza.

*Modo 5.* con dos medios baluartes, y cortina en los angulos. ( *fig. 70.* ) Del centro D del triangulo tirense las DA, DB, DC à los angulos: tirese por el punto A del angulo la EF, igual, y perpendicular à la DA: cortense las semigolas EG, FG, iguales à un quinto de la EF: y los flancos HG, iguales à las semigolas, tirense, ò perpendiculares à la EF, ò con angulo de 100. grados, ò al centro D: y del angulo del flanco, y cortina por la extremidad H de los flancos, tirense las rasantas indeterminadas GH: luego por los puntos E, y F se tiraràn las alas, ò al centro D, como en IL, ò paralelas à los flancos, como en IM, y quedaràn determinadas las caras, y capitales, y concluida la fortificacion: la qual lleva mayor galto, y ocupa mas terreno; pero es mejor que las antecedentes. Si algun passo de puente, ò alguna Isla se fortalece con este fuerte, se añadirà un revellin en medio, para que queden mas bien defendidas las alas.

## PROP. II. Problema.

*Fortificar las figuras quadrilateras, y delinear los reducidos.*

**E**L quadrado para fuerte de campaña se puede fortificar de tres modos.

*Modo 1.* con quatro baluartes enteros. Hagase su delineacion por el *lib. 2. prop. 13.* ò por la tabla; pero proporcionando primero la magnitud de sus lineas, con la defensa, ò lado que ha de tener el quadrado, segun la regla que se diò en el *lib. 3. prop. 5.*

*Modo 2.* con quatro medios baluartes. ( *fig. 71.* ) Prolonguese el lado CB hasta H, de suerte, que BH sea la quar-

quarta parte de CB ; hagafe la semigola BE igual à BH: levantele perpendicular el flanco EG, que sea dos tercios de la semigola EB, y tirese la cara HG; y haciendo lo mismo en los demás angulos, como se ve en la figura, quedará concluida la delineacion.

*Modo 3.* con medios baluartes duplicados, ò recoftados. (*fig. 72.*) Hagafe la semigola AE una quinta parte del lado AH : hagafe el flanco EF igual à semigola, ò algo menos, si pareciere: prolonguente los lados à discrecion : tirese la rasante IF, que cortará al lado prolongado en G, y quedará formado aquel medio baluarte ; del mismo modo se delinearán los demás, como se ve en la figura.

2 El quadrilongo se puede fortificar, ò para la circunvalacion, ò para cabeza de puente, ò avenidas ; para la circunvalacion se fortificará así : dividase el lado BC, (*fig. 73.*) en quatro partes iguales, y dese una de ellas à cada semigola BF, CO: haganse las capitales BE, CP iguales à las semigolas: tirentel rasantes EO, PF, y levantando de los puntos F, y O perpendiculares los flancos hasta dichas rasantes, quedará fortificado el lado BC. Para fortificar los lados BA, DC, se hacen los medios baluartes H, y Q, como en el quadrado, dandoles mayor semigola, si el lado AB fuere largo. Dividase despues el lado AD por medio en M, y levantele la perpendicular MI, igual à la capital BE ; haganse las medias golas ML, MN, iguales cada una à la BF ; y tirando las frentes LI, NI, quedará concluido. Si huviere de servir para cabeza de puente, no se fortificará el lado AD, que cae àzia el rio ; antesbien se dexará abierta la linea HQ. Otros fortifican los dos lados menores BC, AD, con la misma fortificacion NIL ; y los lados mayores, haciendo en medio de ellos un baluarte plano, como se hizo en el triangulo.

3 *Reductos*, son unas fortificaciones quadradas llanas y sin baluartes, pero con su fosó, parapeto, banquetta, y terraplen : levantanse regularmente en las lineas de circunvalacion, y contravalacion, y en las lineas de apoché:

che: éstos deven ser algo mas levantados que las trincheras; su lado será de 50. à 80. pies. En lugar de marina suelen fabricarse muchos reductos dentro del tiro del mosquete, para impedir los desembarcos, y éstos deven ser de buen cal, y canto, cerrados por todas partes, altos 20. pies, con su escalera de mano.

## PROP. III. Problema.

*Delinear los Fuertes campales en figura de Estrella.*

**L**os fuertes, que llaman *Estrellas*, se pueden describir segun todas las figuras regulares; pero las mas ordinarias son el cuadrado, pentagono, y exagono.

La Estrella quadrangular se describe, dividiendo los lados del cuadrado por medio en E, F, G, H; (*fig. 74.*) y tirando las ocultas EG, FH, se notará desde E hasta I, la tercera parte de EO; y tirando las frentes AI, BI, quedará formada la Estrella quadrangular.

La Estrella pentagonal se hará, describiendo primero el pentagono ABC, &c. (*fig. 75.*) y dividiendo el lado AB por medio en F, se tirará la perpendicular FC, igual à la mitad de AF: tirense despues las frentes AG, BG, y haciendo lo mismo en los demás lados, quedará descrita la Estrella pentagonal.

La Estrella exagona se hará describiendo el triangulo equilatero ABC; (*fig. 76.*) y dividiendo el lado AB en tres partes iguales en los puntos E, y D, se describirá sobre DE el triangulo equilatero pequeño DFE; y executando lo mismo en los otros lados, quedará descrita la Estrella exagona.

Estos son los fuertes principales que se suelen formar en la campaña; sin éstos puede haver otros muchos de figuras irregulares, que acomoda el Ingeniero al sitio, parage, y fin para que se erigen, cuidando que tengan, y den la defensa bastante para el intento.

CA-



## CAPITULO II.

DE LAS REGLAS , Y AXIOMAS OBSIDIONALES QUE  
*se deven observar en los sitios de las  
 Plazas.*

COMO el fin principal de la Polemica ofensiva sea disponer bien el asedio de una plaza , para poderla bien combatir hasta rendirla , se deven guardar las reglas generales siguientes.

## PROP. IV. Problema.

*Reglas generales obsidionales.*

1 ANTES de resolver el sitio de una plaza , ha de procurar el General de un Exercito tener su planta delineada con la justificacion posible , notando con puntualidad de què calidad sean sus fortificaciones: deve tambien saber què guarnicion tiene de servicio , què artilleria , y què municiones , y viveres. Tendrà tambien con toda precision delineado el terreno , sus eminencias, valles , &c. con los Lugares , rios , bolques , pantanos , y caminos , y por què partes puede el enemigo introducir los focorros; y de què manera assegurará los comboyes que van , y vienen al Exercito.

2 Informado de la situacion de la plaza , y disposicion del terreno, determinará el tiempo oportuno para salir à la empresa: y procurando que el enemigo no pueda penetrar su intencion,harà marchar el Exercito à buen passo, antes que los de la plaza puedan introducir viveres , ni Soldados , ni hacer otras prevenciones.

3 El dia antes de llegar à la plaza embiarà Cavalleria Dragona , para ocupar los pueltos , y parages ventajosos , para embarazar los focorros , haciendo correrias hasta el tiro de mosquete de la plaza , y llevarse el ganado , y viveres que se hallàren en sus contornos , quemando todos los forrages , y quanto pueda servir à los sitiados.

Es-

4 Estando con sus tropas à una legua de la plaza, un Teniente General, con algunos Cabos, y Oficiales, y algunos Ingenieros, se adelantarán para reconocer los puestos, examinar, y medir el terreno por donde han de marchar las tropas à ocuparlos; y en ellos se acampará el Exercito para el sitio, disponiendo los quarteles, segun se dirà en la proposicion siguiente.

5 El Exercito de los sitiadores deve tomar, y ocupar todo el circuito de la plaza en distancia del mayor tiro de la artilleria, plantando las tiendas àzia la plaza, y haciendo la plaza de armas àzia la campaña contra el enemigo, ò disponiendolo segun las circunstancias, como mejor pareciere.

6 Procurense cerrar todos los passos por donde pueda venir focorro à los sitiados; ò asegurar los caminos por donde han de ser los sitiadores focorridos.

7 Procurese poner la artilleria en llanura, y cerca de los rios; y la Infanteria en las colinas junto à los bosques, y avenidas angostas, cuidando que no les falte agua, ni leña. El tren de artilleria se deve poner en parage apartado de los fuegos, y mas afuera del mayor tiro del cañon; pero que sea acomodado para distribuir, y recibir todo genero de municiones: para esto se procurarán buscar algunas casas en distancia poco mas, ò menos de 1500. passos, las quales se fortifican muy bien: ordinariamente se reparte el tren en dos, ò tres partes, en donde, y segun los ataques que se hicieren.

#### PROP. V. Problema.

##### *Acampar el Exercito, y distribuir los Quarteles.*

**A** *Campamento de un Exercito*, es la distribucion, y disposicion que se hace del Exercito en campaña en un lugar ventajoso, escogido por el Generalísimo; en orden à lo qual se ha de advertir lo siguiente.

1 Se deve asegurar el Exercito en aquel lugar, cerrandole por todas partes con trincheras, empalizadas, re-  
duc-

ductos, y otros fuertes campales, segun se juzgare necesario para su seguridad.

2 Se deve procurar, que este campamento se haga cerca de algun rio, para que no le falte el agua; cuidando no haya lugar alguno, ò eminencia que le mande, y domine, y que el terreno no estè sujeto à torrentes, ò inundaciones.

3 El modo de acamparle, mejor se aprende con una poca practica, que con mucha explicacion; lo cierto es, que no es siempre uno mismo, por haverse de ajustar à la varia situacion del terreno: advirtiendole, que si en èste huviere alguna altura, serà menester cerrarla con algun fuerte, ò reduçto, y circuiria de trincheras.

4 La division, y distribucion de los quarteles, no es tampoco siempre de un mismo modo, por haverse tambien de ajustar al terreno; como ni tampoco la forma de dichos quarteles, por haverse de ajustar al numero de los Regimientos que se han de aquartelar en ellos: asimismo el espacio que deve ocupar cada Regimiento, asì de Infanteria, como de Cavalleria, se ha de reglar segun el numero de la gente que huviere en cada uno; si bien se suele dar à todos un mismo fondo, haciendo mayor, ò menor la frente, segun fuere mayor, ò menor el numero de Soldados que les componen, porque con esta disposicion salen las calles rectas. El modo de cerrar el Exercito, especialmente en un asedio, como las lineas obsidionales, es como se dice en las proposiciones del capitulo siguiente.

CA-

## CAPITULO III.

DE LA FORTIFICACION DE LAS LINEAS  
*obsidionales.*

**L**As *lineas obsidionales*, ò *trincheras principales*, que se forman en un sitio, son *linea de circunvalacion*, *linea de contravalacion*, y *los ataques*, ò *aproches*. La primera cierra dentro de sí, y circuye el exercito sitiador *aquartelado*, y à la Plaza sitiada, como BBB. (fig. 77.) Hacese esta linea de circunvalacion para defenderse los sitiadores del exercito enemigo, que puede venir en socorro de los sitiados. La segunda cierra dentro de sí solamente à la Plaza, y sus contornos, como VVV, de fuerte, que los sitiadores vienen à quedar entre ambas lineas de circunvalacion, y contravalacion: hacese esta segunda linea para defenderse de los sitiados, y allegar los quarteles de las furtidas que pueden hacer, singularmente quando la guarnicion es numerosa, y hay mucha cavalleria en la Plaza. Los ataques son las lineas, ò trincheras, que se abren para acercarse los sitiadores cubiertos à la Plaza. La formacion de todas se explica en las proposiciones siguientes.

## PROP. VI. Problema.

*Formar la linea de Circunvalacion.*

**L**A linea de circunvalacion se deve hacer siempre que el enemigo tiene exercito en campaña, y se halla en estado de poder focorrer la Plaza, y no poder èsta ganarse antes que llegue el socorro, si que la han de atacar los sitiadores con sitio regular, y à su riesgo.

Supuesto pues, que se haya de hacer linea de circunvalacion, se embiaràn los Ingenieros à reconcer los lugares, y terreno por donde deve correr dicha linea, y delineandolos todos en un papel, se hará la relacion al

Toma V.

Cc

Ge-

General, quien con el parecer de los mismos Ingenieros resolverà por donde deve passar, y levantarle la linea de circunvalacion, la qual se delineará sobre el terreno con cuerdas; y estacas, y cada Regimiento trabajará la parte que le tocare enfrente de su quartel.

Se ha de tener gran cuidado en dexar entre las trincheras, y el campo, no solamente lugar en que ponerse en plaza de armas los batallones, y esquadrones, si tambien bastante espacio para que puedan marchar formados los demás delante de ellos, y así será menester diste dicha linea de los quarteles 300. pies, poco mas, ó menos.

Las trincheras de circunvalacion, han de ser rectas, formando sus angulos à trechos, segun lo pidiere el terreno; y para que estas lineas queden bien defendidas, se pondrán en los angulos que forman, ó en las que fueren largas tambien en medio de ellas, unos fuertes de campaña, ó reductos, con su fosó, y parapeto, ó angulos salientes àzia el enemigo, como se ve en la figura, que se pondrán de esta manera. Los fuertes sobredichos no han de distar entre sí mas que el duplo del alcance del mosquete, que es de 1600. à 1900. pies, para que cafo que el enemigo embista por el medio entre dos fortines, sea combatido de entrambos, y si se quisiere librar del uno, cayga en el fuego del otro. Comunmente bastará fortalecer las lineas con los angulos salientes C, C, dandoles 200. pies de gola, y 140. pies de cara; pero en los parages peligrosos, y avenidas por donde se recela puede intentar introducir socorro el enemigo, se levantarán otros fuertes campales, ó quadrados, con medios baluartes, ó enteros como A, ó en forma de estrellas, ó unos reductos, cuydando que sus angulos reciban las lineas que forman la circunvalacion, terminandole estas en ellos, como en S, para que de esta fuerte los fortines flanqueen la linea: y se colocarán los fuertes mejores, y de mayor resistencia en los lugares mas peligrosos; y los de menos resistencia, en los que no tienen tanto peligro.

Pro-

Procurese apartar esta linea de eminencias, de las quales puede el enemigo valerse para destruirla; y si no se pudiese huir de ellas, será preciso ocuparlas con algun fuerte proporcionado.

Las trincheras que componen la linea de circunvalacion, constan de foso, parapeto, y banqueta; y porque dichas trincheras sirven tambien de comunicar un fuerte con otro, se llaman *lineas de comunicacion*. Sus medidas son las siguientes. Veaſe la *figura 78.* que representa el corte vertical, ò perfil de una de ellas, en la qual GH es lo ancho del foso de 10. ò 12. pies, cuya profundidad SI tendrá 7. ò 8. pies, y que venga à terminar en el angulo I: se dexa el banco FG de dos pies y medio, que sirve para mantener el parapeto: la basa LF del parapeto ha de tener 8. pies: la banqueta LD tendrá dos pies y medio de ancho, y pie y medio de alto: el alto interior LO del parapeto será de 6. pies; el alto exterior hasta N, 5. pies; y la mitad de esta altura será la basa de la escarpa: el foso ha de cabarse àzia la parte de la campaña; y el parapeto, y banqueta se han de levantar à la parte del campo, y de la Plaza.

La materia de las trincheras es la tierra que se saca del foso: si es pingue, es mucho mejor; si es arenisca, será menester añadir cespedes, para que esté mas unida; y si no hay cespedes, se hará una empalizada, clavando de 6. à 6. pies una estaca, y haciendo un texido de mimbres, y ramas de sauce; y despues de esta empalizada se hará otra, y se llenará de tierra el espacio que comprehenden entrambas, y quedará formado el parapeto.

### PROP. VII. Problema.

#### *Formar la linea de Contravalacion.*

Como esta linea de contravalacion solamente sirva para defenderte los sitiadores de las salidas de los sitiados, solamente se hace quando la Plaza tiene guarnicion numerosa, y mucha cavalleria. Formate con las mismas medidas, y circunstancias que dixè en la proposi-

cion antecedente para la linea de circunvalacion ; pero con esta diferencia, que el foso en esta linea se ha de hacer àzia la parte de la Plaza, y el parapeto, y banquetta àzia la parte del campo, y campana, para assegurar de esta fuerte los quarteles de las turtidas de los enemigos.

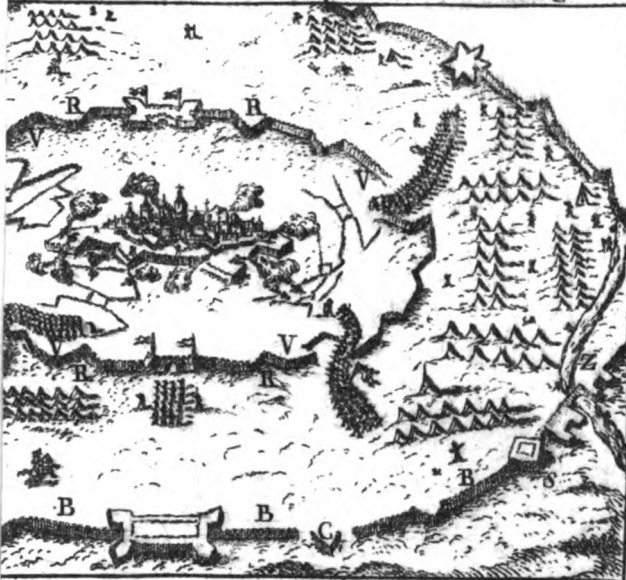
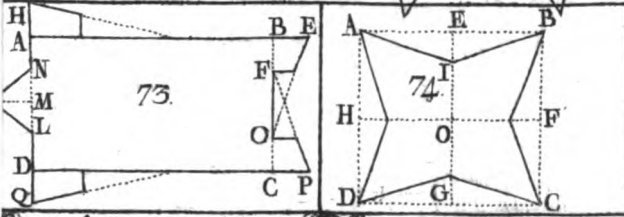
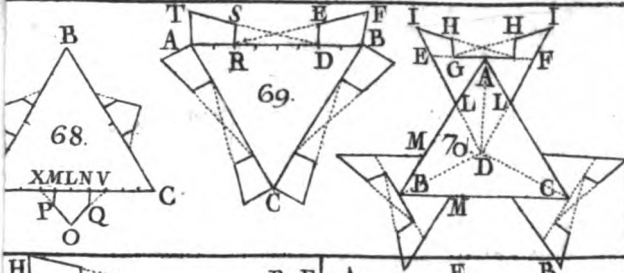
Tambien se deve cuidar mucho, que ni los fortines, ni las lineas se puedan enfiar de parte alguna de la Plaza, que sería muy dañoso, pues dentro de ellas matarian la gente : esto se evitarà formando de tal fuerte los angulos, assí de las lineas, como de los fortines, que prolongadas las lineas que les forman, caygan fuera de la entrada encubierta.

Si la linea de circunvalacion, ò la de contravalacion encontrare con algun rio, se hará un puente por la parte interior de la linea para la comunicacion : si el rio no fuere muy grande, se hará de troncos de arboles ; pero si fuere muy ancho, será forzoso hacerle de barcas ; y para este fin se llevan con el tren de la artilleria pontones de prevençion, y gente para este efecto ; y su entrada se fortificarà con dos hornabeques, uno à cada lado del rio, como se ve en la *figura 77.* en Z.

#### PROP. VIII. Problema.

*Elegir el sitio por donde conducir los Ataques, ò Aproxes.*

**D**ispuestos ya los quarteles, y fortificados, y assegurados con las lineas de circunvalacion, y contravalacion, ò con una de ellas, segun fuere menester, y repartidos tambien los cuerpos de guardia por todas partes en sus propios lugares, y puestos juntamente los Oficiales Generales en sus quarteles, el General, sin mas acompañamiento que de algunos Ingenieros escogidos, sale à reconocer la Plaza, acercandole à ella hasta el tiro del molquete, y averiguarà juntamente los parages que fueren à propósito para atacar la Plaza, y determinar el mejor sitio para hacer la plaza de armas, y cabeza de ataque,



H.R. carte fulva.





que, teniendo presentes las siguientes reglas.

1 Evitese quanto sea posible, para abrir los ataques, aquella parte que estuviere sujeta à inundaciones.

2 No se deve escoger por mejor para atacar aquella parte de Plaza, que estuviere fortalecida con fortificaciones exteriores, sino es que sea por alli el unico ataque; porque no hay duda, que por flaca que estè la muralla por aquella parte, la hacen fuerte las dichas fortificaciones, las quales se ponen alli para esse efecto; y asì serà mejor ir por otro lugar, aunque la muralla de la Plaza sea alli mas fuerte, pues ganada èsta, no hay otra, ni otro foso que vencer; lo que no es asì donde hay fortificaciones exteriores, pues haviendose èstas ganado, queda aun la dificultad de passar el foso principal, y ganar la muralla.

3 Si la Plaza tiene ciudadela que la manda, y domina, es mejor dirigir el ataque primero à la ciudadela, que à la Plaza, porque ganada la ciudadela, se rendirà con facilidad la Plaza, y con menos pèrdida de gente, y municiones; lo que serà al revès atacando primero la Plaza, porque despues queda otra nueva conquista que hacer, aun mas trabajosa que la primera; pero esto se deve regular segun las circunstancias que ocurrieren.

4 La parte mas conveniente de una Plaza, à que se deve primero abanzar, es la cara del baluarte; y por consiguiente, à ella se ha de conducir el ataque antes que à la cortina. La razon es, porque el abance à la cortina es muy peligroso, si no se arruinan primero los dos fuegos que la defienden; pero la cara del baluarte es la parte mas debil de la Plaza, por no tener mas que un fuego que la flanquee: esto es lo regular; pero caso que se conociesse ser lobrado larga la cortina, serìa conveniente abanzar antes por ella, y abrir brecha.

5 Pongase el principio de ataque lo mas cerca de la Plaza que fuere posible, porque con esto se escusa trabajo, y se gana tiempo; y asì se notarà si hay algun terreno baxo, profundidades, acequias, casafas, y otras situaciones que puedan servir de abrigo à los sitiadores, para po-

ponerse sin ser vistos cerca de las fortificaciones de la plaza, y de allí se dará principio à los ataques; pero si toda la campaña fuere llana, se empezarán de poco mas lexos que el tiro del mosquete de la plaza, ù de la obra exterior à quien se dirigen.

PROP. IX. Problema.

*Perfil, y medidas que se deven dar à los ataques, segun las calidades de los terrenos.*

**L**Os ataques constan de foso, parapeto, y banqueta, cuyas medidas suelen ser diferentes, segun la variedad del terreno, el qual unas veces es grasso, y facil de trabajar; otras veces suele ser, ò arenisco, ò pantanoso, mojado, pedregoso, ò todo piedra, que con dificultad se puede cabar: todas estas dificultades se remedian con las reglas siguientes.

1 Quando el terreno es grasso, y bueno, tiene libertad el Ingeniero de guiar à su gusto las trincheras del ataque, segun las reglas que despues daremos; y en este caso se abrirán las trincheras anchas, y profundas, capaces de poder passar por ellas la Artilleria sin ser vista: si la guarnicion de la plaza es numerosa, se les darán las medidas que demuestra el perfil A, ( *fig. 79.* ) cuyo foso es ancho 12. pies, ( y puede tener hasta 20. ) profundo 4. su parapeto tendrá sobre la cara de tierra, de alto interior 4. pies, de alto exterior 3. su espessura será abaxo 10. pies, y arriba 7. con dos banquetas altas pie y medio cada una: si la guarnicion fuere corta, bastará que sea como muestra el perfil B. ( *fig. 80.* ) Donde el foso es ancho 9. pies, profundo 3. el parapeto alto sobre la campaña por dentro 3. pies, y por fuera 2. su basa 8. pies, y arriba 6. con la banqueta de un pie y medio de ancho, y otro tanto de alto; en uno y otro se pondrán unos cestones llenos de tierra encima del parapeto, para defender à los tiradores.

2 Quando el terreno fuere arenisco, donde no se pueden mantener los parapetos, se deve prevenir gran  
can-

cantidad de faginas, lo más gruesas, largas, y bien atadas que fuere posible, con muchas estacas, con que se irán clavando las faginas, y con ellas se irá formando el parapeto, y banqueteta, echando arena por encima, è igualandola sobre el parapeto.

3 Quando el terreno fuere pantanoso, ò pedregoso, que no se pudiere sacar tierra, ni profundar las trincheras de ataque, se hará sobre sus lineas un fundamento de ramas, sobre las cuales se irá echando la poca tierra que se pudiere sacar, y à fuerza de gabiones, y botas llenas de tierra, tepes, ò piedras se irán disponiendo los ataques por el camino mas breve, haciendo las banquetetas con faginas, ò tablas, y poniendo sobre los parapetos cestillos, y taquillos de tierra.

4 Quando por algun accidente se hallare barranco, acequia, ò por descuido de quien guia el ataque, quedare alguna linea enfilada, y descubierta, se profundará mas, ò se levantará la trinchera, y à cada 10. passos, poco mas, ò menos, segun fuere menester, se harán unas traversas de faginas, aleguradas con estacas, como se ve en la fig. 81. ò en lugar de faginas se pondrán gabiones, ò botas sobre tablones. Esta misma diligencia se deve hacer quando se llega con el ataque à la espianada, donde es preciso defembocar à la estrada encubiertos: mientras se hacen estos reparos, se plantará alguna bateria que dispare continuamente, y arruine la parte del parapeto que descubre aquella trinchera, para que no puedan los sitiados ofender à los trabajadores con sus tiros.

#### PROP. X. Problema.

*Orden que se deve guardar en el trabajo, y fabrica de los ataques.*

**D**eterminado, segun lo dicho arriba, el lugar donde se han de empezar los ataques, y quantos se han de hacer, que ordinariamente no suelen ser mas de dos verdaderos, y uno falso, ò de diversion, para tener divi-  
di-

dadas las fuerzas de los sitiados, el General resolverà el numero de Soldados, y trabajadores para dicho efecto, el qual terà segun el numero, y calidad de la Guarnicion que huviere dentro la plaza para hacer furtidas, ò segun el Exercito que tuviere el enemigo en campaña; porque en este caso se deve acelerar la presa de la plaza, y no dar tiempo al enemigo para que la focorra; y asimismo deve nombrar algunos Esquadrones de Cavalleria para montar la guardia, y resistir las furtidas. Hecho esto,

Se destinarà una plaza de armas fuera del tiro del cañon, en donde deve juntarse la gente antes que sea hora de entrar, en la qual à un lado se dispondrà un pequeño almagacen de palas, zapas, picos, marrazos, y otros instrumentos, que repartirà un Ayudante de la artilleria à los trabajadores con su cuenta, y razon. Por la mañana se darà orden à la tercera parte de la Cavalleria, que vayan à hacer fagina, la qual traeràn à la dicha plaza de armas, haciendo diferentes viages, segun fuere menester.

Esto asì dispuesto, supongamos sea menester mandar 1200. Soldados, para entrar cada tarde en el ataque: en seguida de esto se nombraràn tres Coroneles con sus Oficiales mayores, y quatrocientos Soldados de cada Regimiento, que hacen los 1200. con sus Capitanes, y Oficiales subalternos. Entrarà mandando estos tres cuerpos un Sargento General de Batalla, ò un General del Exercito, à quien se le diere el orden, y dispondrà el repartimiento con el orden siguiente.

A las tres de la tarde, los cuerpos de gente nombrados tocaràn à recoger; y de allí à media hora se tocarà otra vez, y se formaràn en la plaza de armas delante de sus Regimientos, de donde à las quatro marcharàn à la plaza de armas destinada que diximos arriba: allí tomarà cada Soldado una fagina; y à la tercera parte de la gente, que son 400. Soldados, se les darà à cada uno su pala, zapa, ò pico, segun fuere la calidad del terreno, y dispusiere el Ingeniero. Con esta prevencion, y todos con sus armas, quando se vè acercando la noche, se marcharà sin

toear cajas, precediendo el General delante con sus Oficiales, è iràn à la cabeza de ataque por el camino menos descubierto de la plaza, donde con todo silencio iràn todos dexando sus faginas en lugar donde los trabajadores las puedan tomar sin confusion, y formaràn sus Batallones, sentandose cada uno en su puesto para no ser descubiertos: entraràn tambien de guardia un Esquadron, ò dos de Cavalleria, que se pondràn tambien en lugar cubierto, y à poca distancia de la cabeza de ataque, para estar prontos à oponerse à las salidas.

Al anochecer, el Sargento mayor sacará un poco mas abanzadas àzia la parte que se pueden temer las furtidas, una, ò dos mangas de Fusileros, que se pondràn formados, y echados en tierra, con sus centinelas abanzadas, para cubrir los trabajadores. Inmediatamente saldrà el Ingeniero con uno, ò dos Reformados inteligentes, que nombrará para esto, y señalarà con piquetes, y cuerdas las lineas por donde se han de guiar las trincheras, à quien seguiràn con sus Capitanes, y Oficiales los 400. Soldados nombrados para el trabajo, con sus faginas, zapas, y palas, y pondràn à lo largo las faginas, siguiendo con puntualidad la cuerda, cuidando que estèn muy derechas, porque de ellas depende el acierto de la obra: luego los trabajadores arrodillados con medias zapas, y palas, iràn cabando, y profundando la trinchera, echando la tierra sobre la primera fagina à la parte de la plaza, hasta que con la tierra, y faginas formen un parapeto, y queden cubiertos.

Mientras estos trabajan, los otros 800 Soldados estarràn en la cabeza de ataque sobre sus armas, prontos à tomarlas, y acudir donde se ofreciere en caso de furtida. Despues de haver los primeros trabajado dos, ò tres horas, se nombrairàn otros 400. que saldràn al trabajo; y havien- doles entregado aquellos las zapas, y palas, se retirarán à descansar sobre sus armas: despues de otras dos, ò tres horas, se mudaràn los segundos, y entraràn à trabajar los otros 400. otro tanto tiempo; y así consecutivamente se iràn mudando, sin que haya ruido, ni confusion.

El

El dia siguiente se irá perfeccionando el trabajo de la noche, acomodando las banquetas, y parapetos, poniendo encima de ellos los cestillos, ò saquillos llenos de tierra para resguardo de los tiradores; y hecho esto, se irán ensanchando los fosos, dandoles la latitud segun lo dicho en la proposicion antecedente. La tarde siguiente entrará al trabajo otra tanta gente, y harán la misma operacion, con esta diferencia, que los 400. Soldados segundos guarnecerán la trinchera que se hizo la noche antecedente, y se sentarán en la banqueta con sus armas prontas, poniendo sus centinelas à trecho, sin embarazar el passo à los trabajadores, que van, y vienen por las faginas; y los otros 400. ultimos se quedarán en la cabeza de ataques, la qual se cerrará con algun fuerte campal bien defendido, y capaz, por lo menos de 600. hombres.

## PROP. XI. Problema.

*Dirigir, y encaminar las lineas, y trincheras de los ataques.*

**L**A direccion de las lineas, y trincheras de los ataques pertenece al Ingeniero, y deve poner en ella singular cuidado, para lo qual observará lo siguiente.

1 Cuide en primer lugar no haya en todos ellos linea alguna, ò trinchera enfilada, ò descubierta de la plaza, porque si la huviesse, matarian la gente dentro de ella los sitiados desde la plaza; exceptuando quando se llega à la estrada encubierta, donde es preciso vaya la trinchera rectamente à desembocar en la estrada, y entonces se hacen las trasversas, y blindas, de que se habló en la proposicion antecedente.

2 A cada 500. passos andantes, se hará una plaza de armas.

3 No se dexen jamás abiertas las trincheras de ataque, sin cerrarlas con algun ramal, reducto, ò plaza de armas.

4 Antiguamente se hacian de varias formas los ataques;

ques ; pero los modernos les disponen de otro modo mas fuerte , y seguro con lineas paralelas , y ramales , como se figue.

Supongamos , que los ataques se encaminan à los bàluartes R, R, ( fig. 82. ) y que el principio , ò cabeza de ataque sea P : hagase alli la plaza de armas P , y tirete la linea BA paralela , ò casi paralela à la plaza , ò à su diametro , y segun ella se abrirà la trinchera , y se formarà su parapeto , trabajando con todo secreto , para que los sitiados no entiendan por donde se guia el ataque : luego se tiran las dos lineas EC , FD al foslayo , cuidando que no queden enfiladas , lo que se asegurará tirandolas al punto S , y al punto V del angulo saliente de la estrada : luego por los puntos C , y D se tira otra paralela , ò casi paralela , acomodandose al terreno , y se abre su trinchera como la antecedente : en esta , mas afuera , ò mas adentro de los puntos C , y D , se tiran otras lineas GH , al punto V , y GK al punto S , y por los puntos K , H , se tira otra paralela ; y asì se va continuando , hasta llegar à la estrada encubierta : en los cabos de las trincheras se hacen los reduetos que se ven en la figura , los quales han de ser capaces de 20. ò 30. hombres ; y asimismo se haràn los aloxamientos de igual capacidad , repartidos en los sitios mas convenientes : quando la guarnicion de la plaza es corta , y poca la gente para entrar en los ataques , se podràn èstos abrir como en E , haciendo un redueto en cada angulo.

### PROP. XII. Problema.

#### *Disponer las Baterias.*

**L**uego que se empiezan à abrir las trincheras , se comienzan tambien à levantar las baterias detràs de las primeras lineas de aproches , de las quales deven estar amparadas ; por lo qual jamàs se han de hacer delante las trincheras , porque si los sitiados hacen salida , no topen con ellas primero , porque clavaràn las piezas , y las desmontaràn. Para la artilleria que ha de dar las baterias , se



## 412 TRAT.XVI. DE LA ARCHITECT. MILITAR:

se han de fabricar, y levantar los cavalleros con las condiciones siguientes.

1 Que no estén muy apartados de los quarteles, para que en caso de furtidas, puedan ser prontamente fcorridos.

2 Los cavalleros han de ser capaces de los cañones que han de componer la bateria, para lo qual se guardará esta regla: para determinar lo ancho del cavallero, se multiplicará el numero de los cañones que ha de haver en la bateria por 12.pies, que es la distancia que ha de haver entre cañon,y cañon,y el producto será la latitud que ha de tener el cavallero; y así, dos cañones piden 24. pies, porque han de distar entre sí 12.pies,y han de quedar francos à las orillas 6. pies: à la longitud del cavallero se le daràn 30. pies; esto es, 15. ù 18. para lo largo de la pieza, y cureña, y 10. ù 12. para el retiro que hace al disparar; y para que éste no sea tanto, se le dará un poco de incñacion al suelo àzia delante.

3 Para que la artilleria pueda regirse mejor, y no se entren las ruedas en la tierra,se hace sobre el cavallero una esplanada de tablas firmes, y gordas, sobre las quales se pone la artilleria.

4 Delante de los cañones se hace un parapeto, dexando abiertas troneras, por lo menos tantas quantos hay cañones: han de tener de alto 6. pies, y en las troneras tres pies; su grueso será de 16. ù 20. pies, ò de tierra, y tepes, ù de canastos grandes llenos de tierra bien apretada, de fuerte, que pueda resistir à la artillera del enemigo.

5 Cerca de las baterias en el plano interior se hace un competente almacagen para la polvora, y municiones, y se hará en forma de cueva, ò sepultura, y se cubrirá con una piel fuerte de baca, para que esté resguardado de alguna chispa.

6 Dichas baterias, y cavalleros, que huvieren de batir en brecha, se han de hacer paralelos à la cara, ò muro que se huviere de batir quanto sea posible, para que de esta fuerte los cañones que han de batir en brecha

cha hagan su tiro perpendicular, y con mayor fuerza: pero es menester advertir, que para lograr con felicidad la brecha, se han de disponer dos baterias obliquas, que se crucen sus tiros, y una otra que vaya de frente, y bata en brecha perpendicularmente; el numero de cañones que ha de haver en cada bateria se proporcionará con lo que se huviere de batir, y con el tiempo que se huviere de emplear en ello: à lo menos tendrá cada una cinco, ù seis cañones de batir de 25. libras de bala.

## CAPITULO IV.

DE LO QUE SE HA DE OBSERVAR HASTA RENDIR  
una Plaza.

PROP. XIII. Problema.

*Operaciones que se han de hacer hasta ganar la Estrada  
encubierta.*

**L**uego que se huvieren levantado las primeras baterias, se empezarán à batir las caras del baluarte à ò donde se encamina el ataque: y en haviendose levantado otras baterias mas cerca de la plaza, se procurarán arruinar los flancos de los baluartes opuestos; para que quitados estos fuegos, se pueda abanzar à la brecha, que despues se abrirà en la cortina, ò con baterias, ò con alguna mina: lo primero que deven procurar los Artilleros es, desmontar con sus tiros las baterias de la plaza, cuyo fuego les maltrata, y eltorva sus designios; y juntamente arruinar los parapetos que las cubren. Los Soldados desde las trincheras no dexan de hacer un continuó fuego contra la Guarnicion de la plaza; y el General que es de trincheras, luego que empieza à amanecer, manda entrar en dicha trincheras à todos los que de noche estavan fuera de ella. En passando 24. horas, salen los Regimientos que entraron el dia antecedente, y entran otros de nuevo à montar la trincheras, y à continuar los aproches,

cnes, hasta llegar à la empalizada, y estrada encubierta.

En llegando las trincheras de ataque à T, Y, se ha de abanzar à la empalizada para defembocar al foso, para lo qual serà menester abrir à la zapa las trincheras TQ, YZ enfiladas: procuranse cubrir los trabajadores con faginas, manteletes, y blindas, como en otra parte dixè; y para mayor resguardo, desde las trincheras proximas estaràn los fusileros disparando continuamente contra los sitiados.

Estas trincheras enfiladas se iràn abriendo, haciendo dos parapetos, uno à cada lado; y procurando que el foso sea mas profundo que en las otras lineas, para no ser tan facilmente descubiertos: entretanto que se hace esta operacion, corren los Granaderos por una, y otra parte, procurando desaloxar, ò inquietar à los sitiados, para que los otros tengan lugar de trabajar, y fortificarse.

En llegando estas trincheras, que han de ser tres, ò quatro, cerca de la estrada encubierta, se pueden hacer algunos hornillos para hacer saltar la tierra, y estacadas: con esto se procurará entrar à fuerza de armas en la estrada encubierta, hasta echar de ella à los sitiados, y hacer en ella un buen aloxamiento; y luego se fortificaràn alli con toda diligencia contra la plaza, haciendo algunas traverfas, como x, y al abrigo de ellas se plantaràn las baterias para quitar las defensas, y hacer, ò perficionar la brecha en la cortina, y cara del baluarte.

#### PROP. XIV. Problema.

*Ganar, y passar el Foso.*

**A**Loxados ya los sitiadores en la estrada encubierta, se figue el ganar el foso. Si èste estuviere lleno de agua, se puede passar sangrandole; pero ha de ser dando despedida à la agua, y cuidando no inunde, y ciegue los ataques: si no se pudiere sangrar, se procurará llenar de piedras, haces de fagina, y piedras por la parte que pareciere conveniente, y por sobre esse monton se podrá pasar.

far. Este passo es muy peligroso ; y así , quando el terreno lo permitiere , se podrá abrir una brecha por debaxo de tierra , haciendo un pozo en la campaña cerca de la estrada encubierta , y despues ir cavando por baxo hasta el bahuarte , à quien se le podrá con seguridad aplicar una mina : de esta fuerte passaron los Turcos el foso por baxo tierra , quando ganaron à Candia ; pero esto pocas veces se podrá executar.

Si el foso es seco , se procurará cegar un pedazo con tierra , piedras , y fagina. De ordinario passan el foso los sitiadores con una galeria que les defienda , la qual no es otra cosa que un corredor cubierto , formado sobre el pedazo de foso que se huviere cegado del modo sobredicho : su fabrica es la siguiente. Vease la *fig. 83.* en la qual R es la galeria que se forma de maderos de 6. à 8. dedos de gordo , y tendrá de 7. à 8. pies de alta , y otros tantos de ancha : para fabricarla se hacen unos parapetos de tierra à una , y otra parte , para que los que la fabrican estèn libres de los tiros de la plaza : la galeria se viste , y arma de ramos , tierra , y pieles , para que resista al fuego de los enemigos ; y por la parte por donde puede ser ofendida de la artilleria , se le hará un parapeto M , que la cubra , y sea bastante à resistir el tiro del cañon. Esta galeria continúan los sitiadores hasta el mismo muro , y por ella passan para hacer la mina quando es menester ; y entre tanto no paran las baterias , y fuego para aniquilar , ò impedir las fuerzas , y baterias de los sitiados.

#### PROP. XV. Problema.

##### *Hacer las Minas.*

**H**aviendo passado los Minadores el foso defendidos con la galeria , se aloxan uno , ò dos de ellos en la brecha , que se supone ya abierta con la artilleria , de fuerte , que baste para aloxarles , y metidos en ella van cabando con picos la muralla , ehando la tierra en unos sacos , ò otra cosa para disponer de ella , de modo , que los sitiados no sepan la parte donde se hace la mina : esta caba ha  
de

de ser tan alta, y ancha, quanto puedan dos hombres ir de rodillas trabajando hasta llegar al puesto donde se ha de atacar la mina; para lo qual bastará tenga quatro pies de ancho, y otros quatro de alto.

El lugar, ò recamara donde se ha de poner la polvora, se ha de proporcionar con la cantidad de los barriles que se han de poner en ella. En dar la polvora proporcionada con lo que se ha de bolar con ella consiste el acierto de la mina: lo ordinario para bolar un lienzo de muralla, son à lo menos menester tres barriles de polvora, cada uno de 100. libras: si le echassen seis barriles bastando tres, no haria la mitad de la brecha, ni aun la quarta parte, que con los tres solos; porque la polvora inflamada, con la violencia que tiene, empieza à romper prontamente por la parte mas flaca; y acabandose toda de encender, sale por el mismo lugar que abrió la primera; pero si hay menos, se detiene algo mas dentro de la mina, y hace daño en muchas partes, por hacer mas detencion encendida toda antes de salir.

La entrada hasta la recamara de la polvora, suele hacerse no recta, si con diferentes angulos, y bueltas, como en B, (fig. 84.) y à lo ultimo se hará quan angosta se pueda. Dentro de la recamara A, se pondrá la polvora en sacos, ò barriles abiertos, y todo su espacio se sembrará de polvora: luego con vigas, y planchas de hierro se atacará la recamara, especialmente la salida, dexando solo un agujero por donde entre una canal de palo, dexando por toda ella polvora comunicada con la que hay en la recamara; y despues de bien cerrada la boca de la mina, se mete en la canal una cuerda con un cabo encendido, dandole la longitud competente à la tardanza, y duracion que se quisiere dar, para lo qual se tendrá antes hecha la experiencia de quanta cuerda se consume en el tiempo sobredicho que se quisiere esperar.

Puede tambien empezar à abrir la mina antes del parapeto de la estrada encubierta, guiandola por debaxo el foso: el modo de guiarla, es el que expliqué en la Geometria Práct. lib. 9. *propof.* 11. que en breve es como se

se figure : poco antes de dicho parapeto se cabará un pozo obliquo mas profundo que el fosó, y de lo mas hondo se abrirá un camino, que vaya por debaxo el fosó rectamente al baluarte, ò à la cortina que se quiere minar; y en estando cerca del baluarte, ò cortina, cavese otro camino paralelo à la cara, ò cortina, desde el qual se podrán abrir diferentes minas à distintos puestos, si pareciere. Dirigense sin error estas lineas por baxo tierra con una bruxula, cuidando siempre observe la factilla un mismo angulo, y que sea el mismo que dicha factilla hace sobre la tierra con la visual que va del principio de la mina al lugar que se quiere minar; y lo mismo se observará en las lineas que forman angulo, como expliquè en el lugar citado, procurando observe la bruxula el mismo angulo con aquellas lineas, que formava con ellas sobre la tierra.

Puedese la mina dividir en diferentes ramales, que terminen à diferentes recamaras de polvora; pero es mas seguro que haya una sola, por ser casi imposible ajustar, que la polvora repartida en diferentes cabernas se encienda en todas à un mismo tiempo; y quando huviere muchas recamaras, como M, N, O, (fig. 84.) se hará el conducto, que desde P va à la mas cercana N, sea curvo, de suerte, que sea igual al PM, ò al PO, que van à las mas distantes del punto P. Lo demás que se deve advertir en el trabajo de las minas, toca mas à los Minadores, que à los Ingenieros, y se tratará en la Artilleria, ò Arte Tormentaria.

### PROP. XVI. Problema.

*Explicase lo restante hasta rendir la Plaza.*

**H**Aviendose ya cargado, ò atacado la mina à la cortina, ò baluarte, el General hace saber al Governador de la Plaza su resolucion, y que tiene mina dispuesta para bolar el baluarte, ò cortina: ofrece todas las condiciones posibles si se le rinde la Plaza sin esperar el estrago: dáseles facultad para que baxen à reconocer la mina, y tomen su resolucion en tiempo limitado; pero si esto no obstante, los sitiados se obstinan en querer ver el

efecto, se les hará saber serán todos pasados à cuchilo, y saqueada la Villa; y si aun con todo esto no quisieren rendir la Plaza, y perseveraren en el animo de esperar los ultimos esfuerzos de los sitiadores, el General, al tiempo que les pareciere mas conveniente, mandará à los que están en las trincheras de ataque mas proximas al bastion, ò cortina que se ha de bolar, se aparten para evitar el daño que les ocasionaria la lluvia de piedras que caeria sobre ellos despues de rebentada la mina. Hecho esto, mandará dar fuego à la mina; y haviendose bolado, mandará à algunos Ingenieros, ò Capitanes experimentados, reconozcan la brecha que huviere abierto, la qual, si no fuere bastantemente capaz, se perficionará con la artilleria; pero siendolo, hará el General relacion de ello en Consejo de Guerra; y tomada la resolucion, mandará poner todo su exercito en forma de batalla, y nombrará quatro compañías de Granaderos escogidos, que al señal de un cañonazo suban los primeros al abance por la brecha, lo que executarán con todo valor, y con este orden.

Un Sargento con 10. ò 12. Granaderos empiezan à abrir camino à los demàs: luego se sigue un Theniente con 20. Granaderos; y despues un Capitan con 50. Soldados esforzados: mientras éstos hacen su funcion, son sostenidos, y seguidos de todos los destacamentos, que el General huviere ordenado para esta accion; y al mismo tiempo todas las baterias de cañones, y bombas hacen un fuego continuo, singularmente contra los fuegos de la Plaza. En seguida de la gente sobredicha suben tambien al asalto algunas mangas de Fusileros con faginas, zapas, palas, y cestones, para aloxarse, y cubrirse en el lugar que se huviere ganado, caso que no pudieren passar adelante, por tener los sitiados hechas cortaduras; pero no cessarán de abanzar, persiguiendoles espada en mano, sin dar quartel à ninguno, hasta que se hayan retirado à sus cortaduras.

Haviendose pues retirado à ellas los sitiados, se cubrirán, y fortificarán contra ellas los sitiadores con toda diligencia, hasta afeftarles la artilleria para arruinarlas, ò

ga-

ganarlas abriendo trincheras como en la campaña, y echandoles minas para hacerlas saltar. Vencidas éstas, y ganados los puestos principales, se podrán ya los sitiadores decir dueños de la Plaza, singularmente desde el instante en que se enarbola el Estandarte en la brecha: luego se ponen los cuerpos de guardia en las puertas tomadas, y demás lugares competentes, y se profigue contra el enemigo, sin dar quartel, hasta que se vea no están ya en estado de sorprender cosa alguna; pero si previesse el General antes de esto, le ha de costar mucho la empresa, será mejor venga con ellos en que entreguen la Plaza con algunas condiciones, y ajuste; y si conociere puede venirles algun competente socorro, podrá concederles honradas capitulaciones; pero no habiendo este, ni otro recelo, no les deve recibir con otras condiciones, que de ser prisioneros de guerra: y en este caso se desarma la Guarnicion, y se encierra en algunos lugares capaces, y seguros.

Tomada ya la plaza, se hacen llenar las trincheras de los ataques, se cierran las brechas, y se pone la plaza en el estado de una nueva defensa; y antes que se retire el exercito, pone el Principe un Governador de la plaza, un Theniente de Rey, un Mayor, y otros Oficiales, con Guarnicion competente: el Governador hará desarmar la gente popular; pero les procurará tratar con quanta benignidad fuere posible, para aficionarles al Principe, portandose de suerte, que el pueblo halle mas suave el nuevo gobierno, que el que antes tenia.





# LIBRO VI.

## DE LA DEFENSA DE LA PLAZA, ò Polemica defensiva.

**L**A defenfa de una plaza en tiempo de fitio , viene à confistir en fatigar à los sitiadores , desbaratar fus defignios , frustrar fus intentos , deshacerles fus obras , obligarles à perder tiempo , hasta que llegando el invierno , ò sobreviniendo un focorro , se vean precisados à levantar el fitio , y desistir de la empreffa: para esto es menester tener prevenidas muchas cosas, y disponer otras de nuevo , que no se pudieron tener prevenidas , à lo qual se encamina lo contenido en las proposiciones siguientes.

### PROP. I. Problema.

#### *Prevençiones generales para la defenfa de una Plaza.*

1 **E**L Principe que quiere mantener sus plazas , deve nombrar para ellas Governadores, que sean personas de calidad , y Soldados de valor , y saber , y experimentados en la guerra.

2 Que el numero de Soldados que huviere de tener de guarnicion la plaza para su defenfa , sea competente , el qual se discurre ordinariamente haver de ser de 300. hombres en tiempo de paz , y de 400. en tiempo de guerra por cada baluarte de los que tuviere la plaza ; pero lo mas acertado serà hacer la cuenta de tener guarnecida toda la plaza segun fuere poderoso el enemigo que la puede sitiar ; y de modo , que haciendo tres ataques , haya gente bastante para entrar de guardia contra cada uno

400.

400. hombres todas las tardes , y tener una noche de descanso , esto es , dividiendo toda la gente en tres partes ; una para la guardia à los puestos ; otra de reten ; y la otra libre , para poder resistir al gran trabajo de un sitio.

3 Que la plaza estè abastecida de todo genero de viveres , y municiones , haciendo la cuenta que pueda durar el sitio quatro , ò cinco meses à lo menos si fuere Ciudad , y un año si fuere Ciudadela.

4 Declarado el sitio , mandará el Governador cortar todos los arboles , allanar las alturas , y profundidades del terreno , quemar todás las casás que huviere en los contornos de la plaza dentro del tiro de la artilleria , para que no se puedan cubrir los sitiadores , ni tomar quartel cerca ; deve retirar à la plaza el ganado , feno , granos , y todos los viveres ; y los que no pudiere , quemarlos , para que no se pueda servir de ellos el enemigo.

5 Se pondrán todás las municiones de guerra , y viveres en almacagenes à prueba de bomba , y divididos en diferentes partes , para repartirles prontamente à los que estàn en la muralla , y assegurarles de alguna desgracia , ò traicion , que podia suceder estando todas en un mismo lugar.

6 Luego que el enemigo haya plantado su campo , y no antes , empezarán à saluarle con la artilleria por las partes que pareciere se le puede hacer daño : y si es posible , se procurará alcanzar con las bombas al quartel de la artilleria ; y porque los Generales suelen de ordinario acercarse á reconocer la plaza , se deven tener pronti en parages altos algunos cañones , que alcancen mas lexos que el mosquete , para impedirle el acercarse à la plaza.

7 En sabiendo adonde viene encaminado el ataque , se reforzará la guardia àzia aquella parte ; se harán cortaduras en aquel baluarte , si no las huviere , como luego diremos : y se tendrán muchas estacas de reserva para substituir donde las arruinaren.

PROP.

## PROP. II. Problema.

*Hacer los contraataques, y otras defensas.*

**E**S maxima en la defensa, que el enemigo sea forzado à detenerse lexos, para que pueda dañar menos. Haciendo pues en las fortificaciones de la plaza suficiente prefidio, se procurará salir contra el enemigo à deshacer sus obras, obligarle à detenerse mas distante, y executar en él todas las hostilidades posibles. Para que esto se logre con mas felicidad, se hacen de noche, y con el secreto posible, unas lineas, como los ataques, por las quales los sitiados puedan, sin ser vistos, acercarse al enemigo, las quales han de guardar las condiciones siguientes.

1. Que el parapeto esté à la parte del enemigo.
2. Que estén enfiladas, y descubiertas de algun lugar de la plaza; y si puede ser, que de ellas se descubran los ataques del enemigo.
3. Que tengan unos medios reductos abiertos por la parte de la plaza, para que no pueda aprovecharse de ellos el enemigo.
4. Que no les pueda descubrir el enemigo de alguna eminencia.

También se procurarán hacer fuera del espalto algunas obras comunicadas, y defendidas de la plaza, para enfilas con la mosqueteria las trincheras de ataque, para retardarlas, y obligar à que abra otras el enemigo.

Las baterias de cañones, y morteros de la plaza se harán en las partes de la muralla menos vistas del campo, y que puedan tirar à la Infanteria, y Cavalleria quando entra, y sale de guardia à los ataques, y tambien para desmontar, y embocar la artilleria enemiga, y romper los parapetos de las trincheras: singularmente se arrojarán muchas piedras con los morteros al lugar donde se hacen los trabajos, que es lo que mas incomoda à los trabajadores.

PROP.

## PROP. III. Problema.

*Hacer las furtidas.*

**L**A defenſa mas importante de una plaza, ſon las furtidas, porque éſtas ſon las que mas confunden, y ſobrefaltan al enemigo, y eſtorvan mas à los trabajadores; y aſſi, quando los ataques eſtuvieren algo adelantados, deve procurar hacerlas el Governador caſi todas las noches, ò por lo menos tocarles arma falſa para retardarles el trabajo. La hora mas apta para hacer las furtidas, es deſpues de media noche, ò en tiempo de lluvia, en que las armas, y Soldados eſtàn mojados, y de menos ſervicio. Salen para eſto en tropas pequeñas por diferentes partes de la eſtrada encubierta, cuidando cada uno de ſaber el pueſto por donde ſe han de retirar: las armas que mas ſirven para las falidas, ſon granadas, partefanas, piſtolas, alfanques, guadañas, y garnios; zapas, y palas para deſhacer las trincheras; y clavos quadrados reforzados, y martillos para enclavar la artilleria, y otras coſas ſemejantes.

Con eſtas prevenciones ſalen à la campaña, y embiſten de repente à los ſitiadores: procuran unos clavar la artilleria, metiendo los clavos arriba dichos à golpes por los fogones, y rompiendo lo que ſobrefale, para que no les puedan ſacar: otros la deſmontan; otros rompen las trincheras, y arruinan lo que pueden, para que à lo menos ſe vea obligado el enemigo à repararlo gaſtando tiempo.

## PROP. IV. Problema.

*Hacer las cortaduras.*

**P**ARA oponerſe al aſſalto, y abance del enemigo, es preciso tener hechas diferentes cortaduras con firmes eſtacadas, las quales obligan al enemigo à detenerſe en batirlas de nuevo, deſpues de haver abierto brecha, y avanzado por ella al baluarte, ò cortina; y de eſta fuerte ſe

se vãn haciendo muchas , reduciendose à menor plaza, y fortificandose los sitiados mas adentro , quanto mas gana el enemigo , hasta mas no poder.

Las cortaduras son en dos maneras , unas particulares, que se hacen en un solo baluarte , ò angulo de la plaza: otras son generales , que se forman dentro de la plaza, comprehendiendo dos , ò mas baluartes. A qualquiera cortadura se le ha de hacer un foso por la parte exterior , que tenga à lo menos 6. ò 8. pies de ancho, y un parapeto competente : harãse en los parapetos unos hornillos, para que ganando el enemigo la cortadura , se les pegue fuego, y les buelen.

Supongamos pues , que el enemigo ha ganado un pedazo del baluarte A. (fig. 85.) Para este caso se hace , ò supone hecha la cortadura A: ganada esta , ò bolada , se forma, ò se supone ya formada la cortadura B en la semigola: esta se hace mas alta que la primera , para que la domine, y le ponen las banquetas suficientes, para que puedan disparar los Soldados.

Si se huviese de hacer una cortadura general como C, se tirará una linea del punto que se tomare en la una cortina , hasta el de la otra; y dividiendola en tres partes iguales , se hará en medio un baluarte plano , y dos medios à los extremos : advirtiendole , que las caras de los medios baluartes lleguen à cerrar con los parapetos de las cortinas, rompiendo para esto el terraplen de la muralla ; porque de otra fuerte los sitiadores predominaràn à los sitiados , viniendo por encima de ella. Esta cortadura deve predominar à las otras , y ha de tener un foso tan ancho como se pudiere : à semejanza de estas se pueden hacer otras, segun la necesidad.

Pero se ha de notar , que no se deve aguardar à que se pierda la primera cortadura para hacer la segunda ; ni à que se pierda esta para hacer la tercera , sino que luego que se acabe de hacer la primera , se empiece la segunda: ni para hacer la primera se ha de aguardar que este abierta la brecha , porque entonces se hará apriessa , y con turbacion , y peligro. Hanse de derribar los quarteles proximos

mos à la muralla , porque no se aproveche de ellos el enemigo.

## PROP. V. Problema.

*Hacer las Contraminas.*

**C**omo las minas sean las que hacen mayor estrago en las plazas , por esso se cuida acudir à frustrarlas abriendo contraminas. Formanse èstas abriendo fosos profundos algo obliquos, y cabando por debaxo tierra diferentes conductos, se procura encontrar con la mina del enemigo: encontrandola , se procura echar de ella à fuerza de armas, ò con humo denso , ò con fuegos artificiales. Para conoçer por donde guian la mina los enemigos , se formaràn muchos ramos de la contramina , en donde se ponen à escuchar el ruido de los golpes: hallada , se arruinarà con polvora , si no ha llegado aun à la plaza ; pero si huviere llegado, echados de ella los enemigos , se cegarà con tierra, y piedras , y se desharàn sus conductos.

## PROP. VI. Problema.

*Defensas que se deven hacer en diferentes lances.*

**L**A estrada encubierta se ha de procurar defender hasta lo ultimo , obligando al enemigo se aloxe fuera de ella en la esplanada ; y se verà si por debaxo se les puede bolar con hornillos , ò minas , echandole continuamente granadas , y fuegos artificiales.

Si el enemigo tomàre la estrada encubierta , y se fortificàre en ella , no hay duda que facilmente arruinarà con sus baterias los flancos , y harà brecha como quisiere, procurando à su calor passar el foso , y aloxar el Minador. A lo primero se ocurre fortificando , y restableciendo de noche lo que huviere arruinado de dia. Para lo segundo se hacen transversas , y cofres enterrados en el foso , para tirar continuamente sin ser ofendidos , disparando sin cesar la artilleria de los flancos para romper la galeria, echan-

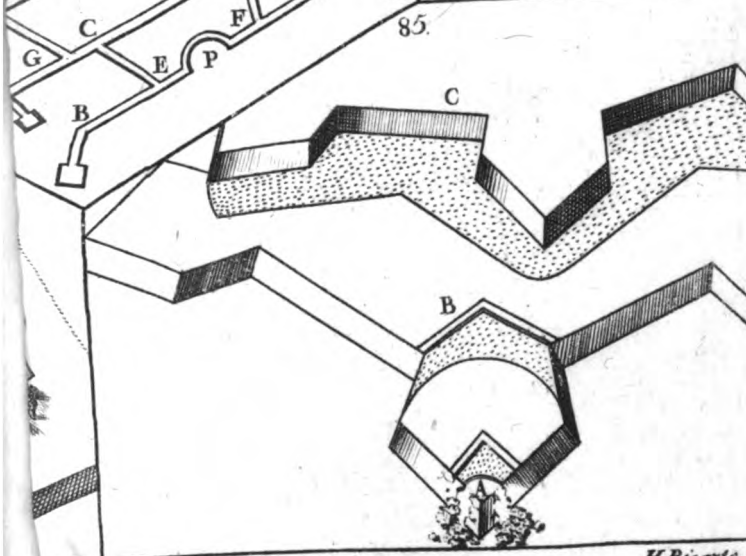
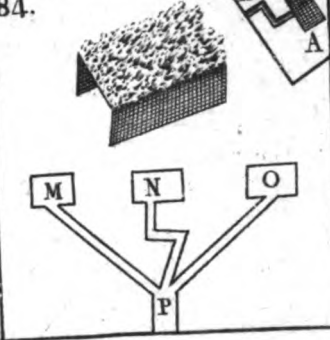
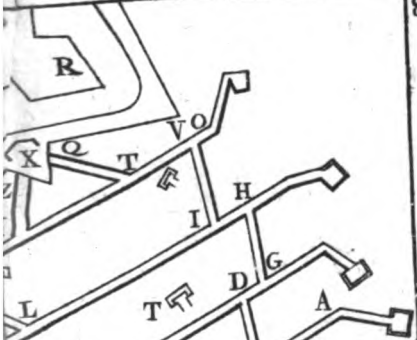
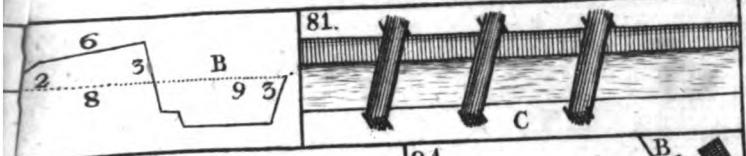
echandole por arriba fuego para quemarla, y se procurará buscar el Minador con contraminas.

La brecha que se huviere hecho, se cerrará con faginas, tierra, estiercol, estacas, maderos, cavallos de frisa, barriles llenos de tierra, y tablas con clavos, y abrojos.

Quando el enemigo diere el assalto, prevenidas las cortaduras, se repartirá la gente para poder jugar con las granadas, fuegos, y fusiles; y de los flancos opuestos tirará la artilleria de revés con cartuchos de balas. Aloxado el enemigo en la brecha, y fortificado en ella, se retirarán los defensores à las cortaduras.

Ultimamente, quando se conociere haver cumplido con la obligacion de valerosos Soldados, y que no se puede resistir mas à la fuerza del enemigo, y que no hay esperança de socorro, se hará la llamada para tratar de capitulacion, que será con las proposiciones ordinarias que se suelen dar à una plaza Real, que se ha defendido con valor, y credito.

**TRA**



H. Ricarte sculp.







# TRATADO XVII.

## DE LA

# PIROTECHNIA,

### ARTE TORMENTARIA,

### O ARTILLERIA.



**S** tal la condicion del fuego, y tan indomita su ferocidad, que no dando lugar à las experiencias philosophicas, viene à quedar su naturaleza mas admirada, que sabida. Es su movimiento tan pronto, y veloz, que no tolerando examen mathematico, casi logra la total exemption de sus preceptos. Puede la Estatica determinar los movimientos de los cuerpos graves: pueden la Hidrostatica, è Hidrotechnia poner leyes à las aguas: puede finalmente la Astronomia sujetar à ciertos calculos los varios movimientos de los Orbes celestes; pero es muy dificultoso, si no imposible, reducir à reglas fixas la celeridad quali instantanea del fuego. Pero como la astucia ingeniosa de los hombres se haya valido de sus furias en las maquinas de guerra, serà forzoso, en lo que permitiere la materia, emplear en su explicacion este tratado, que se llama *Pirosechnia*, por tratar de las ma-  
 qui-

328 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.  
quinas de fuego. Y aunque sea esto ageno de mi profesion, procurarè dar à entender con la claridad possible la fabrica, y uso de dichas maquinas, fundandolo todo en las experiencias de los peritos, à quienes sujeto en todo mi dictamen. Divido este tratado en quatro libros: el primero serà de los fundamentos de la Pirotechnia, ò Arte Tormentaria: el segundo, de los diferentes generos de cañones de artilleria: el tercero, del movimiento de los cuerpos proyectos: el quarto, y quinto, de la practica de la Artilleria, y Bombarderia, con algunas otras cosas del intento.



# LIBRO I.

## DE LOS FUNDAMENTOS DE LA Arte Tormentaria, ò Artilleria.

**L**O principal en que se funda el Arte Tormentaria, ò Artilleria, es en la potencia de la polvorera, que encerrada en la concavidad de los cañones, ò cavernas de las minas, apenas siente el fuego, adquiere tan subitanea rarefaccion, que impaciente de la clausura que la comprimia, arroja con indecible furor toda la municion, aunque sea de cuerpos muy pesados, para lograr en el ayre la extension devida à su naturaleza: por lo qual serà forzoso tratar de ella en este primer libro con la brevedad possible.

PROP.

## PROP. I. Theorema.

*Explicase la invencion de la polvora, y materiales de que se compone.*

**E**L inventor de la polvora fue, como dicen comunmente los Autores, Bertholdo Schuvats, Aleman, y Monje de profesion, gran Philosopho Espagirico, y Alchimista; el qual por los años del Señor 1379. estando cierto dia trabajando en su arte, tenia molida una cantidad de salitre, y azufre para otros fines: pero cayendole acafo dentro del mortero una centella, se resolvió toda aquella materia en una exhalacion de fuego, que repentinamente la consumió con gran admiracion del Artifice. A ésta, que fue casualidad, añadió otras muchas experiencias, y dió noticia al mundo de este nuevo enemigo de la humana naturaleza, que despues se fue perficionando, hasta llegar al estado que al presente vemos. Esto que he dicho es lo mas comun, si bien Luis Collado, à quien sigue Diego Ufano, dice, que en el año 1366. se vió ya el uso de la polvora en algunos cañones.

Los materiales de que se compone la polvora son tres es à saber, azufre, salitre, y carbon. El sulfur, ò azufre es materia sumamente dispuesta para el fuego, y facil de encenderse, è inflamarse; el salitre es de tal condicion, que en sintiendo el calor, se resuelve prontamente en impetuoso viento: de que se sigue, que mezclados estos dos materiales, resulta un compuesto, que prontamente concibe el fuego, y se convierte en viento; pero por ser tanta la prontitud con que el salitre se resuelve en viento, se sigue, que las primeras partes que se inflaman, y convierten en viento, extinguen las del azufre, sin dar lugar à que comuniquen su inflamacion à las demás; lo que obligó à añadir à los sobredichos otro material, que siendo prontamente inflamable, fuese retentivo del fuego; y este es el carbon hecho polvos: con lo qual, aplicado el fuego à este mixto, que es la polvora, se inflama prontamente.

mente por el azufre, cuya llama detiene bastantemente el carbon aquel brevísimo tiempo que es menester para que todo el salitre se convierta en viento, y de toda la polvora inflamada resulte la exhalacion impetuosa, que con admiracion, y horror experimentamos tantas veces. El dar la causa de tan maravillosos efectos es propio de la Filosofía; y así la dexo para otro lugar. Solo añado, que esta invencion, juntamente con otra de la polvora, que llaman *sulminante*, y del oro fulminante, ha dado gran luz para discurrir la formacion de los truenos, relampagos, y rayos que suceden en las nubes, por la gran semejanza de sus efectos.

## PROP. II. Theorema.

*Explicase en qué consista principalmente la potencia de la polvora, y las diferentes especies de ella.*

ES constante, que de los tres materiales arriba dichos, que componen la polvora, el mas principal, y el que tiene la fuerza, violencia, y rigor es el salitre, porque éste es el que encendido por el sulfur, ò azufre se convierte quasi instantaneamente en un fuerte viento, que juntamente con el fuego del azufre hace aquella impetuosa llama, que rompe sin resistencia las mas fuertes clausuras, y arroja por el ayre los cuerpos, que embarazan su movimiento, por pesados que sean; pero esto no obstante, digo, que la potencia de la polvora consiste en la perfecta, y proporcionada mixtura de los tres materiales sulfur, salitre, y carbon: porque aunque es verdad que la fuerza principal consiste en el salitre, si le faltasse el carbon, ò fuesse muy poco à proporcion de la cantidad del salitre, sería la polvora poco poderosa, por la sobrada presteza del salitre en convertirse en viento, sin dar bastante lugar à la inflamacion de la restante materia, cuya total inflamacion es precisa para los efectos de la polvora: y asimismo si la cantidad del carbon fuesse excesiva respecto del salitre, quedaria éste en gran parte impedido para su pronta dilatacion. Consiste pues la potencia absoluta de la

la polvora en la proporcionada mixtura de los tres materiales, azufre, carbon, y salitre.

En què cantidad, y proporcion se hayan de mezclar en la composicion, y fabrica de la polvora, es cosa bien sabida de los Artifices; y así no me detengo en ella. Solamente es bien advertir, que esta mixtura no consiste en un indivisible, si que tiene alguna latitud, de que se originan diferentes especies de polvora, segun las diferentes cantidades, que de dichos materiales entran en su composicion. Las principales, segun Pedro Sardi, Firrufino, y otros, son tres. La primera tiene 4. partes de salitre, una de carbon, y otra de azufre. La segunda tiene 5. partes de salitre, una de carbon, y otra de azufre. Y la tercera consta de 6. partes de salitre, una de carbon, y otra de azufre. A la primera llaman *Polvora de 4. as, y as*; à la segunda de *5. as, y as*; y à la tercera de *6. as, y as*. La segunda es mas potente que la primera; y la tercera mas que la segunda, por la mayor porcion de salitre, que es el espíritu, y alma de la polvora; pero esto se ha de entender, siendo en todo lo demás iguales: porque no se puede dudar, que de ser mas, ò menos perfectos los materiales sobredichos, y de estar mas, ò menos refinados, trabajados, bien unidos, y mezclados entre sí, depende el ser mas, ò menos perfecta la polvora. Segun el P. Dechales, la polvora de 4. as, y as, es proporcionada para la Artilleria; pero segun sentir de Julio Cesar Firrufino, la que usan comunmente en Italia es la de 5. as, y as. La de 6. as, y as, es mas propia para las escopetas cortas, si bien el citado Firrufino en el cap. 76. dice, que la mixtura siguiente, que viene à ser casi de 6. as, y as, es buena para la artilleria. Para 100. lib. de polvora se ponen 75. de salitre refinado; 12. lib. y media de azufre bien limpio; y 13. lib. y media de carbon: y aunque todo fumado hace 101. libras; pero por suponer que en trabajarla, se pierde una libra de carbon en polvo, la añade en la composicion: todo lo qual remito à la pericia, y experiencia de los prácticos.

PROP.

## PROP. III. Problema.

*Examinar la bondad, y defectos de la polvora, y su potencia.*

**E**Xaminase la bondad, y defectos de la polvora, averiguando, si los materiales de que la compuso el Artifice, estuvieron bien purificados, y conseguidos en la forma siguiente. Tómese una tabla lisa, y puesto sobre ella un poco de polvora, se le dará fuego; y si después de haverse quemado no quedare horror alguna, y tersidad, será señal de que estuvieron bien purificados los ingredientes; pero si aquel lugar quedare negro, denotará haver en ella sobrado carbon, y si dexare manchas, como de aceyte, será señal que tiene mucha grassa; y si quedare blanco, será señal de mucha sal; y si quedaren algunos granos pardos, que el azufre, y salitre no fuesen bien refinados de las particulas terreas.

La polvora, aunque sea muy buena, se gasta con la humedad, la qual buelve liquido al salitre, y le separa de los otros materiales; y así conviene tener la polvora en lugares secos. Si se hallasse alguna cantidad de ella viciada por la causa sobredicha, se tomará de ella una cierta medida, y juntamente se tomará igual medida de otra polvora buena: pesense entrambas, y lo que à la viciada le faltare de peso para igualar con la otra, se añadirá de salitre; y reduciendolo todo à polvos, y bolverendolo à mezclar bien, y à formar en granos, se tendrá reparada la polvora, y buelta à su primer estado.

Para averiguar la mayor, y menor potencia de la polvora, se tendrá hecho un mortero de bronce, capaz de arrojar una bala de hierro, y tambien de bronce, que se tendrá reservada para este efecto: carguese el mortero con una poca polvora, como de una, y dos onças, para que encendida arroje la bala à pocos passos de distancia; y aquella polvora, que tomada precisamente en la misma cantidad, y en el mismo punto de elevacion del mortero arrojàre la bala à mayor distancia, será la mas poderosa; y su po-

potencia será mayor, ó menor, según lo fuere la distancia á donde arrojaré la bala. Tengo este modo por mejor, que algunos otros que traen los Autores.

PROP. IV. Theorema.

*Dase la razon de algunos de los mas principales efectos de la Polvora.*

Los efectos de la polvora son tan notorios á la experiencia, quanto es oculta su causa á la Philosophia. El primero de ellos, es aquella pronta dilatacion, y extension que tiene apenas se le aplica el fuego, que consiste en convertirse en un viento subitaneo el salitre en fuerza de la rarefaccion que causa el fuego: halta aqui es cierto; pero en señalar el modo como se hace esta dilatacion, hay variedad en los Philosophos, y cada uno lo discurre probablemente según sus principios, ó hipoteses. Sienten algunos, que desatadas por el fuego las particulas del salitre, conciben un movimiento circular, para el qual, como ellas sean largas, y rectas, necesitan de grande espacio, que adquieren prontamente con aquel veloz movimiento. Otros, con no menos probabilidad, discurren que las particulas del salitre tienen virtud elastica, como los muelles de los relojes, la qual no pueden exercitar, hasta que desatada su trabazon, y textura por virtud del fuego, se estienen con gran fuerza, como los sobredichos muelles quando estanco plegados les dexan repentinamente libres; y como las dichas particulas del salitre sean tantas en numero en un solo grano de polvora, aplicado el fuego, se hace la dilatacion con grande, y notable efecto. No me detengo mas en esto, porque, como dixé, es mas propio de la Philosophia.

El segundo efecto de la polvora, es el trueno que hace al salir de un cañon después de encendida, el qual es con siguiente á la repentina dilatacion, y extension del salitre; porque rompiendo, y dividiendo brevissimamente por ganar trecho al ayre, le impele con grandes, prontas, y violentas vibraciones, que hiriendo al timpano de

Tomo V.

Ee

nuef-



nuestro oído, nos causa aquella fuerte sensación, que es el trueno.

Aquí se puede dudar, si se podrá fabricar un genero de polvora, que llaman *muda*, por no hacer trueno. Afirmanlo comunmente, y suelen dar algunos para su fabrica la siguiente regla: Mezclése con la polvora comun igual cantidad de Borace Veneciana, incorporese todo, y reduzcase à granos, y quedará hecha la polvora muda. O tambien: Tomense seis partes de polvora comun, una de Borace Veneciana, una de piedra Calamita, y una de sal Armoniaco; incorporese todo, y reduzcase à granos, y será la polvora muda. Pero tengo por cierto el sentir del Padre Dechaes, que careciendo de estrepito, carecerá tambien de fuerza, por consistir ésta en la subita dilatacion, de la qual se sigue necessariamente la rupcion del ayre, estremecimiento suyo, y el trueno: lo que juntamente persuade, y confirma el ver, que las escopetas de viento hacen tambien su trueno.

Puedese finalmente dudar qual sea la causa de que la polvora molida, y reducida à polvo, pierde casi toda la fuerza. A esto se responde facilmente en la sentencia arriba dicha, que supone ser las particulas del salitre como unos muellecillos complicados con virtud elastica, diciendo, que así como los muelles rompidos en menudas piezas no tienen la elasticidad, y rigor para desembolverse, y dilatarse; assimismo con la contusion que reduxo à menudos polvos la polvora, se desmenuzaron tanto las particulas del salitre, que perdieron la elasticidad, ò virtud, y rigor para extenderse, con que no se sigue la pronta dilatacion, y por consiguiente la polvora en este estado es inutil. Otras razones discurren otros, según sus hypotheses philosophicas.

Amas de esto, para que la polvora haga buen efecto, necessita de encenderse toda quasi instantaneamente, y sin succession sensible, para lo qual es menester esté formada en granos, porque de esta suerte por los pequeños vacíos que hay necessariamente entre unos, y otros, se propaga brevissimamente la llama desde los primeros granos

à

à los ultimos , y queda toda encendida ; lo que no sucede estando reducida à polvos , por llenarse de ellos todos aquellos vacios , y por configuiente se inflama successivamente , y sin efecto. Por esta causa deven cuidar los Artilleros de no apretar tanto con la estiva la polvora dentro del cañon , que venga à desmenuzarse , y perder los granos , porque quedará tan flaca , que apenas podrá arrojar la bala fuera del cañon.

## PROP. V. Theorema.

*La polvora despues de inflamada dentro del cañon , queda por algunos instantes comprimida.*

**E**Star un cuerpo comprimido , es estar violentamente en menor lugar del que pide , y necessita para su natural extension: como el ayre metido violentamente dentro de la escopeta de viento , tiene alli menor lugar del que necesita; y en permitiendole alguna puerta , se extiende con gran fuerza. Y al contrario , está tenso un cuerpo , es tener mayor extension de la que pide: como la cuerda tirante , y alargada con violencia , que apenas la dexan libre , se reduce à dicha menor extension con gran movimiento. Esto supuesto , digo , que la polvora , despues de inflamada dentro de un cañon , padece compresion por algunos instantes. La razon es clara , porque despues de inflamada , y convertido en ayre el salitre , pide mayor extension à mucho mayor lugar del que alli ocupa , el qual no puede conseguir sino mediante el movimiento , que no puede hacerse en un instante; antes bien la fortaleza del metal , que son las paredes de la carcel , y la municion , que cerrandole la puerta le disputa la salida , le resisten , y dandole que vencer le ocasionan alguna detencion: luego por algunos instantes es detenida en menor lugar del que pide; pero esto es estar la polvora compresá : luego despues de inflamada , tiene algunos instantes de compresion.

E c a

PROP.

## PROP. VI. Theorema.

*La virtud elastica de la polvora inflamada, es la que causa su pronta dilatacion, y de que se figuen sus formidables efectos.*

**L**aman los Philosophos *virtud elastica*, ò en una palabra, *elasticidad*, aquella virtud que tienen los cuerpos tentos, y compresos para restituirse à su extension, y lugar connatural: estando pues la polvora, (5.) despues de inflamada, compresada dentro del cañon, su dilatacion halta ocupar en el ayre su lugar natural, se hará por la fuerza, ò virtud elastica; y como de dicha dilatacion se figuen sus efectos, se infiere provenia todos de la virtud elastica sobredicha.

## PROP. VII. Theorema.

*La virtud, ò fuerza elastica, es à medida de la compresion, assi en la polvora, como en los demás cuerpos compresos, ò tensos.*

**I**nfierese de lo dicho, porque quanto mayor es la compresion, tanto es mayor la violencia que padece el cuerpo compresado; pero quanto es mayor la violencia, tanto es mayor la fuerza con que se restituye al estado connatural, la qual fuerza es la virtud elastica: luego segun fuere la compresion, es la virtud elastica. De que se sigue, que quanto mayor fuere la compresion de la polvora dentro del cañon, tanto mayor será la velocidad, y prontitud con que se moverà su llama; è impetuosio viento: porque esta velocidad es como su causa, que es la virtud elastica; y asimismo, todos los efectos que se figuen de este arrebatado, y furioso movimiento de la polvora encendida, serán mayores al passo que fuere mayor su compresion.

PROP.

## PROP. VIII. Theorema.

*La polvora inflamada, mientras se dilata, añade à la bala nuevo impulso en cada punto de espacio. (fig. I.)*

**S**Ea AB la longitud de la alma, ò concavidad de un cañon, ò la distancia que hay desde el fogon A, à la boca B. Digo, que la polvora inflamada, mientras se dilata, è impele à la bala por AB, la comunica nuevo impulso en cada punto imaginable de la linea AB. La razon es, porque como se supone, la polvora inflamada no llega à tener su connatural extencion hasta que està fuera del cañon AB: luego en todos los puntos de AB està compresada, y procura su dilatacion: luego en todos tiene virtud elastica: luego en todos obra, como causa necesaria, el efecto que puede obrar contra la bala; pero este efecto es el impulso: luego en cada punto produce en la bala nuevo impulso.

## PROP. IX. Theorema.

*Los impulsos que se añaden à la bala en cada punto de la linea AB, son desiguales. (fig. I.)*

**L**A razon es, porque los impulsos son efecto de la virtud elastica: luego son à proporcion de su causa; pero la virtud elastica no es igual en todos los puntos de la AB: luego ni los impulsos que de nuevo se producen. Que la virtud elastica no sea la misma en todos los puntos de la AB, se demuestra, porque (7.) la virtud elastica es, segun es la compresion; pero èsta es desigual en los puntos de la AB, porque al passo que la polvora inflamada se va estendiendo, ocupa mayor lugar, y està menos compresada: luego la virtud elastica no es igual en todos los puntos, si que se va disminuyendo. En què proporcion se disminuyan estos impulsos, es propio de la Philosophia, y aora no necesitamos de ello.

PROP.

PROP. X. Theorema. I

*Los impulsos que de nuevo se añaden à la bala en los diferentes puntos de la AB, perseveran hasta que la polvora ha conseguido su total dilatacion.*

(fig. I.)

**P**Ruebase esto con razon semejante à la que en la Estática se probò, que los impetus que cada instante produce la gravedad en los cuerpos que caen, perseveran en ellos todo el tiempo de su descenso, porque los impulsos producidos por la virtud elastica en la dilatacion de la polvora encendida, son para que ésta con aquel gran movimiento adquiera su estado, y extension natural: luego como no ha ya causa, que con impetus contrarios les destruya, perseveran hasta que la polvora llegue à poseer la dilatacion que apetece, y de que necessita para su estado conatural; y como la bala se mueva entonces con aquellos mismos impulsos de la polvora, se sigue perseveran en ella todo el tiempo de la dilatacion sobredicha.

Dixese perseveran todo el tiempo de la dilatacion de la polvora, porque acabada ésta, se separa la bala de la polvora, y ya por su gravedad, ya por la resistencia del ayre, pierde poco à poco aquel movimiento, como lo enseña la experiencia.

PROP. XI. Theorema.

*El movimiento con que la polvora inflamada se mueve, y lleva delante de si à la bala, es acelerado.*

(fig. I.)

**I**nfierese de lo dicho, porque (8.) en cada punto del espacio AB se añade nuevo impetu en la llama, y ésta da nuevo impulso à la bala, todos los quales impulsos perseveran mientras dura el movimiento: (10.) luego éste es acelerado, así como se dixo en la Estática serlo el de los cuerpos graves descendentes, por semejante razon

zon à la dicha; si bien con la diferencia, que los impetus que se añaden cada instante à los cuerpos graves descendentes, son iguales, por ser siempre igual la gravedad que les produce; y en este movimiento de reduccion son desiguales los que en cada punto de la AB se producen, por la desigual compresion, y elasticidad, como dixè en la *propof. 9.*

## PROP. XII. Theorema.

*La polvora inflamada na cessa de impeler la bala hasta haver conseguido su total, y connatural dilatacion.*

**D**Emuestrase, porque la polvora inflamada impele à la bala con su movimiento de dilatacion; y la bala no tiene otro movimiento que el que le dà la polvora: luego jamàs tendrà la vala mayor movimiento que el que lleva el impelente, que es la polvora inflamada: luego èsta la estará siempre impeliendo, y acelerando su movimiento, hasta que por haver adquirido su total dilatacion cese de moverse. De que se infiere no apartarse la bala de la polvora encendida, hasta que èsta ha adquirido su total dilatacion; como ni la facta se aparta de la cuerda tirante del arco que la impele, hasta que dicha cuerda llega à la situacion recta que tenia antes que la mano que flecho el arco la truxesse, y diltrayesse.

## PROP. XIII. Theorema.

*Aquel cilindro de fuego que la polvora inflamada forma dentro de un cañon, para que haga el mayor efecto que puede, no ha de terminar su dilatacion antes de salir del cañon, si en la misma boca, ò poco mas afuera de ella. (fig. 1.)*

**S**Ea el alma, ò vacio de un cañon AB, cuyo fogon està en A, lugar de la polvora, y la boca en B. Digo, que la polvora inflamada, ò cilindro de fuego, que se forma en dicha concavidad, no ha de llegar à tener su dilatacion connatural antes de la boca B para que se configu  
su

su mayor efecto, si que ha de terminar esta connatural extension en la misma boca A, ò fuera de ella à poca distancia.

Pruebase, porque si llegasse à terminar su dilatacion en E, le faltaria à la bala el impulso que la comunicaria la polvora en todos los puntos que hay desde E hasta B en virtud de la dilatacion, que entonces cessaria en E; y por consiguiente allí se apartaria la bala de la polvora inflamada, por ser ya el movimiento de la bala mayor que el movimiento con que la seguiria la polvora, no en fuerza de la dilatacion, si para salir del cañon: luego la bala saldria del cañon con menos impulso, que si la polvora la huviesse ido impeliendo con su extension violenta hasta la boca B.

Tambien si la polvora inflamada saliesse del cañon AB notablemente antes de conseguir su total dilatacion, despediria la bala con menos impulso. La razon es, porque mientras la dilatacion se hace dentro del cañon AB, toda su fuerza es por la linea recta de A à B contra la bala, por no poderse dilatar àzia otra parte, por causa de la clausura del cañon, que no le permite otra salida que la boca B; pero en llegando à estar fuera del cañon, tiene ya libre su dilatacion àzia todas partes; y así se reparte àzia todas su impulso, y por consiguiente no le emplea todo contra la bala, si solo alguna porcion suya: luego todo este impulso le faltará à la bala para su movimiento, que no le huviera faltado si toda la extension de la polvora se huviera terminado en la boca B, ò poco despues de ella: luego para el total efecto que se puede esperar de esta maquina, es mejor que el cilindro de fuego termine su dilatacion en la boca B, ò poco despues de ella. Dixe, ò poco despues de la boca, porque importa mucho que la polvora acompañe la bala algun trecho despues de haver salido del cañon, para que con esso halle menos resistencia en el ayre, y sea mayor su movimiento.

PROP.

## PROP. XIV. Theorema.

*La cantidad de la polvora proporcionada para arrojar con el debido efecto la bala, es aquella que inflamada toda, y estando aun algo compresã, llena toda la concavidad, ò alma del cañon.*

**E**Sta proposicion se infiere de la antecedente, porque con esto la actividad de la polvora no cessa de impeller con nuevos impulsos à la bala, hasta haverla arrojado fuera del cañon; ni la bala se separa de su llama hasta estar ya fuera: y llegando la polvora inflamada à la boca de la pieza con alguna compresion, se consigue, que aun estando fuera se dilata mas, y dà aun mas impulso à la bala, ayudandola à dividir el ayre, y vencer su resistencia: luego esta ha de ser la cantidad de la polvora.

## PROP. XV. Theorema.

*Las piezas de Artilleria demasidamente largas, y anchas de cañon, hacen menos efecto, y es mas corto el trecho adonde arrojan la bala.*

**C**onsta esto primeramente por la experiencia: pues como refiere Luis Collado en el cap. 9. una culebrina, que tirava 48 libras de bala, y tenia de largo mas de 47 diametros de su boca, y era bien reforzada de metal, apenas llegava con su tiro al de una media culebrina de 16 libras de bala. Viendo pues su poco efecto, y la mucha municion que expendia, se tomò resolucion de fundirla; pero antes se hizo esta experiencia, que la aserraron un pedazo à 8 bocas lexos de su boca, y tirando con ella, se viò era mucho mayor su alcance, que el que hacia quando entera: en vista de esto se aserrò otro pedazo, y se tirò con ella otro tiro, el qual fue aun mas largo que el passado: aserròse tercera vez, dexandola en la longitud de un buen cañon de bateria, y tirando con ella otro tiro, se experimentò un maravilloso efecto. Semejantes experiencias se han hecho en otras especies de cañones.

La



La razon pues porque las piezas, cuya aima es ancha, y demasidamente larga, hacen menor efecto, y despiden con menor rigor la bala, es, porque para que tengan el total efecto de su potencia, es menester ( 14. ) que el cilindro de fuego, que forma la polvora encendida dentro del cañon, conserve su movimiento de dilatacion, y elasticidad hasta la boca, ò algo mas afuera de ella: luego en los cañones anchos, y sobrado largos, será menester gran cantidad de polvora para que encendida forme el cilindro de fuego con las condiciones sobredichas: y como tanta cantidad no se pueda encender toda en el tiempo en que se arroja la bala, se sigue salirse ésta del cañon antes de haverse inflamado toda la polvora, lo que era menester para que acompañasse la bala con todo el rigor hasta fuera del cañon: luego es impelida, y arrojada con menor impulso; y por consiguiente corre menor trecho, y hace menor efecto. Y sin duda se experimentará mayor aun con menos polvora, siendo menor su longitud, como lo atestigua la experiencia arriba dicha.

Explicome mas: La culebrina de que hemos hablado, por ser su bala de 48. libras, necesitava de 48. libras de polvora comun, ò poco menos, para su devido efecto, como consta de la experiencia: esta cantidad de polvora, para que produzca dicho efecto, es menester se encienda; y toda encendida impela con su pronta dilatacion à la bala; pero como tanta cantidad no se pueda encender tan prontamente, que no se adelanten las primeras porciones encendidas à arrojar la bala, se sigue no salir ésta con todo el efecto que se devia esperar de la potencia del cañon: mas acortado éste, como ya su concavidad sea menor, basta menos cantidad de polvora inflamada para llenarle, è impeler la bala con toda su potencia: luego con menos cantidad de polvora; esto es, con los dos tercios del peso de la bala, que son en el caso propuesto 32. libras, hará mejor efecto.

Verdad es, que si toda la polvora con que se carga la culebrina larga, y ancha se encendiese antes de arrojar la bala, sería mayor el efecto, y la echaria mas lexos;

por-

porque como (9.) en cada punto de la longitud se añada nuevo impetu, siendo mayor la longitud del cañon, teria tambien mayor la violencia con que saldria la bala; pero como no se pueda encender toda la polvora en dicho tiempo en los cañones sobredichos, si que la arrojan en grano, como lo atestigua la experiencia, no se sigue este mayor efecto.

De aqui nace la razon por què se han visto obligados los Principes à mandar fundir diferentes generos de piezas de artilleria, segun la diferente magnitud de las balas que han de arrojar, y los efectos para que han de servir, de que trataremos en el lib. 2. Pero antes quiero dexar explicadas algunas dificultades en las proposiciones siguientes.

## PROP. XVI. Theorema.

*De las balas de igual magnitud, pero de diferente materia, aquella va mas lexos, que es mas pesada; y de las de una misma materia, la mayor va mas lexos que la menor.*

**D**igo lo primero, que si dos balas de igual magnitud, pero de diferente materia, como una de hierro, y otra de piedra, se arrojan con un mismo cañon, y cantidad de polvora, irà mas lexos la de hierro, que es mas pesada, que la de piedra, que lo es menos. Consta de la experiencia; y la razon es primeramente, porque la bala mas pesada hace mas resistencia à la polvora, con lo qual hace que mas perfectamente se encienda toda, de que se sigue imprimir èsta mayor impulso à la bala mas pesada, que à la que lo es menos; porque la menos pesada, obediendo mas presto al impetu de la polvora, no dà lugar à que se encienda toda, y assi sale con menor velocidad.

Pruebase tambien, porque aun supuesto que entrambas recibiesen igual impulso de la polvora, correria mas lexos la mas pesada, porque por su mayor densidad, y solidèz, lleva mas fuerza para romper el ayre, y vencer su

re-

resistencia, que la menos pesada, que por su poca densidad es mas presto vencida de la resistencia del ayre, y reducida à la quietud; y así es claro, que si se arroja una bala de madera, ò alcornoque, con un cañon de artilleria, caerá luego en tierra à poco trecho.

Digo lo segundo, que de dos balas de una misma materia, como por exemplo de plomo, la mayor camina mayor trecho que la menor. Tambien lo atestigua la experiencia; y es la razon, porque la mayor es capaz de mayor impulso, por contar de mas puntos, ò particulas de materia que la menor; y aunque es verdad, que el impulso que recibe la menor, es capaz de llevarla à la misma distancia, à la qual lleva à la mayor su mayor impulso; pero la mayor vence la resistencia del ayre mas que la menor, porque la resistencia con que el ayre resiste à dichas valas, es como las superficies de las balas, que tienen entre si razon duplicada de la de sus diametros; pero la fuerza con que vencen dicha resistencia del ayre, es como las solideces, que tienen razon triplicada de la de sus diametros; esto es, si el diametro de la mayor es doblado del diametro de la menor, la superficie de la bala mayor, y resistencia del ayre, será quatro veces mas que en la menor; pero la solidez, y fuerza para vencer en la mayor, será ocho veces mas que en la menor; y así, aunque el ayre resista à la mayor quatro veces mas que à la menor, como pueda contra el ayre ocho veces mas, le vencerá mejor, y correrá mayor trecho.

Tambien, si con un cañon se arroja una bala de plomo de 10. libras, y con el mismo se arrojan 10. libras de balas pequeñas de la misma materia, se ve caminar à mucho mayor distancia la bala grande, que las pequeñas, no por otra razon, si porque siendo la solidez, y peso de las pequeñas igual al de la mayor, es mucho mayor la superficie de todas ellas, y por consiguiente la resistencia que las hace el ayre.

PROP.

## PROP. XVII. Theorema.

*Determinase à quanta distancia del cañon hace la bala mayor efecto.*

**D**igo, que el mayor efecto de la bala es à distancia de algunos passos despues de la boca del cañon ; y que desde alli , quanto mas se aparta del cañon , se va poco à poco perdiendo su impulso. La razon es , porque el mayor efecto le hace quando lleva mayor impulso ; pero este le tiene à pocos passos despues de la boca del cañon , porque alli es donde se aparta la bala de la polvora , por seguir la esta , è impelerla con su dilatacion hasta alli : luego alli tiene mayor rigor. Consta de lo dicho en la *prop.* 13. y 14.

Tambien porque en dicho lugar es poca , ò ninguna la resistencia que le hace el ayre à su movimiento, por haverle ya vencido la exalacion de la polvora formando el trueno : teniendo pues alli todo el impulso que le diò la polvora , y no haciendole el ayre resistencia , ha de hacer mayor el efecto. Este serà sensiblemente el mismo à mayor distancia , hasta que por la resistencia del ayre se vaya perdiendo el impulso que le diò la polvora.

Bien es verdad ; que si la boca de la pieza se arrimare à una muralla , y estando así se le diessse fuego , haria mayor efecto ; y la razon es clara , porque no hallando franca salida la polvora inflamada , y estando aun compresada , es mayor la fuerza con que toda junta obra contra la bala , y tambien contra la contera de la pieza : por lo qual , así como hace en este caso mayor retirada , hace tambien en la muralla mayor efecto ; pues por emplear toda su fuerza contra el resistente , que es la muralla , hace reflexion su impulso rebolviendo contra la contera. A esto se añade , que con aquella gran resistencia de la muralla se da lugar à que mas perfectamente se encienda toda la polvora ; lo que regularmente no sucede quando tiene franca la salida , y así es mayor el efecto. Con esto se satisface à las experiencias que trae Julio Cesar Firrufino en el cap. 55. de su perfecto Artillero.

PROP.

## PROP. XVIII. Theorema.

*El ser un cañon mas reforzado, ò rico de metal, conduce muy poco para su mayor efecto, mientras no le falte el preciso para su mayor seguridad.*

**L**A razon es, porque el ser un cañon mas reforzado, y rico de metal, solo puede conducir para el mayor efecto, en quanto su retirada es algo menor por lo que es mas pesado; y asi el impulso de la polvora exercita mas su fuerza contra la bala, dandole de mas todo aquel impulso que expenderia en la retrocesion del cañon: ni discurre otra ventaja en quanto à este efecto, y asi juzgo conduce muy poco.

Dicen algunos, que siendo mas rico de metal, se le podrá dar mayor carga de polvora, con lo qual será mayor el efecto; pero como el canon tenga la riqueza de metal que le compete, segun su genero, se le podrá dar su carga proporcionada de polvora, la qual hará tanto efecto, y aun mas que si se le añadiesse mas polvora; porque en pasando de la justa medida, se sale en grano, y sin inflamarse, como se dixo en la prop. 14. Podiale discurrir, que la polvora inflamada impele los costados del cañon, y que éstos con la violencia de aquel impulso hacen un genero de vibracion, dilatandose un poco, y restituyendose à su estado, con la qual restitucion dan nuevo impetu à la expulsion de la polvora por la boca; y si esto fuesse asi, no hay duda, que haviendo mas metal seria mas fuerte esta vibracion, y por consiguiente mayor la fuerza de la expulsion de la polvora, y bala; pero como sea incierto dicho movimiento, lo dexo al juicio de los Philosophos peritos.

## PROP. XIX. Theorema.

*Quando la vala passa por sobre algun rio, ò estanque hace menor efecto.*

**A**Sseguran algunos constar por la experiencia, que la vala que passa por sobre agua, y lugares pantanosos

los pierde su impetu , y no camina tanto trecho , y hace menos efecto. La razon que lo persuade es, que el ayre que hay sobre los rios, y lugares pantanosos, es mas crasso por los muchos vapores que continuamente suben de los sobredichos lugares , de que se sigue resiste mas al movimiento de la bala , que el ayre mas puro : luego con su resistencia disminuye su movimiento , y debilita sus fuerzas para que no haga tanto efecto. Algunos sienten, que si el rio, ò lugar pantanoso , por donde passa la bala fuere muy grande, pierde tanto de su impetu, que solo hará la quarta parte de su trecho ; pero esto es muy dificultoso de determinar.

## PROP. XX. Theorema.

*Quando con un cañon se tiran seguidamente muchos tiros , los ultimos son de algo menor fuerza , y efecto que los primeros.*

**L**A razon de esto, no parece puede ser otra que el calentarse notablemente el cañon con los primeros tiros: porque, como dice el P. Dechales , consta por experiencia, que en estando caliente la pieza, pierden algo de fuerza sus tiros. La causa de esto juzgo ser , que el ayre contenido entre los granos de la polvora , se dilata por rarefaccion, quando ella se enciende la primera vez ; y esta pronta dilatacion de aquel ayre, ayuda à la expulsion de la bala; pero quando dicho ayre està ya caliente por los primeros tiros, es muy poco lo que se puede dilatar, por tener ya en si mucha dilatacion por el calor : luego faltará à la expulsion de la bala aquel impulso del ayre ; y por consiguiente no saldrá con tanta violencia.

Que el ayre , así el que està dentro de la pieza , como el que està fuera , padezca con el incendio de la polvora gran rarefaccion , y dilatacion , es claro , por los principios generales de la Philosophia , y lo atestigua la experiencia ; porque si un cañon se dispara tocando su boca en la tierra , inmediatamente despues de haver dado la carga, atrae dentro de si la tierra , ò arena ; y tal vez ha sucedido  
atraer

atraer un perro, como rehene el P. Dechales: de lo qual no parece poderse dar otra razon, ni que havien dose dilata do por gran trecho el ayre con la inflamacion de la polvo ra, para restituirse a su lugar, y menor extension natural, se entra con gran violencia dentro del cañon, llevandose consigo la tierra, ó arena: es pues indubitable la dilata cion, y rarefaccion subitanea del ayre.

Pero tengo por cierto lo que dice FIRRUNDO en el cap. 24. que el primer tiro de un cañon no es tan poderoso, ni de tanto efecto como el segundo que inmediatamente se tira, y la causa es por estar en el primero la pieza regular mente fria, y con alguna humedad, que atraida de la polvora la buelve mas tarda en encenderse; pero en el segundo tiro, hallando ya la polvora moderadamente caliente al ca ñon con el primero, y ablutada su humedad, se enciende mas presto, y arroja con mayor prontitud, y velocidad la bala; mas pasando de este al tercero tiro, por estar ya el ca ñon mas caliente de lo preciso, es ya algo mas fiaco su efec to, y de menor alcance su tiro, por la razon sobredicha.

## PROP. XXI. Theorema.

*Determinase si la retroccion, ó retirada que hace el cañon al dispararse, sucede antes, ó después de salir la bala.*

**P**ARA resolver esta dificultad, que conduce mucho para la practica, conviene primero saber la causa de la re troccion, y retirada que hace la pieza quando se dis para, la qual no es otra, que el impulso de la polvora in flamada, porque procurando con tanta violencia su exten sion, exercita su impetu contra la bala, y bocados, que la cierran su salida: y como en vencerles, y arrojales halla al guna resistencia, rebuelve parte de su fuerza contra el fon do de la alma del cañon àzia la culata, para que como re tributando alli, eche fuera con mayor violencia la bala; y obedeciendo à dicho impulso toda la maquina, buelve atras, y se retira.

Esto

Esto supuesto, importa saber si esta retirada se hace antes de salir la bala del cañon, porque de hacerse antes, se ha de seguir errarle el tiro, y huir la bala del blanco, especialmente quando se tira con alguna elevacion del cañon. Andan en este punto varios los Autores; pero si atendemos à las experiencias, se echarà de ver ser poco, ò ninguno el error que este retiro de la pieza puede inducir en sus tiros. En Valencia se hizo la experiencia siguiente. Despues de cargado el cañon, se levantò una de las ruedas de la cureña, haciendo descansasse unicamente sobre la extremidad de un palo fixado en tierra: apuntòse en esta forma al blanco, diòsele fuego, y hizo un acertadísimo tiro, siendo así que con la retirada quedò el cañon mirando à lugar muy distante del blanco.

Digo pues, que la retirada del cañon se empieza à hacer al mismo tiempo en que se empieza à mover la bala; pero que es tan poco lo que se retira en aquellos breves instantes que le detiene la bala en salir del cañon despues de movida, que es insensible; y por consiguiente casi toda la retrocesion sucede quando la bala empieza à estar fuera del cañon, y por consiguiente esta retrocesion no puede inducir notable error en los tiros.

Que empiece la retrocesion al mismo tiempo en que empieza à moverse la bala por dentro del cañon, se prueba, porque al mismo tiempo en que la polvora se inflama, empieza à impeler la bala con su dilatacion, expendiendo tambien parte de su impetu contra la culata del cañon, como arriba dixe, y reempujando contra ella para desahogarse por la boca arrojando la bala: luego al mismo tiempo se empieza la retrocesion, que la expulsion, y movimiento de la bala. Pero que sea poquísimo, è insensible lo que se retira el cañon en aquellos brevísimos instantes en que la bala corre su concavidad, es evidente, si se compara el movimiento de la retrocesion, con el que lleva la bala, que es millares de millares de veces menor, y mas tarde: luego es insensible; y por consiguiente podemos decir, que sensiblemente se hace la retrocesion al salir la bala por la boca del cañon, y no mientras està



dentro; y por consiguiente, que de esta retirada que hace la pieza al dispararse, no hay que temerse error sensible, y notable en sus tiros.

## PROP. XXII. Theorema.

*La bala despedida del cañon anda algun trecho por linea recta sensiblemente, pero no con todo rigor mathematico.*

**D**igo, que la bala despedida de un cañon con la violencia de la polvora, jamás hace linea que en rigor mathematico sea recta; pero que hasta cierta distancia se puede tener por recta, por ser su curvatura insensible. Entrambas cosas he de procurar demostrar.

Para probar la primera, se han de considerar en la bala arrojada ya del cañon dos impelentes, y dos movimientos, que aunque en la realidad no pueda haver mas que uno en un cuerpo movable; pero como de los dos impelentes se le comuniquen dos impulsos por diferentes lineas, de las quales resulta un tercero movimiento, es menester hablar de ellos, como si fueren distintos, para evitar la confusion. Los dos impelentes en nuestro caso son la polvora inflamada, y la gravedad, ò peso de la bala: la polvora impele à la bala por linea recta, que es el exe del cilindro concavo del cañon continuado; y la gravedad la impele por linea perpendicular al horizonte, que se dirige al centro de la tierra. El movimiento que procede de la polvora es violento, y retardado: violento, por llevar al cuerpo pesado por linea en algun modo opuesta à la de su inclinacion natural, y encaminarse à detenerle en el ayre contra su exigencia; y retardado, ya porque lo violento no tiene permanencia, ni conviene la tenga en la naturaleza, ya por la resistencia que hace el ayre à aquel movimiento. El que proviene de la gravedad, es natural, y acelerado: natural, por ser según la naturaleza, y exigencia del cuerpo grave, que va à su centro; y acelerado, como consta por la experiencia en los cuerpos descendentes, y se explicó largamente en la Estática. Esto supuesto,

Prue-

Pruebo, que la bala arrojada del cañon no va trecho alguno por linea, que en todo rigor sea recta, porque al movimiento que lleva, concurren las dos causas arriba dichas, que por ser causas necesarias obran quanto pueden obrar; es à saber, concurre la polvora inflamada, y la gravedad natural, de las quales la polvora le comunica movimiento violento retardado, y la gravedad le da movimiento natural acelerado: luego el movimiento de la bala arrojada del cañon, es mixto de violento retardado, y de natural acelerado; pero el tal movimiento se hace necessariamente por linea curva, como probarèmos en el lib. 3. luego dicho movimiento desde su principio fuera del cañon, es siempre por linea curva, y jamàs por linea que en rigor sea recta. De este sentir es el Padre Honorato Fabry en el tratado del *Movimiento local*, lib. 4. desde el *problema* 21. y Firrufino en el *cap.* 24. siguiendo à Nicolàs Tartalla en su *Nueva Ciencia*, el qual prueba lo que hemos dicho con la razon siguiente, que propongo aqui, dexando la principal, que llaman *à priori*, para el lugar citado.

En la *figura* 2. la linea que en el ayre describe con su movimiento la bala sea AEC, que se dividirà en algunas partes iguales en los puntos H, G, F, &c. Es cierto, que la bala va perdiendo su movimiento al passo que se aparta del punto A, conque menos velocidad lleva en DC, que en ED; y en ED, que en FE, &c. Esto supuesto, si en esta linea hay alguna parte que sea recta, supongamos sea AE: dividase AE por medio en G; y como se ha dicho, la bala passará con mayor velocidad por AG, que por GE: luego el movimiento natural al centro de la tierra, tendrá mas lugar en GE, que en AG: luego la GE no será tan recta como AG: luego la AE no es linea recta, contra lo supuesto. Lo mismo se convencerà subdividiendo la AG por medio en H, porque por la misma razon se inclinará mas HG, que la AH, y así infinitamente: luego todos los puntos considerables en la AE, al passo que fueren mas distantes de A, se irán inclinando àzia la tierra, por decrecer en cada uno el mo-

movimiento violento, y crecer el natural àzia la tierra: luego en todo el camino AEC de la bala, no puede haver parte alguna, que sea linea rigurosamente recta.

Pruebo agora lo segundo, que por algun trecho la linea que corre la bala es sensiblemente recta; porque el movimiento que le da la polvora es tan veloz, y lleva con tanta brevedad la bala à un gran trecho, que puede correrle sin que tenga lugar la gravedad, y peso de baxarla el espacio alguno sensible àzia la tierra. El Padre Dechaies dice, que por 300. passos geometricos corre seguramente la bala de un cañon de artilleria por linea recta; y aunque añade constar por la experiencia, que una cañabrilla mayor, en tiro horizontal, que llaman *de punto en blanco*, corre casi 600. passos sin baxar sensiblemente del blanco; si que forma linea sensiblemente recta.

Contra lo que hemos dicho se puede haver una objecion, fundada en lo que dixe en la Estatica, *lib. 2. exper. 2.* que por experiencias hechas con toda diligencia consta, que un cuerpo grave desciende por el ayre libremente 4. pies, y un quarto en el tiempo de medio segundo, ò 30. tercèros: luego si la bala despedida del cañon por la linea horizontal, descendiese àzia la tierra por virtud de la gravedad, y peso, al cabo de 30. tercèros huviera ya baxado 4. pies, y un quarto; y como en este tiempo no pueda aun correr la bala 120. passos geometricos, porque en correrles gasta, segun el Padre Marino Merfèno, un segundo, ò 60. tercèros, se sigue, que antes de haver corrido 120. passos, ya daría la bala 4. pies, y un quarto baxo del blanco, lo qual es contra las experiencias arriba dichas, y otras innumerables, en que à los 300. y 400. passos da el tiro horizontal en el blanco sin decaer sensible.

A esta objecion se pueden responder dos cosas: la primera, que assi como la resistencia del ayre disminuye en parte los impetus, ò velocidades que en cada instante del descenso adquiere al cuerpo descendente, como diximos en la Estatica, *lib. 2.* assi tambien el movimiento horizontal, que da la polvora à la bala, disminuye en gran par-

parte los impetus que la gravedad imprime en ella para hacerla descender; por lo qual su descenso en aquel tiempo no sería los 4. pies, y un quarto, si mucho menos. Pero porque muchos Philosophos con Galileo no quieren conceder que el impetu horizontal disminuya porción alguna del perpendicular ázia la tierra, ni conocen otra diminucion, si sola la que causa el ayre con su resistencia, añado segunda solucion, diciendo, que la violencia de la polvora inflamada al salir del cañon, impele algun poco la bala ázia arriba, levantándola sobre la linea horizontal, lo que consta, como muchos afirman, de repetidas experiencias: y no carece de fundamento, porque aquella exhalacion en hallandose libre del cañon, sube por su natural constitucion ázia arriba, y afsi dà à la bala algun impulso levantandola; como queda dicho. Con esto pues, que sube la bala al salir por la boca del cañon sobre la horizontal, y lo que despues de gran trecho buelve à baxar à la misma linea se consigue, que en los trechos sobredichos no pueda baxar sensiblemente baxo la linea horizontal; y sea en ellos la linea, que corre, recta sin diferencia sensible. Añadese à esto la poca, ò ninguna resistencia que hace el ayre à la bala quando sale del cañon, por estar alli muy sutil, y raro, por la exhalacion de la polvora.

## PROP. XXIII. Theorema.

*En los tiros por elevacion, es algo mayor el trecho que corre la bala por linea sensiblemente recta.*

**E**N la proposicion antecedente dixi, que en los tiros horizontales và la bala largo trecho por linea sensiblemente recta. Digo aora, que el trecho sobredicho es mayor quando se tira por elevacion. La razon es, lo primero, porque en esta postura del cañon, la bala cargada con su peso sobre la polvora, y la hace mas resistencia à su dilatacion; y por consiguiente se inflama mas perfectamente toda, que en la situacion horizontal: luego saldrà la bala con mayor rigor; y por consiguiente, en  
igual

454 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

igual tiempo al que por la horizontal corria una linea sensiblemente recta, por exemplo, de 400. passos, correrà en elevacion una linea de 500. luego la linea recta tobredicha serà mayor en los tiros por elevacion. Lo segundo, porque la polvora inflamada en esta elevacion del cañon acompaña mas à la bala despues de haver salido, por ser mas, segun su natural, moverse àzia arriba la exhalacion, que por la linea horizontal: luego le añadirà à la bala mayor impulso; y por consiguiente serà mayor la dicha linea sensiblemente recta.

PROP. XXIV. Theorema.

*Determinase si el viento, singularmente quando es fuerte, y invade de lado à la linea de la bala, puede torcer el tiro.*

**A** Esto se responde, que si la distancia fuere corta, no se variará sensiblemente por la causa propuesta la linea de la bala, porque en corta distancia es casi nada lo que la puede apartar de su camino; pero si la distancia fuere larga, y el ayre, como se supone, viniere de lado, y fuere notablemente recio, será capaz de hacerla torcer el camino, y ladear el tiro: por lo qual convendrá, que el Artillero haga el asiesto sobre viento: este desvío será mucho mayor si se tirare por elevacion, como en los morteros de las bombas, por disminuirse arriba el movimiento de la bala, ò bomba, quando quiere empezar su descenso, con lo qual puede mas entonces contra ella el embate del viento: tambien será mayor este inconveniente quando la bala fuere pequeña, porque con mas facilidad la hará el viento perder su linea, que no à la mayor, que aunque tenga mas superficie que la menor, pero el exceso de su solidez la hace mas resistente contra el viento.

LI.



## LIBRO II.

### DE LOS TRES GENEROS DE Artilleria.

**E**N este libro se tratarà de todo lo tocante al perfecto conocimiento de los tres generos que hay de artilleria, que llaman culebrinas, cañones, y pedreros, explicando el reparamiento, y proporcion de sus metales: el modo de trazar así las piezas, como sus afustes, y cureñas, y todo lo demás que à ellos pertenece. Procuraré la brevedad, pero sin omitir cosa alguna de las que puede desear un perfecto Artillero; y para mayor claridad repartiré este libro en quatro capitulos: en el primero, segundo, y tercero, trataré de los tres generos en particular; y en el quarto, lo que fuere general, y comun à todos.

#### CAPITULO I.

##### DEL PRIMER GENERO DE ARTILLERIA.

##### PROP. I. Theorema.

*Es forzosa haya à lo menos tres generos de Artilleria.*

**G**enero de artilleria, es una cierta disposicion de las piezas, proporcionada al efecto para que ha de servir; y como los principales efectos para que pueden servir sean tres, son tambien tres los generos de la artilleria. El primer efecto es, para ofender de lexos al enemigo, para lo qual sirven las piezas del primer genero,

ro, que llaman *calabrimas*, que aunque tiran menor bala que otras, por la razon que despues diremos, las arrojan à gran distancia. El segundo efecto es, para abatir, y domoer los muros, y baluartes, y abatir en ellos competentes brechas; para lo qual no son tan proporcionadas, por si solas las piezas del primer genero, por ser las balas que arrojan de menor magnitud de la que se necesita para este intento: por esta causa se ha inventado el segundo genero, que llaman de *cañones*, que tirando mayor bala, con menor cantidad de pólvora, ocasionan mayor, y mas pronta la pretendida ruina. El tercero efecto es, para combatir en el mar contra los Navios, y Galeras, y para defender en tierra los assaltos del enemigo, y para otros semejantes efectos: para lo qual eran las del segundo genero demasiadamente furiosas, coltosas, y pesadas para el manejo que estos fines requieren; y así se formò el tercer genero de piezas, que llaman *pedretos*, que arrojando balas de piedra, ò gran cantidad de balas menudas, hacen con menos pólvora el sobredicho efecto; y siendo menos pesadas, son mas tratables, y conducibles à los lugares convenientes.

## PROP. II. Theorema.

*Determinase la proporcion que en estos tres generos de Arteria ha de tener la longitud del cañon con la carga de la pólvora.*

**L**O principal que se deve atender en los tres generos de artilleria, es la proporcion de la longitud de la alma, ò concavidad de las piezas, con la cantidad de pólvora con que se cargan; porque como para el buen efecto de su potencia sea menester, que el cilindro de la pólvora inflamada llene todo el cañon; como se dixo en el lib. 1. *propof. 14.* es forzoso haya en todos una cierta proporcion de la longitud del cañon con la cantidad de su carga, para que se consiga el sobredicho efecto. La proporcion que comunmente suelen dar los Autores, es la siguiente.

Las

Las piezas del primer genero constan de 30. hasta 32. diametros de su boca en longitud, contados desde el togon (que se supone en lo mas fondo de la alma) hasta la boca; y se cargan con peso de polvora igual al de su bala. Las del segundo genero tienen de 18. hasta 20. diametros de su boca en longitud; y el peso de la polvora con que se cargan es los dos tercios del peso de su bala. Las del tercer genero tienen de largo 12. hasta 14. diametros de su boca; y se cargan con polvora que sea la mitad, ò el tercio de su bala, segun fueren mas, ò menos reforzadas de metal; como se dirà despues.

Esta proporcion de la longitud, y carga de la polvora en los tres generos, usada ya mucho tiempo, y enseñada por la experiencia, tiene mucho fundamento, y concuerda con lo arriba dicho: porque à las piezas del segundo genero se les da en longitud los dos tercios de las del primer genero; esto es, las del primero 30. diametros de su boca; y à las del segundo, veinte: y tambien se cargan con los dos tercios del peso de su bala, ò de la carga de las del primer genero; y no hay duda, que si en entrambos generos suponemos para mayor claridad, se tire una misma bala, como de 18. libras; que en entrambas piezas, el cilindro de fuego que llena su concavidad, tendrá una misma, ò igual bala. Luego (174. lib. 12. Eucl.) serán estos cilindros como sus alturas: luego el cilindro de fuego en la del segundo genero será los dos tercios del cilindro de la del primero; pero la polvora del segundo es tambien dos tercios de la del primero; luego si la del primero, como se supone asegurado por experiencias, llena todo el cañon, tambien le llenará la polvora con que se carga la pieza del segundo genero. Lo mismo se halla en las del tercer genero con poca diferencia.

PROP. III. Theorema.

*Explicanse las especies de Piezas del primer genero de Artilleria.*

**P**iezas del primer genero, son todas aquellas que tienen de largo 30. diametros de su boca hasta 32. como queda dicho. Sus ordinarias especies solo se diferencian



cian en la mayor, ò menor bala que arrojan; pero todas concuerdan en la sobredicha longitud; y son, *Culebrina*, *Media Culebrina*, *Quarto de Culebrina*, ò *Sacre*, y *Octava de Culebrina*, ò *Falconete*. La culebrina arroja bala de 20. libras: la media culebrina echa bala de 10. libras: el quarto de culebrina, ò sacre, la arroja de 5. libras: y el octavo de culebrina, ò falconete, de dos libras y media. Pero esto se ha de entender en esta forma, que falconete, ò octavo de culebrina, se llamarà qualquiera pieza de este primer genero, cuya bala sea de dos libras, y media, hasta quatro libras: porque en llegando à ser su bala de cinco libras, ya se llamarà sacre, ò quarto de culebrina; y este mismo nombre se les darà à todas las que tiraren bala de cinco hasta nueve libras: y media culebrina, las que echàràn bala de 10. hasta 18. ò 20. libras, que es ya culebrina entera.

*Adviertase, que assi en este genero, como en los demàs, siempre que dixemos ser una pieza, ò cañon de 20. ò de 25. &c. libras de bala, entendemos, que el diametro de su boca, puesto en el calibre, señala alli las sobredichas libras de bala; porque en la realidad, la que arroja es siempre menor, por el viento, ò huelga que deve tener, como despues veremos.*

Con lo dicho queda bien claro, y facil el conocimiento de las especies de este genero de culebrinas. Omíto otras especies de menor calibo, ò bala, como eran los *Verfos*, *Rabadoquines*, *Esmiriles*, *Moyanas*, *Cebrasanas*, *Passabolantes*, y *Grifaltos*, que por ser casi de ningun provecho, ya no se usan en buenas fundiciones, como ni tampoco otras de mayor diametro, y longitud que las referidas, à quienes davan los nombres horrorosos de *Dragones*, *Aspides*, *Basilescos*, *Serpentines*, *Sirenas*, &c. porque ya por poco manejables por su gran peso; ya por la mucha municion que expendian; y lo principal, porque siendo tanta la polvora con que se cargavan, no se podia encender toda en el tiempo que andava la bala la longitud del cañon, se han dexado por inutiles.

A todas las especies de culebrinas arriba dichas, que tienen de largo 30. à 32. diametros de su boca, llaman *legitimas*; y à las que tuvieren menos, llaman *bastardas*: mien-  
tras

tras que su bala no sea mayor que de 20. libras, porque en siendo mayor, tienen menos longitud, y son ya del segundo genero, como despues diremos. A este primer genero se reducen tambien los mosquetes, arcabuces, fusiles, &c. aunque su longitud consta de mas calibos, ò diametros de su boca, que los arriba dichos.

## PROP. IV. Theorema.

*Explicacion de todas las partes que componen una Pieza de Artilleria. (fig. 3.)*

**E**S forzoso, que los que professan una Arte, como es esta de la Artilleria, tengan el conocimiento, y noticia de los nombres con que se expresan las partes que componen su principal objeto, para que de esta suerte se expliquen con los terminos propios de la Arte: por esta causa, antes de passar adelante, quiero explicar los nombres propios de cada una de las partes que componen una pieza de artilleria. Vease pues la *fig. 3.* en la qual se representa el perfil de una culebrina, como si estuviere cortada à lo largo, desde la boca hasta la culata, en la qual van expressadas las partes que se hallan comunmente en todas las piezas, assi en las de primer genero, como en las del segundo, y tercero, cuya declaracion es la siguiente.

A. Boca de la pieza.	L. Bocel del refuerzo.
AB. Alma, ò concavidad.	M. Moldura del refuerzo.
C. Joya de la boca.	N. Bocel de la contera.
D. Cuello de la pieza.	O. Fogon.
E. Collarino, ò Astragalo del cuello.	P. Joya de la contera.
H. Moldura de los muñones.	Q. Contera.
G. K. Muñones.	R. Definicion de la contera.

Cada una de estas tres partes, y faxuelas consta de otras mas menudas, como son filetes, golas reversas, cordoncillos, &c. las quales admiten variedad à gusto del Artifice.

PROP.

## PROP. V. Theorema.

*Determinase el repartimiento , y distribucion de metales que han de tener las Piezas del primer genero.*

( fig. 3. )

**E**N quanto à la longitud que han de tener estas piezas desde el fogon hasta la boca , ya hemos dicho ha de ser de 30. hasta 32. diametros de su boca; pero en quanto à la crassicie se distinguen en sencillas, reforzadas, y flacas de metal: y aunque estas ultimas se hayan de desechar por defectuosas, conviene hacer mencion de ellas, por si acaso se viesse obligado el Artillero à tirar con alguna de semejantes piezas, sepa disminuir la carga para no rebentarla al primero, ò segundo tiro. *Piezas sencillas*, son la que tienen suficiente cantidad de metal, y crassicie con el devido repartimiento. *Reforzadas*, son las que tienen mas metal que el preciso: y *flacas*, las que tienen menos que el preciso que llevan las sencillas.

La recta reparticion de los metales consiste en dar la devida cantidad, y espessura à la pieza en tres partes principales suyas, que es en la culata en derechura del fogon O; en la moldura H de los muñones; y en el cuello D. Esta reparticion, y distribucion de metales es como se sigue. A todas las piezas del primer genero, desde el falconete hasta la culebrina, se les daràn en derechura del fogon O tres diametros de la boca; esto es, el diametro OO de la pieza en aquel lugar ha de contar de tres diametros de la boca A, de los quales el de enmedio serà el vacio de la alma, ò cilindro concavo de la pieza; y los demàs seràn de espessura, uno de cada parte de dicho vacio; ò por mejor decir, uno de solidez al rededor del vacio. El diametro HH de la pieza en la moldura de los muñones, tendrà dos diametros y medio de la boca, el uno de los quales serà el de la alma, ò vacio; y el uno y medio de espessura, esto es, tres quartos; ò segun el estilo ordinario que divide el diametro de la boca en ocho partes iguales, serà seis ochavos à cada parte, ò al rededor del

del vacío : y ultimamente al diametro DD del cuello se le daràn dos diametros de la boca , con que tendrà alli medio diametro de espessura à cada parte, ò al rededor del vacío. A la culata Q se le darà sin la definicion, ò remate R, la misma espessura de metal que se diò à la pieza en derecha del fogòn, que segun lo dicho arriba, es un diametro de la boca.

Esta distribucion de metales es la regular, y segura ; y las piezas de este primer genero que la tuvieren seràn legitimas, aunque sencillas ; pero si tuvieren mas metal, especialmente en el parage del fogòn, seràn reforzadas ; y si les faltare algo, seràn itacas de metal. Firrufino varia algo la sobredicha distribucion, como se ve en la primera tabla de las dos siguientes, de las quales la primera contiene la reparticion de metales, que dicho Autor pone en las piezas legitimas, y sencillas ; y la segunda la que señala para las reforzadas. Los numeros denotan diametros de la boca.

TA-

## T A B L A

*De la distribución del metal en las piezas sencillas del primer genero.*

	<i>Fogón.</i>	<i>Moldura de los muñones.</i>	<i>Cuello.</i>	<i>Largo.</i>
Piezas.	3.	2. y medio.	1. nueve dezimas, ò dos bocas.	30.
Culebrina.	3.	2. y medio.	1. nueve dezimas, ò dos bocas.	31.
Media Culebrina.	3.	2. y dos tercios.	2.	30. à 32.
Sacrè.	3.	2. y medio.	2.	30. à 32.
Falconete.	3.	2. y medio.	2.	30. à 32.

## R E F O R Z A D A S.

	<i>En el fogón.</i>	<i>Moldura de los muñones.</i>	<i>Cuello.</i>	<i>Largo.</i>
Piezas.	3. y un ochavo.	2. y dos tercios.	2.	30. à 32.
Culebrina.	3. y un ochavo.	2. y dos tercios.	2.	31.
Media.	3. y un sexto.	2. y dos tercios.	2.	30. à 32.
Sacrè.	3. y un cuarto.	2. y dos tercios.	2.	30. à 32.
Falconete.	3. y un cuarto.	2. y dos tercios.	2.	30. à 32.

A la basè, ò fondo de la alma en la contera, se da en todas lo mismo que al fogón.

Diego Ufano, *trat. 1. cap. 6. fol. 22.* dice, que las especies de culebrinas arriba dichas, han de ser mas ricas de metal, quanto mas pequeñas, y quiere que la culebrina tenga en el fogòn tres diametros de la boca, como antes dixè; pero que la media culebrina ha de ser un poco mas reforzada que la culebrina; el quarto, ò sacre, mas que la media; y el falconete, mas que el sacre: y se funda, en que se suele tirar mas con las mas pequeñas, que con las mayores; y que à falta de balas de hierro, se pueden con ellas tirar balas de plomo, que son vez y media mas pesadas que las de hierro, y siempre con polvora igual, tanto por tanto al peso de la bala, sea de hierro, ù de plomo. Pero mientras no se haya de tirar con ellas bala de plomo con carga igual à su peso, si mas moderada, juzgo tienen toda la seguridad, y firmeza, con que tengan todas en el fogòn al contorno de su hueco un diametro de su boca, como arriba dixè.

Añado, que aun con esto solo quedan las menores mas reforzadas que las mayores, respectò de la bala que arrojan, y cantidad de polvora con que se cargan: y es la razon, porque todas se cargan con peso de polvora igual al de la bala; y no hay duda, que el diametro de la bala menor, ò el de la boca, con poca diferencia, es mayor respectò de su solidèz, y peso, que el de la bala mayor respectò del fuyo; porque como se verà, quando tratèmos del calibre, el diametro de la bala de una libra es subduplo, ò la mitad del diametro de la bala de ocho libras, siendo así, que su peso, y por consiguiente la cantidad de polvora que se le da à la bala de una libra, es ocho veces menor del que se le echa à la bala de ocho libras: luego mayor refuerzo es en la pieza menor un diametro de su boca, respectò de su carga, que en la mayor un diametro de su boca, respectò tambien de su carga.

El fundamento de esto consiste, en que las balas tienen entre sí razon triplicada de la de sus diametros; y éstos, subtriplicada de la de las balas, ù de sus pesos: esto es, si las balas son como 8. lib. à una lib. los diametros son como 2. à 1. donde se ve, que mayor razon hay de 8. à 1. que

464 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.  
 que de 2. à 1. y ( 8. 5. Eucl. ) mayor razon hay de 1. à 2.  
 que de 1. à 8, y alternando ( 27. 5. Eucl. ) mayor razon  
 hay de 1. à 1. que de 2. à 8. luego mayor razon tiene la kraf-  
 ficie de la pieza menor, que es un diametro de su boca con  
 una libra de polvora, que es su carga, que tiene la kraficic  
 de la pieza mayor, que es dos diametros de la menor, ò  
 uno de su propia boca eqq 8. libras, que es su carga; y por  
 configuiente, aquella es mas reforzada que ésta; y así de  
 las demás al passo que son menores.

PROP. VI. Problema.

*Formar, y colocar en su devido lugar los muñones en  
 las Piezas.*

LA situacion de los muñones, así en quanto à lo largo,  
 como en quanto à lo grueso de la pieza, deve ser muy  
 atendida; porque si en quanto à lo largo se colocan sobra-  
 do distantes de la contera àzia la boca, resulta ser la pie-  
 za sobrado pesada de contera, y dificultosa de manejar;  
 y al contrario, si se ponen sobrado distantes de la boca, ca-  
 becea la pieza, inclinandose al tiempo de dispararse, lo que  
 puede inducir error notable en los tiros. Para evitar pues  
 entrambos inconvenientes es forzoso que se coloquen en tal  
 lugar, que siendo mas pesada la parte de la contera, se  
 asegure el que no se incline al tiempo de dispararse, y jun-  
 tamente sea facil su manejo. En determinar esta recta situa-  
 cion, andan algo varios los Autores; pero la regla mejor  
 me parece ser la siguiente.

1 En los falconetes, por ser piezas de poco peso, no  
 hay que escufar el que sean cargadas de contera: y así, sean  
 sencillos, ò reforzados, se dividirá toda la pieza à lo largo,  
 desde el principio de la moldura de la culata, hasta el brocal  
 en siete partes iguales; y à las tres contadas desde el prin-  
 cipio de dicha moldura, se hará un punto, y allí se coloca-  
 rá el centro de los muñones.

2 En los sacres sencillos se guardará la misma regla,  
 que en los falconetes; pero siendo reforzados, despues  
 de haver hecho la division à lo largo en siete partes igua-  
 les,

les, como se ve en la *fig. 4.* en AB, se dividirá el refuerzo en tres partes iguales; y tomando una de ellas, se pondrá desde el punto 3. ázia la culata, y será por exemplo hasta el punto C, y este será el centro de los muñones.

3. En las culebrinas, y medias culebrinas, siendo sencillas, se dividirá toda la longitud desde el principio de la saqueta de la culata hasta el brocal en doze partes iguales, como se ve en la línea DE, que representa lo largo de la pieza, y en la división, ó punto 5. contado desde la culata, se pondrá el centro de los muñones; pero si fueren reforzadas, para que sean mas manejables, se pondrá la mitad del refuerzo desde dicho punto 5. ázia la culata hasta F, y allí será el centro de los muñones. Pedro Sardi, y otros, dan por regla general, que se divida la pieza en siete partes iguales, y se pongan los muñones en el punto 3. dexando tres partes ázia la culata, y quatro ázia el brocal; pero si fueren reforzadas, serán algo pesadas de culata, especialmente las culebrinas, y medias.

Los muñones de estas piezas del primer genero, han de ser gruesos el diametro de su boca, y lo mismo se les suele dar de largo; pero tengo por mas acertado se les de un ochavo mas del diametro de la boca, para que igualen, y lleguen á la superficie exterior de los tablonnes, porque teniendo estos de grueso, como se verá despues, un diametro de la boca, y estando apartados del cuerpo de la pieza por causa de sus molduras un ochavo, han menester ser largos los muñones nueve ochavos, para que su cabo venga igual á la superficie de los tablonnes. Para situarlos en el lugar conveniente, se obrará de esta manera. Sea en la *fig. 5.* el circulo ABEC, el grueso de la pieza en el lugar correspondiente al centro de los muñones: tirese su diametro BC, y tirando la CG perpendicular á BC, è igual á lo grueso del muñon, se perficionará segun las medidas arriba dichas, y afsimismo su correspondiente á la otra parte, y quedarán bien colocados, porque con esta disposicion no quedará la pieza hundida entre sus tablonnes, ni tampoco sobrado alta, que uno, y otro es inconveniente, y en este segundo incurren los que



les colocan, como se ven en I: de lo que se sigue el peligro, de que marchando se buelva facilmente la cureña, y haciendola pedazos cayga el cañon en el suelo.

Las añas, ò deltnes se colocan de suerte, que empezando en derechura de la primera linea que forma los muñones àzia la contera, den su buelta àzia la misma contera, y tengan de vacio un diametro de la boca, aunque otros ponen su principio en medio de los muñones. El lugar donde se han de colocar las faxuelas, y las distancias que han de tener entre si, se dirà en la *prop. 8.*

PROP. VII. Theorema.

*Determinase el propio lugar, y disposicion de el fogon.*

**E**N quanto al lugar del fogon, quisieron algunos estuviessse distante del cabo de la alma del cañon un semidiametro de la bala, para que de esta suerte entrando el fuego à encender la polvora mas àzia el medio de ella, repartiessse igualmente su actividad à todas partes, y la inflamasse con mas prontitud, y menos succession, y resultasse mayor el eticcto; pero esto lleva graves inconvenientes, como son la gran retirada del cañon al dispararse, y el fuerte estremecimiento que hace, con el qual à pocos tiros descompone, rompe, y hace inutil la cureña, por lo qual tengo por cierto deve abrirse à lo ultimo de la anima de la pieza.

En quanto al modo, juzgan algunos por mejor entre con obliquidad, empezando por la parte de la contera, hasta encontrar con la camara de la polvora; pero tampoco lo tengo por acertado, porque, como ensena la experiencia, en dando fuego à la pieza sale por el fogon gran llama de fuego con mucha violencia, y es forzoso, que estando obliquo aquel conducto, encuentre con el metal, y consumiendole, se desfogone mas presto la pieza, que si se abriessse perpendicular à su exe; y así tengo esto ultimo por mas acertado, singularmente no reconociendose alguna ventaja en que tenga la obliquidad sobredicha.

PROP.

## PROP. VIII. Problema.

*Delinear qualquiera pieza de este primer genero de Culebrinato*  
(fig. 6.)

**L**A medida, según que se han de proporcionar, y medir todas las partes de una pieza, es el diametro de su boca, que se supone dividido comúnmente en ocho partes iguales. Esto supuesto, para delinear con expedición una pieza, se observará lo siguiente. Supongamos se ha de delinear una culebrina de 20. libras de bala legitima, y sencilla. Tirese lo primero à discrecion una linea recta AB, y dividase en 30. partes iguales, empezando del punto A hasta B, de modo, que sobre aun despues del punto B una porcion de linea, como de tres, ò quatro partes de las sobredichas, y cada una de estas 30. partes será el diametro de la boca, y la última de ellas, que termina en B, se dividirá en ocho partes iguales.

Hecho esto, se empezará la delineacion de la pieza, tirando à parte otra linea HG, igual à la sobredicha, la qual será el exe de la alma, ò concavidad de la pieza, y servirá de guia para lo restante de la delineacion: por los puntos H, y G tirense las perpendiculares PQ, ON largas à discrecion, las quales terminarán la longitud de la pieza desde el fogon, que se supone en G, hasta la boca, que se supone en A. Tomese con el compàs la mitad de una boca, y puesto el un pie en H, se notaràn los puntos L, M, y lo mismo se hará en G; y tirando las lineas LL, MM, se havrà formado la alma de la pieza: luego se tomarà con el compàs una boca y media, y puesto el un pie en el punto G del fogon, con el otro se señalarà àzia la boca un punto en el exe, por el qual se tirará la RR paralela à ON, y allí se situará el bocel de la culata.

Tomese la cantidad de una boca, y pongase desde el punto G en la HG àzia la culata, y por el punto señalado se tirará la recta 12. 12. à discrecion, paralela à ON, y quedará determinado el grueso de la culata: tomense aora cinco ochavos, y passense desde G hasta Q; y tirando

G 2

do

268. TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

do por Q otra paralela, quedará determinado el principio inferior de la faxuela, y joya de la culata. Divídase aora la linea QH del exe en 12. partes iguales, y à las cinco desde la contera, que es en F, eltara el centro de los muñones: tirese pues para formarles la recta TT perpendicular al exe, y larga à discrecion. Tomese una mitad de la boca, y puetto el pie del compàs en F, señalese en el exe dos puntos, uno arriba, y otro abaxo, y tirese por ellos las dos paralelas VV; y tomando con el compàs dos bocas, y tres ochavos desde F hasta T, se terminarán las lineas VV, y quedarán delineados los muñones. Tomense con el compàs quatro bocas, y pasense desde el punto F àzia la culata sobre el exe hasta el punto X, por el qual se tirará la XX paralela à la TT, y será para la moldura del refuerzo. Tomense con el compàs tres bocas, y pasense desde F àzia la contera sobre el mismo exe, y tirando por el punto señalado otra paralela ll, servirá para el bócel del refuerzo. Tomese una boca y media, y pasense desde F àzia el brocal de la pieza, y señalese en el exe un punto, por el qual se tirará la paralela YY, que será para la moldura de los muñones. Tomese con el compàs una boca, y pongase desde la extremidad H àzia los muñones, y por el punto señalado tirese la ZZ paralela à PQ, y ésta determinará la magnitud de la joya de la boca. Tomese una boca y media, y desde el mismo punto H señalese otro en el exe, por el qual se tirará la paralela &c, que será el lugar donde ha de estar el collarino, y el tragala del cuello.

Aora se bolverá otra vez al fagon, y tomando con el compàs una boca, se pondrá sobre la linea ON à entrambas partes; esto es, de L à O, y de M à N, y será lo grueso del metal en el fagon: tomense seis ochavos, y pasense sobre la YY à entrambas partes; esto es, de 7. à Y, y de 6. à Y, y quedará notado el grueso del metal que ha de haver en aquel lugar: luego se tomarán 4. ochavos, y se pondrán en la linea ZZ del cuello de los puntos 10. y 10. à entrambas partes hasta Z, y será el grueso que allí tiene el metal. Hecho esto, se tirará una linea recta desde

el

el punto N hasta Y; y à la otra parte, desde el punto O hasta Y; y asimismo desde Y à Z à entrambas partes: y quedará formada la repartición del metal que en su grueso ha de tener la pieza propuesta.

Otros tiran la línea desde N, y desde O, hasta un poco mas afuera de los puntos X, y formando allí la moldura del refuerzo, se entran con ella en derecha del punto X: despues desde X tiran la línea al punto Y; y retirándose àzia el alma de la pieza con la moldura, prosiguen las líneas de entrambas partes seguidamente hasta el cuello. Así este modo, como el antecedente, se hallan puestos en práctica.

Solo falta formar las molduras, y las joyas. En quanto à las molduras hay poco que advertir, por ser à gusto del Artifice. En quanto à las joyas se ha de observar, que la faxuela mas alta sea lisa, y su superficie bien formada; terminanse por una, y otra parte con sus filetes à guito tambien del Artifice, dándole de buelo sobre lo grueso del cañon à la de la boca hasta unos tres ochavos en la faxuela de en medio, que es la que tiene mas resalte; y à la de la contera un ochavo. El remate, y cascabel que se pone en la contera, se dispone tambien à gusto del Maestro.

De aqui se colige el modo de delinear todas las demás piezas del primer genero, sean sencillas, ò reforzadas, pues solo hay de diversidad el darles en sus competentes lugares los refuerzos que se notaron en la *prop. 9.*

#### PROP. IX. Problema.

*Formar el pitipie, para conocer en la delineacion pequeña la medida real, y verdadera de la pieza. (fig. 6.)*

**S**I en la delineacion arriba puesta de una pieza de artilleria, no se diesse otro pitipie que la línea AB dividida en partes iguales al diametro de la boca que tiene la pieza delineada, no se podria conocer la magnitud real, y absoluta de la pieza, por ser su boca solamente

me-

medida respectiva. Para saber pues quantos pies, ò palmos tendrá la pieza, y quantos de ellos tocan à diferentes partes de ella, es menester dar el pitipie en pies, ò palmos, ò otra medida conocida. Hacese facilmente este pitipie del modo siguiente, que es comun à todos los tres generos de artilleria.

*Operacion.* Tomese el diametro de la bala que ha de tirar aquella pieza, y en un papel à parte tirese una linea igual à dicho diametro: dividase por medio, y haciendo centro en la division, con intervalo igual al semidiametro hagase un circulo, que expresará al de la bala: añadasele el viento, ò huelga que le tocara por la regla que daremos en la proposicion siguiente; y describiendo con este diametro un circulo, se tendrá el circulo que ha de tener la boca, ò alma de la pieza; y su diametro será el real, y verdadero que tendrá la boca de dicha pieza: tomese con el compàs, y pongase sobre una regla, en que esté el palmo dividido en 12. dedos, ò partes iguales, ò en otras mas menudas; con esto se sabrá quantas de aquellas partes del palmo tiene el diametro de la boca: supongamos por exemplo. sean 2. tirese pues una linea à discrecion, como ST, y pongase en ella el diametro de la pieza que se ha pintado, ò delineado, el qual será regularmente mucho menor que el real, y verdadero, y sea SR: dividase ésto en 9. partes iguales, que correspondarán à los 9. dedos, de que consta el diametro verdadero; y tomando tres de dichas nueve partes con el compàs, añadase en derechura hasta O, y la linea SO representará el palmo. Alarguese ahora la linea ST para el pitipie à discrecion, y dividase en las partes que se quisiere, iguales à la SO, y se tendrá formado el pitipie de palmos.

PROP. X. Problema.

*Dar el viento, ò huelga à la bala. (fig. 7.)*

COMO las balas que ordinariamente se arrojan con la artilleria sean de hierro, conviene entren holgadas en su concavidad; porque como suelen tener algunas def-

desigualdades, si entrassen sobrado justas, correria gran riesgo de quedarse atravesadas en su hueco, con peligro evidente de reventar la pieza: con que es forzoso sean algo menores que la boca, ò concavidad del cañon; y la diferencia que hay de su magnitud à la de dicho vacio, es lo que llaman viento, ò *huelga de la bala*. Esta huelga ha de ser la bastante para evitar dicho inconvenientes; pero no tanta, que se incurra en otro; porque si entrasse la bala sobradamente holgada, el fuego con su gran sutileza, y velocidad se saldria en gran cantidad por entre la bala, y el cañon, antes que ella saliese, con que le faltaria gran parte del impulso, y se enflaqueceria el tiro.

Para ocurrir à entrambos inconvenientes, traen los Autores varios modos de dar el viento à las balas que son generales para los tres generos de artilleria, y se pueden ver en *Firrusino* en el *cap. 14.* y en otros Autores, de los quales solo pongo aqui tres, que son los siguientes.

El primero es de Pedro Sardi, segun el qual, dada la bala, se halla el viento que requiere en esta forma: Dividase el diametro de la bala en 21. partes iguales: añadase en derecha una de dichas partes, y seràn 22. y este serà el diametro de la boca de la pieza, cuya diferencia es el viento, ò *huelga de la bala*. Y al revès, dada la boca de la pieza, se hallarà la bala, y su viento, dividiendo dicho diametro en 22. partes iguales, y quitando una, lo restante serà el diametro de la bala; y describiendola sobre su diametro, se hallarà el viento. Segun este modo, las balas menores de tres libras tienen muy poco vientos; y en pasando de 20. libras le tienen sobrado: por lo qual, en pasando de 20. libras, se dividirà el diametro de la bala en 28. partes, y la una se darà de viento, ò de mas diametro à la boca: ò dividido el diametro de esta en 29. partes, y quitando una se tendrà el diametro de la bala.

El segundo modo es de *Ufano*, *Firrusino*, y otros. Quitefele al hueco de la pieza una onza por libra, y lo restante serà el diametro de la bala; esto es, si el diámetro

tro

tro de la boca, puesto con el compàs en el calibre, se hallare ser, por exemplo, de 12. libras, quitando doce onzas, serà una libra menos, y la bala serà de 11. libras; y su diferencia al hueco de la pieza, serà el viento que se desea. Al contrario, dada la bala, se hallarà la boca en esta forma. Porque 11. libras de bala requieren el calibre de la boca de 12. libras, se harà una regla de tres, cuyo primer termino sea siempre 11. y el segundo 12. y el tercero sea la bala, cuyo viento se quiere saber; y el quarto proporcional darà el hueco de la pieza. *Exemplo.* Dada una bala de 18. libras, se pide la boca de su pieza. Diga-se: Si 11. libras dan 12. luego 18. daràn 19. y media; y este es el calibo de la boca de la pieza. Segun este modo, las balas menores de tres libras tienen muy poco viento, por ser poquissima la diferencia que hay del diametro de la bala de 11. onzas à la de 12. y de la de 22. onzas à la de 24. ò dos libras. Por esta causa disponen otros, que si el calibo de la pieza fuere de 5. libras à baxo, se quite por cada seis onzas una por el viento; y de 6. libras hasta 12. de cada 6. libras una; y de 24. hasta 50. de cada 8. onzas y hasta 100. de cada diez una, lo qual parece mas proporcionado.

El tercer modo que me parece mejor, es el siguiente, que se hace con sola una abertura de compàs. Sea en la fig. 7. dada la boca ABE de la pieza. Tómese con el compàs su semidiametro, y con esta abertura pongase el un pie en qualquiera punto B, y hogase el arco AD, que corta en A al círculo ABE: hagase desde A el arco BD, circunscrito la recta DE por el centro C, y juntese la recta AE, y puesto el compàs en E con la misma abertura, señalese el punto F: pongase el un pie del compàs en F, y con el otro señalese en la DE el punto G; y GE serà el diametro de la bala, y lo que hay de ella al círculo ABE de la boca, serà su viento. Tambien se puede tomar toda la distancia EA, y passandola desde E sobre ED, darà el mismo punto G, como se puede demonstrar.

Al contrario, dada la bala MNPO, (fig. 8.) se hallarà con infensibile diferencia la boca de la pieza, formando los

Los dos arcos  $OQ$ ,  $NQ$  con la distancia  $CP$ , igual al semidiametro; y tirando por  $N$  la  $PR$ , larga à discrecion, se tomarà la distancia  $PM$ , y se passará à  $PR$ ; y formando en el punto  $R$  el angulo  $PRX$ , igual al angulo  $RPX$ , la  $RX$  darà en el diametro el punto  $X$ ; desde el qual, como centro, con la distancia  $XP$ , se descriptirà el círculo  $SRP$ , que serà el de la boca de la pieza; y por consiguiente se sabe el viento que requiere la bala.

## PROB. XI. Problema.

*Igualar la Polvora de menos potencia con la mas poderosa.*

**I**gualar polvoras de potencia desigual, consiste en disminuir la cantidad de la mas poderosa, ò aumentar la que lo es menos, de modo, que la cantidad menor de la mas poderosa sea de igual potencia con la cantidad mayor de la menos potente, suplicando en esta la mayor cantidad su menor fuerza. El saber hacer esta igualacion, es de mucha importancia, porque si habiendo de cargar un Artillero con polvora mas fuerte una pieza, por haversele acabado la ordinaria, echasse la misma carga, corria inevitable riesgo de rebentar la pieza; y al contrario, si se viesse obligado à cargar con polvora menos poderosa, y no echasse mas carga que quando usava de la mas fina, seria flaco el tiro.

Para hacer pues esta igualacion, es menester tener presente lo que dixe en el *lib. 1. propos. 2.* que la principal fuerza de la polvora consiste en el salitre; y que hay tres especies de ella: es à saber, de 4. as, y as; de 5. as, y as; y de 6. as, y as. De que se sigue, que para igualar una polvora, como por exemplo, de 4. con cierta cantidad de la de 6. es menester añadirle à esta tanta cantidad, que baste para que haya en ella igual cantidad de salitre al que tuviere la de 6. en la cantidad propuesta; y al contrario, para igualar la de 6. con la de 4. se havrà de disminuir hasta que en lo remanente haya el mismo salitre que en la cantidad propuesta de la de 4. y así en las demás.

La regla para hacer esta igualacion, es facilissima, usan-



**474** TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

utando de los numeros 40. 42. 45. que podemos llamar *Equatorios de la potencia de la polvora*; porque en 40. libras de polvora de 6.as, y as; y en 42. de 5.as, y as; y en 45. de 4.as, y as, hay una misma cantidad de salitre; esto es, 30. libras en cada una de dichas cantidades; y es claro, porque en qualquiera cantidad de polvora de 6. as, y as, sus tres quartos son de salitre: luego en 40. libras hay 30. En la de 5. as, y as, sus cinco septimos son de salitre; y siendo 30 los cinco septimos de 42. hay en 42. libras de esta polvora 30. de salitre. En la de 4. as, y as, sus dos tercios son de salitre: luego en 45. libras, sus dos tercios, que son 30. son tambien de salitre; conque el numero 40. es para la polvora de 6. as, y as; el 42. para la de 5. as, y as; y el 45. para la de 4. as, y as.

*Para la de 6.as, y as. Para la de 5.as, y as. Para la de 4.as, y as.*  
 40. 42. 45.

Esto supuesto, se hallará la cantidad de la polvora que se ha de substituir en la carga en lugar de otra por una regla de tres, como en los exemplos siguientes, propuestos en numeros que escusen los quebrados.

*Exemplo 1.* En lugar de 72. lib. de polvora de 6. se ha de substituir polvora de 4. Pídesse quanta haya de ser su cantidad para que tenga igual potencia: hagase la regla de 3. Si 40. numero correspondiente à la de 6. da 45. numero de la de 4. 72. lib. de 6. quanto daràn? y hecha la resolucion, se hallará dan 81. Digo pues, que 81. libras de 4. equivalen à 72. lib. de 6.

*Exemplo 2.* En lugar de 81. libras de polvora de 4. se ha de substituir la de 6. Pídesse en quanta cantidad. Digase: Si 45. de 4. dan 40. de 6. luego 81. de 4. dan 72. de 6.

*Exemplo 3.* Por 210. lib. de 5. as, y as, se ha de poner polvora de 4.as, y as. Pídesse su cantidad. Hagase como 42. de 5. con 45. de 4. así a 10. de 5. con 225. de 4.

*Exemplo 4.* Por 225. lib. de polvora de 4. se ha de substituir la de 5. en cantidad de igual potencia. Digase, si 45. dan 42. luego 225. dan 210. cantidad que se pide.

*Exem-*

*Exemplo 5.* En lugar de 420. lib. de polvora de 6. se ha de substituir la de 5. en cantidad de igual potencia. Digase: como 40. con 42. así 420. con 441. cantidad que se busca.

*Exemplo 6.* En lugar de 441. lib. de 5. se ha de substituir polvora de 6. Pídesse quanta. Digase: Como 42. con 40. así 441. con 420. cantidad que se desea.

Esta regla, en quanto à lo substancial, concuerda con la que trae Firrufino en el *cap. 16.* y aunque sea cierta en la Teórica; pero en la Práctica siempre se hallará alguna diferencia, por ser varias las circunstancias que à mas de la cantidad del salitre, pueden hacer mas, ò menos fuerte la polvora, como dixè en el lugar arriba citado: de fuerte, que juzgan muchos, fundados en la experiencia, que la polvora fina, ò de 6. as, y as, bien trabajada, aun reducida en la forma dicha à menor cantidad que la ordinaria, para que tenga igual cantidad de salitre, tendrá mucho mayor potencia que la comun, por lo qual dicen, que siempre que en lugar de la polvora ordinaria de artilleria, se substituyesse la fina, y bien trabajada de 6. as, y as, se ha de cargar solamente con los dos tercios; pero siempre me parece sería bastante disminuirla un quarto, cargando con los tres quartos, como lo aconseja Collado en el *trat. 1. cap. 28.* para que no se enflaquezcan los tiros. En todo lo qual me remito à la experiencia. Finalmente, segun lo que hemos dicho de la igualacion de la polvora, determinaremos lo que se deve añadir, ò quitar à las cucharas para que carguen con iguales grados de fuerza.

PROP. XII. Problema.

*Determinase la cantidad de polvora con que se han de cargar las Piezas de este primer genero de Artilleria.*

EN este punto tan principal andan tambien varios los Autores, Algunos, como refiere Pedro Sardi, *lib. 3. cap. 28.* cargan con peso de polvora igual al de la bala todas las piezas del primer genero, que tiran hasta

## 476 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &amp;c.

15. libras de bala ; pero de alli arriba solo con los quatro quintos. Ferrufino es de sentir, que en las piezas de este genero , hasta 8. libras de bala , se puede cargar con el peso de polvora ordinaria igual al de la bala de hierro ; pero de 9. à 17. libras , con los quatro quintos ; y desde 18. hasta 25. con los tres quartos ; y de 26. arriba con los dos tercios. Luis Collado *Trat. 1. lib. 3. cap. 7.* y otros , juzgan haverse de cargar generalmente con el peso de polvora ordinaria , igual al de la bala : y se fundan, en que todas las piezas de este genero tienen , como se supone , igualmente proporcionados los metales al peso de su bala , pues à todas se les da en el parage del fagon el diametro de su bala al rededor de su hueco, y en los demás lugares à proporcion: luego si las piezas menores con la sobredicha fortaleza son resistentes al impetu de la polvora de igual peso al de la bala , tambien lo seràn los mayores , cargandolas con la misma razon.

Pero hablando con todo rigor , como dixè en la *prop. 5.* no se halla essa igualdad : porque no hay duda , que la solidez , y peso de las balas se va aumentando en mayor razon que sus diametros , pues se aumentan en razon triplicada de la de èstos ; pero el metal resistente en el parage del fagon , es igual al diametro de las balas : luego en mayor proporcion crecen las balas , que dicho metal: luego menor es el metal resistente en las piezas mayores respecto de su bala , y polvora , que en los menores. Por esta causa soy de sentir no haverse generalmente de cargar con polvora de igual peso al de la bala , singularmente si se fundiesen culebrinas que passassen de 20. libras de bala , si no es que se les diessè en el fagon un ochavo mas de refuerzo , si que seria menester echarles solo los quatro quintos de dicho peso : y la razon es , porque de 20. libras arriba se aumenta poquissimo el grueso del metal , ò diametro de las balas , como consta del mismo calibre: pero como no sea conveniente , que se fundan culebrinas de mas calibo que de 18. hasta 20. libras de bala , parece que se podrà dar à todas generalmente por carga el mismo peso de la bala : pero como tengo dicho , si se fundie-

ren

ren mayores que de 20. libras, para cargarlas con dicho peso igual al de la bala, sería menester darles un ochavo mas en el fogón; esto es, 9. ochavos al rededor de la alma en aquel parage.

## PROP. XIII. Problema.

*Trazar, y cortar las cucharas para las piezas del primer genero de Artilleria. (fig. 9.)*

**A**dvierito lo primero, que las cucharas se han de proporcionar con la calidad, y grados de la polvora que han de cargar: conque las que huvieren de cargar polvora fina, han de ser menores que las que huvieren de servir para la polvora ordinaria.

Advierito lo segundo, que tambien se han de proporcionar las cucharas con la cantidad que requiere la pieza: y asi, porque como dixen en la proposicion antecedente, todas las del primer genero, que se deven poner en estilo, se hayan de cargar con el peso de la polvora igual al de su bala, todas las que aqui enseñaremos à delinear se supone ser para cargar dicha cantidad de polvora, no fina, si de la ordinaria de artilleria.

Advierito lo tercero, que los falconetes se pueden cargar en una sola vez, por el poco peso de la carga; pero las demas piezas hasta la culebrina, es preciso se carguen en dos veces, porque siendo grande su carga, si toda se echasse en una vez, fatigaria sobrado al Artillero, y no podria el zoquete aplicarla con seguridad en la recamara de la pieza; y asi es forzoso se corten con diferente razon las cucharas que han de cargar en una sola vez, que las que en dos veces.

Advierito lo quarto, que por ajustadas que esten las cucharas à la cantidad, y calidad de la polvora que huvieren de cargar, es casi imposible que sean iguales las cargas; si que ya porque el Artillero las dexa mas, ò menos colmadas, ya por ser los granos de la polvora mayores, ò menores, y por otras circunstancias, será regularmente mayor, ò menor la carga; pero no tanto, que pue-

pueda por lo tanto cortar enflaquecer el tiro, ni por sobrado crecida reventar la pieza, que supongo tenga los refuerzos necesarios.

Ultimamente advierto, que las cucharas que se hicieron en la forma que aqui explico, se han de llenar de polvora ordinaria, no à colmo, si solamente rasas, quitandoles el colmo con un palo recto: y de esta suerte cargaràn con mayor uniformidad que las colmadas, por quanto estas pueden tener mayor, ò menor el colmo, sin que lo eche de ver el Artillero. Esto supuesto, el modo de cortar las cucharas es el siguiente.

Hase de cortar una cuchara, para que en dos veces cargue el peso de la bala con polvora ordinaria. *Operacion.* Haviendo esquadrado la hoja, ò plancha de que se ha de hacer la cuchara; y haviendo hallado el centro de ella por el modo ordinario tan facil, y sabido, se tirará por medio à lo largo la recta AB: luego se tomarà con el compàs de puntas bueltas el diametro de la bala; y si esta no se tuviere à mano, se tomarà el diametro de la boca de la pieza: y facendo el viento, se tendrá (10.) el diametro de la bala, por cuya razon se ha de cortar la cuchara, y no por el de la boca. Hecho esto, tirese por A la EF, perpendicular à la AB, y larga à discrecion. Tómese el semidiametro de la bala, y señálese con el la distancia AS; y por S, tirese una linea oculta paralela à EF, y en ella descrivanse con el mismo semidiametro tres circulos tangentes entre si; aunque en la figura solo se han puesto uno, y medio, por no confundir las demàs lineas: y tirando las tangentes que les cierran, como se ve en la figura, quedará formado el paralelogramo ED, el qual es aquella parte de la cuchara que se clava sobre el zóquete de madera. Descrivanse ahora con el mismo semidiametro de la bala en la HB cinco circulos, ò balas tangentes en seguida, y esta será la longitud de la cuchara.

Para darle su ancho, y forma competente, se tirarán en el rectangulo AHPD las diagonales, que se cortan en C. Tómese con el compàs la AG, y pàsese de H à I, y à R; y RI será lo ancho de la cuchara en lo inmediato al

zoquete: tirese aora la linea AI, que cortarà à HF en K: tomese con el compàs la AK, y passese à la extremidad de la cuchara desde B à L. Por el punto L, tirese MN indefinida, y paralela à la CD; y hecho centro en L, con la dicha distancia LB, descrivase el semicirculo MBN, y MN serà lo ancho superior de la cuchara: tirense las lineas MR, NI, y quedarà formada; solo que en R, y en I, se han de añadir las porciones de circulo que sirven de refuerzo à la cuchara en aquel lugar, donde necesita de ellos para su permanencia, por ser alli donde mas padece, y por donde suele romperse. Que con esta forma de cucharas se cargue en dos veces la polvora de igual peso al de la bala, consta por repetidas experiencias, que de ello se han hecho en Valencia por hombres diligentísimos, y muy experimentados en todo lo tocante à la artilleria.

Si para los falconetes se quisiere cortar una cuchara, que en una sola vez cargue el peso de la polvora igual al de la bala, se obrarà de la misma manera que en la antecedente, sin mas diferencia, que asi como à las que cargan en dos veces, les dimos de largo cinco diametros de la bala sin el zoquete; asi à esta se le han de dar nueve diametros de la bala, y dos tercios: y aunque parece que haviendo de cargar doblado que las otras, se le havian de dar diez de los sobredichos diametros, por tener todas sobre el zoquete la misma latitud RI, y arriba la MN; pero se le quita un tercio del diametro de la bala, ya porque acercandose mas à paralelas las lineas de sus lados, la hacen algo mas capáz, ya tambien porque en la mayor, solo hay un remate circular, y en dos de las menores hay dos; y siendo este remate menos capáz que su medio quadrado circunscrito, se sigue se cargaria de mas cantidad con la cuchara mayor, lo que hay del semicirculo al quasi medio quadrado circunscrito: todo el qual exceso se le quita abundantemente, dandole de menos longitud un tercio de la bala de las diez que havia de tener para ser doblado larga que la menor.

PROP.

## PROP. XIV. Problema.

*Disponer las cucharas sobredichas, para cargar con ellas polvora fina.*

**L**As cucharas sobredichas sirven para cargar el peso de la bala con polvora ordinaria de artilleria; pero si por algun caso se huviere de cargar con polvora fina, seria forzoso, para no rebentar la pieza, acortarlas à proporcion de la mayor potencia de la polvora con que se huviera de cargar. Esto supuesto, si huviésemos de nivelar la potencia de la polvora por sola la cantidad de salitre que incluye, se dividiria lo largo de la cuchara en 20. partes iguales, y formando de una de ellas un zoquete de madera, cuyo ancho sea igual al que tiene la cuchara cerca del propio zoquete de su manguilla; y ajustandole en el dicho lugar, cargaria la cuchara tal cantidad de polvora fina, que en ella havria el mismo salitre que en la carga entera de la polvora ordinaria: y por consiguiente, si en esto solo estuviese la potencia de la polvora, se cargaria de entrambas maneras con igual potencia, como consta de la *propof. 11.*

Pero como no dependa de esto solo la valentia de la polvora, si tambien de otras circunstancias, que en gran manera la aumentan, soy de sentir, segun lo dicho en el lugar citado, se divida la longitud de la cuchara desde el zoquete à la punta en quatro partes iguales, y se haga de una de ellas un zoquete, que en la forma dicha se ajuste al de la cuchara, y con esto cargará sin riesgo polvora fina; pero para que esto fuese mas ajustado al rigor de la verdad, seria menester averiguar la potencia de la polvora fina que se substituye, por la regla dada en el *lib. 1. propof. 3.* y ver en quanto excede à la potencia de la ordinaria, y segun fuere el exceso, cortar el zoquete sobredicho, para cargar con la misma potencia.

**PROP.**

## PROP. XV. Problema.

*Formar los cartuchos para este genero de Culebrinas.*  
(fig. 9.)

**C**Artuchos, son unos saquillos de lienzo, ò papel, en que se pone la polvora que le toca à cada pieza. Es conveniente usar de ellos, especialmente en los baxeles, para escusar el riesgo que lleva el andar con la polvora descubierta quando se pelea, y tambien por cargarse con ellos con mayor brevedad; pero deve andar advertido el Artillero quando tira con ellos, de limpiar el hueco de la pieza con la lanada antes de volver à cargar, por el peligro que hay de quedarle dentro alguna partecilla de papel, ò lienzo encendido.

El modo de formarles, para que sin exceso, ni defecto tengan la carga devida à las piezas de este primer genero, es darle de ancho al papel, ò lienzo, de que se huviere de formar, tres diametros de la bala, y de largo cinco y medio, como se ve en la fig. 9. en la qual el paralelogramo EPQF, es el cartucho estendido. El modo de cerrar dentro de ellos la polvora, es bien sabido: cargase con ellos metiendoles en la recamara de la polvora, y puestas alli, y parada la pieza, se mete la aguja por el fogon para romper el papel, ò lienzo, con lo qual prenda la polvora que hay en ellos mas facilmente el fuego.

*El examen que se deve hacer de estas piezas, el modo de terciarlas, sacar el vivo, colocar las foyas, hacer el computo de su peso, determinar su potencia, y hacer la prueba de su seguridad, por ser materia comun à los tres generos, se dexa para el capitulo 4. de este libro.*



## CAPITULO II

## DEL SEGUNDO GENERO DE ARTILLERIA.

## PROP. XVI. Theorema.

*Explicase el calibo, y longitud de Las Piezas del segundo genero de Artilleria, y sus especies.*

**L**as piezas del segundo genero de artilleria se llaman *cañones*, y se distinguen de las del primer genero principalmente, en que su calibo, y bala es mayor, y su longitud consta de menos calibo, ò diametros de su boca: porque así como las del primer genero tienen de largo 30. hasta 32. diametros de los sobredichos, y su calibo es hasta 20. libras de bala de hierro; así éstas del segundo genero tienen de largo 18. hasta 20. diametros de su boca, y la bala que arrojan es de 20, hasta 30. libras. Y aunque es verdad, que de fundiciones antiguas se hallan piezas de este segundo genero, que tienen mayor longitud que la sobredicha, à que llamavan *cañones aculebrinados*, y otros de menor longitud, à que llamavan *bastardos*, y otros que tiravan mayor bala que la arriba dicha, y otros menor, como se puede ver en Firrufino, y otros Autores; pero todo esto se deve excluir de las buenas fundiciones, porque no sirve mas que de confusion: y consta por experiencia, hacen mejor efecto dos cañones de 24. libras de bala, que uno de 48. y esto con el mismo gasto, y mas facil manejo.

Asimismo se deven excluir los cañones de relexe, y los encampanados, como en la realidad se excluyen ya de las fundiciones modernas, por los inconvenientes que consigo llevan, especialmente los de relexe.

PROP.

## PROP. XVII. Theorema.

*Determinase la proporcion, y distribucion de metales, que han de tener las Piezas de este segundo genero, y el lugar donde se han de situar en ellas los muñones.*

**T**ambien andan varios los Autores en determinar la espessura, y riqueza de metal, que se ha de dar à las piezas de este segundo genero ; pero lo mas acertado, y lo que especialmente en España se practica, es darles en drechura del fagon à cada parte del hueco, ò à su rededor, siete ochavos del diametro de su boca, y en la moldura de los muñones cinco ochavos, y tres en el cuello : esto es lo bastante ; pero si se quieren mas reforzadas, se les daràn ocho ochavos, ò un diametro entero de su hueco en el parage del fagon, cinco ochavos como antes en los muñones, y tres en el cuello.

Los muñones, en quanto à lo grueso de la pieza, se colocarán de la misma manera que en las culebrinas, como dixe en la *propof. 6.* En quanto à lo largo se observará lo siguiente. Si el cañon tuviere 7. ochavos en el lugar del fagon, se dividirá su longitud en 7. partes iguales, desde el principio de la faxuela alta de la culata, hasta el brocal ; y en las tres contadas desde el principio de dicha faxuela, se situará el centro de los muñones : pero si fueren reforzadas en el parage del fagon, de suerte, que tuviessen alli de espessura, y riqueza de metal un diametro de su hueco, se dividirá dicha longitud de la pieza en 12. partes iguales, y à las 5. desde la culata se colocará el centro de los muñones, cuyo grueso ha de ser igual à la boca de la pieza, y su largo igual à lo grueso : porque teniendo de grueso los tablonos de la caxa dos tercios de la boca de la pieza, vendrán à ocuparles los muñones con poca diferencia.

PROP.

## PROP. XVIII. Problema.

*Delinear las Piezas de este segundo genero de Artilleria.*  
(fig. 10. estamp. 30.)

**O**peracion. Tirese la linea AB à discrecion , y dividase en 20. partes iguales , que seràn 20. bocas del cañon que se ha de delinear ; y una de estas bocas se dividirà en ocho partes iguales , como se ve en B. Tirese à parte otra linea oculta GH igual à la AB , que serà el diametro , ò exe de la alma , ò hueco de la pieza , y servirà de guia para su descripcion ; y alargandola algun poco por el cabo G , se tirarán por los puntos H , G , las rectas PQ , SR , perpendiculares à la HG. Tomese con el compàs la mitad de una boca , y puesto el un pie en G , señálese los puntos L , M ; y afsimilmo desde H , señálese los puntos O , N ; y tirando las rectas MO , LN , quedará formada la alma del cañon larga 20. bocas. Tomense aora con el compàs 7. ochavos , y se passará del punto G à T ; y tirando por T una paralela à la PQ , quedará señalado el puesto donde ha de estar el bocel , ò moldura de la culata : y con la misma distancia señálese desde G el punto 15. que serà el grueso de la contera. Tomense 4. ochavos , y ponganse desde G à V , y por V tirese una paralela à la QP , y serà el principio de la faxuela alta de la culata.

Dividase la VH en 7. partes iguales ; y contando las tres desde V à F , se tirará por F la XX perpendicular à HG , y serà la que passa por el centro de los muñones ; y tomando con el compàs la mitad de una boca , se pondrà desde el punto F en la HG arriba , y abaxo , y se tirarán las dos lineas YY paralelas à la XX , que determinarán lo grueso de los muñones ; y dandoles después su largo igual à su grueso , quedaràn formados.

Después de esto se tomarà con el compàs una boca , y dos ochavos , y se passarán desde F àzia el brocal ; y tirando por el punto alli señalado la && paralela à YY , servirá para la moldura de los muñones. Tomense dos dia-

diámetros de la boca, y ponganse desde F àzia la culata, y tirando la paralela ZZ, servirá para el bocel que llaman del refuerzo: y si se quisiere poner otra moldura àzia la culata, se hará distante de la ZZ una boca de la pieza, y será OO; pero algunos omiten así esta moldura, como el bocel del refuerzo. Vayase aora al brocal, y tirese la línea 3. 2. distante de la RS 7. ochavos: y así mismo la 4. 4. distante de la 3. 2. otros 7. ochavos; y la 3. 2. determinará lo grueso de la joya de la boca, y la 4. 4. será para el collarino, ò cordon, que forma el cuello de la pieza. Ahora se volverá al fagon; y tomando 7. ochavos, se pondrán de L à P, y de M à Q, que es lo grueso del metal en aquel parage: tomense 5. ochavos, y ponganse en la && desde 7. à &, y de 9. à &, que es el metal que allí ha de haver. Ultimamente tomense 3. ochavos, y ponganse en la línea 2. 3. del cuello desde el lado de la alma à una, y otra parte, y se habrá dado el metal competente.

Hecho esto, se tirará una línea recta del punto P à &, y à la otra parte desde Q à &; y así mismo se tirarán las rectas &2. y &3. continuandolas hasta la SR, y por abaxo hasta la 15. 15. y quedará formada la pieza. Otros tiran estas líneas como en la fig. 3. esto es, las TO, teniendo algo à fuera de los puntos O; y entrando despues algo con la moldura, tiran las O&; y entrando algo con la moldura, tiran de allí las líneas &2. y &3. como antes. Las faxuelas, ornatos, y joyas, como tambien las assas, y remate de la contera, se dispondrán como en las culebrinas, y como se ve en la figura.

#### PROP. XIX. Problema.

*Determinase la propia carga de los Cañones del segundo genero.*

**L**A propia carga de los cañones de este segundo genero de artilleria, son los dos tercios de lo que pesa la bala, siendo polvora ordinaria de artilleria; como si la bala pesa 24. libras, la carga ha de ser 16. libras,

pe-

pero si en el lugar de la polvora ordinaria se huviera de substituir polvora fina, en consecuencia de lo dicho en la *prop.* II. se quitarà un tercio de la carga ordinaria, y se cargará con quatro novenas de lo que pesa la bala; ò si pareciere, se quitarà un quarto de dicha carga ordinaria, y se cargará de polvora fina con la mitad de lo que pesa la bala, que parece ser lo mejor.

## PROP. XX. Problema.

*Cortar las cucharas, y formar los cartuchos para las Piezas de este segundo genero. ( fig. II. estampa 29. )*

**E**ste genero de piezas se ha de cargar en dos veces; y el modo de cortar las cucharas para que en dos veces con su propia carga à la pieza, que es los dos tercios del peso de su bala, es el mismo que se diò para las culebrinas; porque solo se diferencia, en que así como à las cucharas que cargan en dos veces la carga de las culebrinas, se les dan de largo sin el zoquete quatro diametros y medio de su bala, así à éstas se les ha de dar en longitud tres diametros de su bala.

Tirada pues en la *fig.* II. la recta EF igual à tres diametros de la bala, y sus perpendiculares EC, FD iguales à un diametro, se formará el paralelogramo ED, que será la parte de la cuchara, que se dobla, y clava en el zoquete: dividase la EF por medio en A, y levante la perpendicular AB larga à discrecion: ponganse en ella desde H tres diametros de la bala, y ésta será su longitud. Tirese las diagonales HF, AD; y tomando con el compàs la AG, se pasará de H à I, y à K, y será lo ancho de la cuchara sobre el zoquete: tirese la AI, que cortará à la HF en K; y tomando con el compàs la AK, se pasará al cabo B de la cuchara, señalando en la BH el punto L; y sin abrir, ni cerrar el compàs, haciendo centro en el punto L, se describirà el semicirculo MBN, que forma la punta de la cuchara: y tirando las MR, NI, quedará descrita en plano, à que se añadiràn los refuerzos curvos en R, L.

Pa-

Para cortar el cartucho se quitarà la porcion BO, que sea un tercio del diametro de la bala; y tirando por O la PQ paralela, è igual à EF, se perficionarà el paralelogramo EQ, que será el cartucho en plano, cuya longitud AO es tres diametros, y dos tercios de la bala, y su latitud EF tres diametros de la misma bala. Si en lugar de polvora ordinaria se huviere de cargar polvora fina, se haria un zoquete ajustado à lo ancho RI, y largo la quarta parte de HB, ò si pareciere de la HO, y encaxandole dentro de la cuchara sobre RI, cargaria con igual potencia de polvora fina; pero vease lo dicho en la *propof.* 14.

## CAPITULO III.

DE LAS PIEZAS DEL TERCER GENERO DE  
*Artilleria.*

## PROP. XXI. Theorema.

*Explicanse sus especies.*

Las piezas de este tercer genero de artilleria, se llaman *pedreros*, por tirar bala de piedra. Para nombrarlas en particular, se usará de los nombres de cañon pedrero de 14. de 20. de 30. ò de 40. libras de bala, entendiendo el calibo de su boca, ò la bala añadido el viento. Devense escusar otros nombres, que solo sirven de confusión. En quanto à su fabrica, se dividen en tres especies; es à saber, *seguidas*, *de relexe*, y *encampanados*. Los *seguidos*, son aquellos, cuya alma, ò hueco es un cilindro seguido; pero éstos no se estilan por ser flacos de metal. *Cañones de relexe*, ò *encamarados*, son aquellos en cuyo hueco principal se halla otro mas angosto donde se pone la polvora, el qual se forma refaltando el metal por todos lados igualmente, y este refalte se llama propiamente *relexe*.

Estas piezas de relexe eran en dos maneras, unas se  
lla-

llamavan *fundidas por el tercio de su boca*, y otras *por la mitad*. Las *fundidas por el tercio* eran aquellas, cuyo diametro de la boca se dividia en tres partes, y dos de ellas se davan al diametro del hueco de la recamara; y el otro tercio, dividido por medio en dos sextos, se dava al refalte, ò relexe; esto es, un sexto al rededor de la recamara, por lo que algunos llaman à estas mismas piezas *fundidas por el sexto*. Aquellas se decian *fundidas por la mitad*, que dividiendose el diametro de la boca en dos partes iguales, la una mitad se dava à la recamara, y la otra mitad al relexe, dandole à cada parte, ò à su rededor una quarta parte del diametro de la boca. Estas piezas de relexe llevan el inconveniente, de que encontrando el Artillero al cargar la pieza con la cuchara en el relexe, dexé alli la carga, pensando dexarla en la recamara de la polvora, lo que será muy contingente con la prisa que suele haver en las ocasiones del mayor aprieto: por lo qual ya se excluyen aora de las buenas fundiciones.

Los *cañones pedreros encampanados*, son aquellos, cuyo hueco, ò anima antes de llegar al fogon, y fondo se vâ angostando, empezando à estrecharse desde un diametro, y tres quartos antes del fogon, de modo, que en llegando à este parage, viene à quedar estrecha dos quintos del diametro principal. Estas piezas encampanadas son las que aora se estilan en este tercer genero, y no tienen ningun inconveniente de los arriba referidos. A este tercer genero se reducen los petardos, y morteros para arrojar bombas, de que trataremos despues en particular.

#### PROP. XXII. Theorema.

*Determinase la longitud, distribucion de mesales, y situacion de los muñones en los Cañones del tercer genero.*

**E**N quanto à la longitud de los cañones pedreros, se halla variedad en los Autores; porque Pedro Sardi, Don Diego de Alava, Luis Collado, y otros, dicen, han de ~~gener~~ de largo ocho bocas, y media de la pieza.

Fir.

Firrufino en el *cap. 46.* las da de largo de 12. à 14. diámetros; pero escogiendo un buen medio, parece será su competente longitud de 9. à 10. diámetros de la boca; y así las del primer genero serán largas 30. diámetros, las del segundo 20. y las del tercero 10. poco mas, ò menos.

La reparticion de los metales en las piezas de este tercer genero de recamara encampanada, que son las que unicamente conviene se admitan, es la siguiente. En el parage del fogon tienen de traviessa un diametro de la boca, y siete ochavos: conque à cada parte, ò al rededor de su hueco tendrá, sin lo que se entra el encampanado, tres ochavos y medio; pero como por razon del encampanado se vaya angostando la alma desde un diametro, y tres cuartos antes del fogon, hasta quedar en este lugar con dos quintos menos de hueco, tiene alli de metal, à mas de lo sobredicho, un quinto en circuito. En los muñones tiene la pieza de traviessa un diametro, y dos tercios; conque tiene de metal un tercio del diametro de la boca. En el cuello es su traviessa un diametro y medio de la boca; conque tiene de metal un cuarto de ella à cada parte. Y ultimamente, del fogon al remate de la contera, ha de tener de grueso lo mismo que tiene cerca del fogon. No me detengo en poner las reparticiones de metales que se davan à las seguidas, ni de relexe, por no estar ya en uso, por sus muchos inconvenientes.

Solo falta determinar el lugar donde se han de colocar los muñones. En quanto à lo grueso de la pieza no hay duda en que ha de ser como en las del primero, y segundo genero. En quanto à lo largo, se dividirá desde el principio de la faxuela alta de la culata hasta la boca en 7. partes iguales; y à las tres, contadas desde la culata, se puede colocar el centro de los muñones, si bien serán algun tanto pesadas de contera: si se quisiere sean mas ligeras, se dividirá dicha longitud en 12. partes iguales, y à las cinco desde la culata se pondrá el centro de los muñones, los quales tendrán de grueso, y tambien de largo la mitad del diametro de la boca.

**PROP.**



## PROP. XXIII. Problema.

*Delinear las Piezas de este tercer genero de Pedreros. (fig. 12. estampa 30.)*

**O**peracion. Tirese una linea recta AB à discrecion, que se dividirà en 10. partes iguales; y qualquiera de ellas serà el diametro de la boca de la pieza; y una de éstas dividase en ocho partes iguales, como se ve en B. Tirese aora la recta HQ, que serà la guia para la descripcion, y el exe del alma de la pieza. Tomese la HG, igual à la AB, y serà la longitud de dicha alma, que se terminará con las RR, ZZ, perpendiculares à la HG. Tomense tres ochavos y medio, passense desde G à P, por donde se tirará una paralela à la RR, que determinará el principio de la faxuela alta de la culata. Dividase GH en 12. partes iguales, y sea PF cinco de ellas, y tirando por F la EI perpendicular à la HG, serà el exe de los muñones.

Tomese la mitad de una boca, y con esta distancia señálese desde G los puntos C, D, y desde H los puntos Z, Z; y tirando las ZD, ZC, se havrà delineado la alma, menos el encampanado; y para formarle, se tomarà una boca, y seis ochavos; y con esta distancia se señalaràn desde C, y D los puntos X, X, de los quales ha de empezar el encampanamiento, que se formará entrandose en la CD por cada parte un quinto de la misma CD. Tomense 7. ochavos, y con este intervalo señálese desde G el punto &, y desde F el punto O: y por estos puntos tirese paralelas à la EI, que serviràn para las molduras de aquellos lugares. Tomense 5. ochavos, y señálese desde H el punto M, y por M tirese otra paralela à EF, que servirá para las molduras del brocal. Hagase la MN igual à FO, y tirese por N la paralela S, S, que servirá para la moldura que forma el cuello de la pieza.

Haganse aora las FK, FL, iguales à dos ochavos; y tirando las paralelas TT, VV, se havrà determinado lo grueso de los muñones; y dandoles despues su largo igual

à su grueso , quedaràn formados. Tomense aora tres ochavos y medio , y ponganse desde D à R , y desde C à R : tomese aora un tercio de la boca , y passese à la moldura de los muñones , señalando à una , y otra parte la distancia 2Y ; y tirense las RY. Tomense dos ochavos , y passense à la linea 4. 4. señalando las distancias 3. 4. y 3. 4. y tirense las lineas 4Y , entrandose algun tanto àzia el medio de la pieza en los puntos Y ; y haciendo las molduras , joyas , y remate de la contera , como en las de los otros generos , quedará concluida la delineacion.

## PROP. XXIV. Problema.

*Determinase la cantidad con que se deven cargar estas Piezas.*

Supongo lo primero , que la cantidad de polvora con que se han de cargar estos cañones pedreros , ha de ser menor que aquella con que se cargan las del segundo genero , por tres razones : la primera , porque , como se colige de lo dicho , estas piezas son mas flacas de metal que las de los otros generos : la segunda , porque siendo tambien mucho mas cortas , no se quemaria dentro del cañon toda la polvora : la tercera , porque arrojando bala de piedra , ésta se haria pedazos , si se le echasse mucha polvora , por no ser capaz de tolerar tanto impulso.

Supongo lo segundo , que con estas piezas nunca se ha de arrojar bala de hierro de su calibo , porque seria cierto el reventarla : conque su propia bala es de piedra ; si bien pocas veces se arroja la sobredicha bala , porque lo ordinario es tirar con estas piezas lanternas de bala menuda , cuyo peso jamás deve exceder al de la bala de piedra , propia del calibo de aquella pieza.

Esto supuesto , para cargar con devida razon estas piezas , se podrá observar lo siguiente , que es de Firrufino en el cap. 51. A las que fueren de calibo de hasta 18. libras de bala , se les dará de polvora ordinaria de artilleria la mitad de lo que pesare la bala ; y desde 18. libras arriba ,  
por

492 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

por cada seis libras que pasàre mas de las 18. se darà una libra de polvora. Como por exemplo : havindose de tirar con un cañon una bala que pesa 24.libras, se cargará la pieza con 10.libras de polvora ordinaria ; esto es, 9.libras por razon de las 18. y una mas por las 6.libras que pesa la bala sobre las 18. y así en las demás ; pero en passando de 30. libras, bastará cargarlas con el tercio. Y si pareciere, se podrán cargar con la mitad del peso de la bala las piezas de este genero , cuyo calibo no pasàre de 20.libras : y de alli arriba , con el tercio ; y esto facilitará mas el cargar.

La razon porquè se da menor carga à las de mayor calibo , es , porque , como dixe en la *prop.* 12. las de mayor calibo son mas flacas de metal en comparacion de su bala ; y tambien porque dentro de cañon tan corto, no se quemaria toda la polvora. Si en lugar de la comun se huviere de usar de la fina , se obrará como en las del segundo genero : vease la *prop.* 19.

PROP. XXV. Problema.

*Cortar las cucharas , y cartuchos para estas Piezas del tercer genero. ( fig. 13. estamp. 29. )*

Segun lo que hemos dicho en la proposicion antecedente del modo de cargar estas piezas, será preciso cortar para ellas tres maneras de cucharas : una para cargar en una vez la mitad de lo que pesa la bala ; otra para cargar essa misma cantidad en dos veces ; y otra para cargar en una vez el tercio de lo que pesa la bala : y como ya no se usen otras piezas en este genero, si solo las encampanadas, darè el modo de cortar las cucharas para estas piezas , segun las tres razones arriba dichas.

1 Para cargar en una vez la mitad de lo que pesa la bala , se daràn al zoquete ED, à lo largo CD, tres diámetros de la bala ; y à lo ancho CE, un semidiámetro. Lo ancho RI de la cuchara sobre el zoquete , será de dos diámetros de la bala ; y su largo AB, dos diámetros y medio. Lo ancho superior GH se determinará de esta suerte.  
Di-

Dividase el diametro de la bala en cinco partes, y tomando tres de ellas, se pondrán de B à H, y otra vez de B à G: con esto se formará la cuchara, como en otras partes se ha explicado, y se ve bastantemente en la figura; y con ella se cargará la mitad del peso de la bala, llenandola de modo, que esté rassa, y no à colmo, como en otra parte dixe.

2 Para que la cuchara cargue en dos veces la mitad del peso de la bala, esto es, cada vez la quarta parte, se le dará à su ancho RI un diametro y medio de su bala; y de largo, un diametro, y tres quartos; y al ancho superior GH, à quien en la antecedente se le dieron seis quintos del diametro de la bala, aora se le darán nueve dezimas: esto es, dividido el diametro de la bala en 10. partes, se pondrán 4. y media de B à H, y otras 4. y media de B à G.

3 Para cargar en una vez el tercio del peso de la bala, se le dará de ancho en RI tambien un diametro y medio de la bala, y de largo AB dos diametros; y à la GH 9. dezimas del diametro de la bala, como en la antecedente: y porque el tercio del peso de la bala se puede regularmente cargar en una vez, no es menester otra cuchara.

Si se considera bien la proporcion que se ha dado en todas al ancho inferior RI, con el superior GH, se verá, que en la cuchara primera, así como RI consta de dos diametros de la bala, que viene à ser los dos tercios de la periferia de la boca, quitado el viento; así la GH es los dos tercios de la periferia de lo ultimo del encampanamiento al fogón, cuyo hueco tiene allí de diametro tres quintos de el de la boca; y dos de éstos, es los dos tercios de su periferia en aquel lugar, quitado el viento: y así mismo en la segunda, y tercera, así como la RI es un diametro y medio de la bala, que es la semiperiferia de la boca, quitado el viento; así mismo la mitad de 9. quintos, esto es, 9. dezimas, es la mitad de la periferia del encampanamiento en el fogón: con lo qual sale la cuchara ajustada al encampanamiento, y con bastante huelga.

Los

Los cartuchos para los pedreros encampanados se cortaràn con esta proporcion. 1. Si huvieren de cargar la mitad del peso de la bala, se les darà de ancho inferior tres diametros de la bala, y de ancho superior nueve quintos de un diametro, y de largo un diametro, y tres quartos. 2. A los que huvieren de cargar el tercio del peso de la bala, se les darà de largo un diametro de su bala, y un tercio: su ancho superior terà, como en el antecedente, 9. quintos, ò un diametro de la bala, y 4. quintos; pero el ancho inferior se havrà de disminuir por entrarfe tambien dentro del encampanado, y assi se le darà dos diametros, y dos quintos de la bala; y con esto cargará el cartucho el tercio de su peso.

## PROP. XXVI. Problema.

*Determinase la simetria, distribucion de metales, y modo de cargar los Petardos. (fig. 14.)*

Los petardos se inventaron en Francia, y sirven para derribar, y romper qualesquiera puertas, por fuertes que sean: su figura es como se ve en X; y su proporcion es como se sigue. La longitud FM de su vacio es un diametro y medio de su boca; y el diametro de esta ha de ser el de la bala de piedra de 10. hasta 30. libras; ò de la de hierro, de 30. hasta 90. y no se deven hacer de mayor calibo, para que sean manejables. Su hueco va estrechándose, hasta tener en GI la mitad del diametro de la boca. Firrufino le da de macizo al metal en el parage del fogòn F un ochavo del diametro de la boca; esto es, un ochavo en IH, y otro en GE: y lo mismo, ò algo mas en la contera FL. En el cuello le da un noveno à cada parte, es à saber, un noveno en CD, y otro en BA. Las lineas AE, DH, como tambien BG, CI, son rectas: conque es facil su descripcion. Otros, y juzgo ser lo mejor, dan de macizo al rededor en el parage del fogòn la quinta parte del diametro de la boca; y en el cuello la mitad que en el fogòn, que es la dezima parte de dicho diametro.

Para que el petardo haga en las puertas el estrago que





que se desea, se dispone un tablòn QN bien recio, y de madera firme, armado por la una parte con planchas de hierro, y en la otra se caba un circulo algo profundo, para que ajuste en èl la boca AD del petardo: luego se cargará como se sigue. Se tomará un palo muy rollizo, y grueso como un dedo, y que sea algo mas largo que el petardo: èste se tendrá perpendicular en medio de su hueco, y se irá echando polvora bien fina de media en media libra, la qual se irá atacando al rededor del palo; pero no tanto, que pierda el grano: de esta manera se proseguirá, hasta que solo falte algun poco para llenarle; y sacado el palo, el vacío que dexare se llenará de polvora fina, lo qual se hace para que prenda el fuego con mas brevedad, y encienda la polvora: y si con la dicha diligencia huviere entrado cerca de vez y media la cantidad de polvora de que sin apretarla es capáz el petardo, quedará bien cargado.

Hecho esto, se cubrirá la polvora con un fieltro, y luego se ajustará sobre ella una tabla, cubriendola con cera derretida, ò con pez griega, con que queden cerradas todas las endrijas: pondràse despues el tablòn QN sobre el trabuco, de fuerte, que su boca se ajuste en la concavidad circular del tablòn, en quien se clavará con unos clavos que entren por las quatro sortijas, ò hembras que hay en su cuello, como se vé en la figura. Para darle fuego, se pone por el fogon F una pipa de madera llena del material acostumbrado, la qual ha de entrar hasta el medio de la polvora, y apretado fuertemente el petardo contra la puerta, se da fuego à la pipa del fogon. El modo de aplicarle à las puertas es vario, segun las diferentes disposiciones que ocurren; y así se dexa al juicio, y discurso de los prácticos.

PROP-



## PROP. XXVII. Theorema.

*Explicase la disposicion , y simetria de los Morteros modernos para arrojar Bombas , y Carcafes.*  
(fig. 15. y 16.)

**T**ambien se reducen à este tercer genero de artilleria los morteros que sirven para echar bombas, piedras, carcafes, y diferentes fuegos artificiales, cuya primera invencion fue el año 1540. Fundieronse entonces con la camara de la polvora cilindrica, y en la forma que demuestra la *fig. 15. num. 1.* No me detengo en poner por extenso la simetria, y disposicion de estos morteros, por no estilarse ya su moda en nuestros tiempos; pero se puede ver en *Firrufino cap. 47.* Usóse de ellos hasta que en el año 1681. Antonio Gonzalez inventò otra manera de morteros, cuya camara de la polvora es esferica, ò esferoide, con lo qual se asegura encenderse dentro de ella con mas prontitud toda la polvora, salir con mayor impetu, y arrojar mas lexos la bomba, aunque sea su peso mayor que el de las antiguas; y para arrojarlas à las plazas estando fuera del alcance de la artilleria, inventò el mortero, cuyo perfil se vè en el *num. 2.* pero porque pesava 370. arrobas, y los afultes, por pertrechados, y fuertes que fuesen, no podian resistir su furioso impetu al dispararse, se juzgaron por inutiles para tierra; y así se aplicaron al mar, usando de ellos sobre unas galeotas, que llaman *Palandras.*

Despues el mismo Antonio Gonzalez discurrió otro mortero, que es el del *num. 3.* con la camara esferica, el qual era ya muy manejable, por pesar dos tercios menos que el antecedente, y para su mayor refuerzo situò los muñones en la culata: segun esta moda, con poca diferencia, se han fundido muchos, que se pueden ver en *Monfieur San Remi*, de los quales, el que se juzga comunmente por mejor, y el que al presente se estila es el siguiente, cuya simetria se vè en la *figur. 16.* y es como se sigue.

L

La boca del mortero es AB, la qual se divide en 12. partes iguales, como se ve en XV del pitipie XZ: con estas se va dando la devida magnitud à todas las partes del mortero: la alma QP del mortero tendrá de largo con poca diferencia un diametro de la boca AB, y un quarto, la qual forma àzia la camara un femicirculo, como se ve en la figura. La gola, ò garganta PO tiene de largo 4. dozeavos, y su ancho en CD es 5. dozeavos, y en O 4. dozeavos. Sigue se la camara de la polvora, cuya figura en LNM es emisferica; y lo restante hasta la garganta O, es porcion de piramide conica: la longitud ON es 9. dozeavos de la boca del mortero; su mayor amplitud LM es 7. dozeavos. La distribucion de los metales es esta: Al rededor de la camara de la polvora tiene 6. dozeavos, que es la mitad de la boca del mortero, en DF 7. dozeavos; y lo mismo en CE, al rededor de la alma, como en GH 2. dozeavos. Los muñones se ponen en la culata, cuyo grueso RS es de 6. dozeavos, ò la mitad de la boca; y su largo lo mismo que su ancho. Lo demàs se explica en el modo de delinear-se, que es el siguiente.

## PROP. XXVIII. Problema.

*Descrivir el perfil de los morteros. (fig. 16. estamp. 31.)*

**O**peracion. Tirese la recta oculta &Q larga à discrecion, y esta será el exe del mortero. Tirese à parte la recta XZ, y en ella se colocará el diametro de la boca, que se quiere dar al mortero que se describe, y supongo sea XV: dividase XV en 12. partes iguales, y tomandola toda con el compàs, se pondrà tres, ò quatro veces en la XZ, y servirá de pitipie para la descripción.

Hecho esto, tomese del pitipie una boca, y tres dozeavos, y ponganse desde Q à P: tirenle por Q, y P las AB, EF perpendiculares à la Q&, y largas à discrecion: tomense seis dozeavos, y ponganse desde Q à B, y Q à A, y esta será la boca; y con la misma distancia señalete desde P el punto a: tirele por a una linea oculta Gd paralela

498 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

à la AB, y sobre ella uelde el centro a con la misma distancia aP descrivase el semicirculo HPb; y tirando las AH, Bb, quedará delineada la alma. Tomenfe dos dozeavos y medio, y desde P señalenfe los puntos C, y D: tomenfe 4. dozeavos, y desde P señalefe en el exe el punto O, por el qual se tirará la gh oculta paralela à CD: tomenfe dos dozeavos, y desde O se señalarán los puntos g, y h; y tirando las lineas Cg, Dh, quedará formada la garganta.

Tomenfe 9. dozeavos, y ponganfe de O à N: tomenfe 3. dozeavos y medio, y puesto el un pie del compàs en N, se señalarà en la NO el punto T, desde el qual como centro se hará el arco LNM, que sea poco mas de semicirculo; y tirando las gL, hM, de modo que sean tangentes al dicho arco, quedará formada la camara de la polvora. Cuentefe aora un dozeavo desde O àzia P, y por esse punto tirefe la IK paralela à EF: tomenfe del pitipie nueve dozeavos y medio, y con esta distancia, hecho centro en T, descrivase el arco I&K. Tomenfe 7. dozeavos, y señalenfe las distancias CE, DF; y tirenfe las Em, Fn paralelas al exe largas 5. dozeavos: tirefe la mn, que no passe por el vacio: tomenfe aora dos dozeavos, y señalenfe con esta abertura las distancias GH, bd; y de los puntos G, y d, tirenfe paralelas al exe, y quedará descrito el grueso del metal al rededor de la alma. En EI, FK, descrivanfe las molduras que se ven en la figura; y asimismo la moldura mG, nd. Sobre la Gd, en distancia de 4. dozeavos, tirefe una paralela à la AB, y de alli empezará el friserolo del cuello, que tendrá de ancho un dozeavo: luego à distancia de dos dozeavos se tirará otra paralela à la AB, que formará el cuello, y de alli comenzará la moldura de la boca, como se ve en la figura.

Para formar los muñones se tomarán 7. dozeavos, y con esta distancia se señalarà desde N el punto &; y tomando tres dozeavos, se descrivirà con este intervalo el circulo RS, que tenga su centro en la N&, y passe su periferia por el punto &. El fogan se pone en f, en medio de la distancia que hay desde & à I con poca diferencia.

La

La magnitud de los morteros conviene se contenga en una mediania, porque siendo sobrado grandes, son de difícil manejo, y destruyen al dispararse sus afustes: se les darà pues de diametro à su boca un pie, que es un tercio de vara, con poca diferencia; y al diametro de la bomba se les darà medio dedo menos, para que entre en el mortero con bastante huelga. Los afustes para estos morteros se suelen hacer de varias maneras; y como mas pertenezcan à la practica, que à la theorica, se dexan à la prudencia de los Expertos, si bien el que va expressado en la figura, es el que se usa ordinariamente.

## PROP. XXIX. Problema.

*Modo con que se han de cargar los Morteros, y las bombas que con ellos se arrojan.*

**L**A cantidad competente con que se han de cargar estos morteros, es, por cada 15. libras del peso de la bomba, una libra de polvora ordinaria; y si fuere fina, se quitarà el tercio, ò el quarto de dicha carga. Las bombas se hacen esfericas de hierro colado, y no han de ser de dos piezas unidas, si enteramente de una pieza: dentro estàn concavas, y el gruesso del metal es de un dedo y quarto: algunos las dan uniforme, è igual crassicie por todas partes; pero lo mas acertado es, que tengan mayor espessura en la parte P, (fig. 16.) que es la opuesta al agujero donde ha de llevar la pipa, lo qual sirve para que quando cayga, venga siempre baxo la parte P, y la pipa quede àzia arriba sin riesgo de apagarle antes de dar fuego à la bomba, y así se le darà de espessura donde menos un dedo y un quarto; y en P, dos dedos y medio con poca diferencia.

El agujero por donde ha de entrar la pipa, tendrà de ancho un dedo, y un texto, por el qual se llenarà de polvora toda la bomba; y alli cerca ha de tener dos assas, para que con facilidad se pueda mover, y poner dentro del mortero.

Luego se tendrà hecha al torno una pipa de madera,  
 li 2 que

que estè por dentro vacia à lo largo, el qual vacio ha de ser angosto, para que la bomba no pierda de su fuerza: haràse la pipa mas delgada por la parte que ha de entrar dentro, para que quede mas ajustada: su longitud ha de ser tal, que llegando al centro de la bomba, como se ve en la figura, sobre por defuera de su superficie convexa, dos, ò tres dedos, segun se quisiere sea mayor, ò menor su duracion. Esta pipa se llenarà de una materia semejante à la de los cohetes, apretandola à golpes, como en èstos se acostumbra. El Padre Dechales da la mixtura siguiente: 8. libras de polvora molida, dos libras de salitre, una de azufre, media de borace, y otra media de alcanfora, desleida con espiritu de vino segunda vez rectificado: todo lo qual ha de estar bien molido, y pasado por tamiz. Otras mixturas sabrán los Practicos, aptas para el intento.

Dispuesto lo sobredicho, se cargará el mortero de esta suerte: Pongase en su camara la cantidad competente de polvora, y sobre ella el bocado de materia ordinaria, sobre el qual se ajustará un taco de madera dulce, que tenga su diminucion, y se ajuste à la garganta OP del mortero, apretandole muy bien contra la polvora: en su extremidad superior se ha de hacer à torno un hueco ajustado à la convexidad de la bomba; èsta se pondrà sobre el dicho taco de forma, que no se arrime mas à una que à otra parte del mortero: y para asegurar esto se meterà à su rededor tierra, cespedes, ò otra cosa semejante; y aun toda la bomba se ha de cubrir de la materia sobredicha, de modo, que solo se descubra la pipa, que sobrepaja cosa de un dedo à la materia sobredicha.

El modo de darle fuego, es, encendiendo primero la pipa de la bomba, y luego el fogon del mortero, para lo qual tendrà el Bombardero dos botafogos, uno en la mano derecha, y otro en la izquierda; y con el de la derecha encenderà primero la pipa de la bomba, y con el de la izquierda darà fuego al fogon del mortero. Otros, para mayor seguridad, ponen otra pipa de carton en el fogon, que sea mucho mas corta que la de la bomba, y otra en el botafogo; y encendida èsta, dan fuego con ella  
pri-

primeramente à la de la bomba , y despues à la del fogon, y tiene bastante tiempo el Bombardero para retirarse ; pero todo esto lo saben mejor los Practicos. El modo de dirigir el mortero para lograr el efecto que se pretende , se dirà en el libro siguiente.

## CAPITULO IV.

DE VARIAS COSAS PERTENECIENTES A LOS TRES generos de Artilleria.

PROP. XXX. Theorema.

*Refierense los defectos que puede tener un Cañon por estar mal fundido.*

**L** Os defectos mas notables con que puede una pieza salir de la fundicion , son los siguientes. 1. Puede tener dentro de la alma alguna concavidad , magaña , esponjadura , rebollidura , o escarabajo : de que se sigue el quedarse algunas veces dentro de ella alguna porcion de fuego despues de disparada la pieza ; y si el Artillero con la prisa del cargar se descuida de meter la lanada , al echar la polvora para la segunda carga le puede quitar la vida. 2. Puede salir la alma tuerta , ò ladeada , lo que es gravissimo inconveniente ; lo primero , porque rara vez se hará con la tal pieza buena punteria , si no es que la destreza del Artillero , y la practica de tirar con aquel cañon la enmiende : lo segundo, y aun peor, por no tener enmienda, es, quedar necessariamente la pieza mas flaca de metal en aquella parte à donde se arrima mas el hueco; y por consiguiente, facil de rebentarse.

3. Puede estar desbocada la pieza, esto es , mas ancha en la boca , que en lo restante de la anima. 4. Puede estar el fogon fuera de su lugar. 5. Puede tener mal reparados los metales. 6. Los muñones pueden estar mal colocados: de todo lo qual se siguen diversos inconvenientes;

tes; y así es preciso, antes de admitir la pieza, reconocerla con gran cuidado, averiguando todo lo sobredicho en la forma que explico en las proposiciones siguientes.

## PROP. XXXI. Problema.

*Tomar el calibo, ò diametro del hueco de la Pieza, y averiguar si està desboçada. (fig. 17. estamp. 30.)*

**L**A primera operacion, y que es fundamento de las demás que se siguen, es tomar con precision el diametro de la alma, ò hueco de la pieza, que llaman *calibo*; porque como todas sus partes vayan reguladas, y dirigidas por dicho diametro, si éste no se tuviere bien preciso, no se podria averiguar con certeza si la pieza tiene los cabales para merecer aprobacion, antes bien todas las operaciones que se hicieren con el diametro mal tomado, serian falsas. El modo pues para tomarle bien, preciso es el siguiente.

Formese de buena madera, alaton, ò otra materia semejante un compàs à modo de pantometra, como se ve en la *fig. 17.* pero el brazo AB por la parte AB estè chafanado, de modo, que quede como un corte de cuchillo. En la extremidad C del otro brazo pongase una puntilla de azero CO perpendicular à la CD. Con este instrumento se tomarà fielmente el diametro del hueco en esta forma: Pongase dentro de la pieza quanto se pudiere el instrumento sobredicho, de suerte, que el lado BA toque lo inferior del hueco de la pieza: abrafe el otro brazo CD, hasta que la puntilla O toque la parte superior del hueco, y faquese con cuidado, de que no se cierre, ni abra. Hecho esto, tirese en un papel una linea recta PL: tomese el compàs, y ajústese su lado BA sobre la PL, y señalese con todo cuidado el punto O. Tirese desde O la OS perpendicular à la PL, y essa serà el verdadero diametro del hueco de la pieza. Repitase esta operacion en diferentes partes del hueco, ya metiendo el dicho compàs de lado, ya à plomo; y si siempre se hallare una misma linea OS, serà evidente estar bien cilindrico el hueco:

ha-

hagase tambien la misma diligencia en la boca de la pieza; y si el diametro se halla mayor que en las otras operaciones, será señal de estar la pieza desbocada.

## PROP. XXXII. Problema.

*Terciar qualquiera Pieza, ò reconocer la distribucion de sus metales. (fig. 18. y 19.)*

**T**erciar una pieza, es reconocerla, y hacer de ella como una anatomia, averiguando su genero, especie, è individuo, y si tiene todos los requisitos necesarios para que se admita; pero tomando el termino, *terciar la pieza*, con mayor rigor, se limita al escrutinio que se hace de la cantidad, y reparticion de los metales en sus tres partes principales; es à saber, sobre el fogon, sobre los muñones arrimado à su faxuela, y en el cuello, lo que se executará en esta forma.

1. Se tomarà el diametro justo, y verdadero de la alma, ò hueco de la pieza por la proposicion antecedente; y tirando en un papel, ò carton una linea recta larga à discrecion, como MN, se tomarà con el compàs la justa medida de dicho diametro, y se pondrà en MK: y midiendo con esta distancia MK lo que hay del fogon de la pieza hasta su boca, se sabrà su longitud; y por consiguiente, de què genero sea, y si tiene la que le toca. 2. Tomese el compàs de puntas curvas, y un poco sobre el fogon tomese el diametro que alli tiene la pieza, y passese à la linea MN, y sea MN el sobredicho diametro. Vayase aora con el mismo compàs curvo à los muñones, y sobre ellos, arrimado à la faxuela, tomese el diametro de la pieza, y pongase en la MN desde M hasta O. Vayase ultimamente al cucillo de la pieza, y tomese su diametro en aquel parage, y passese à la MN desde M hasta L.

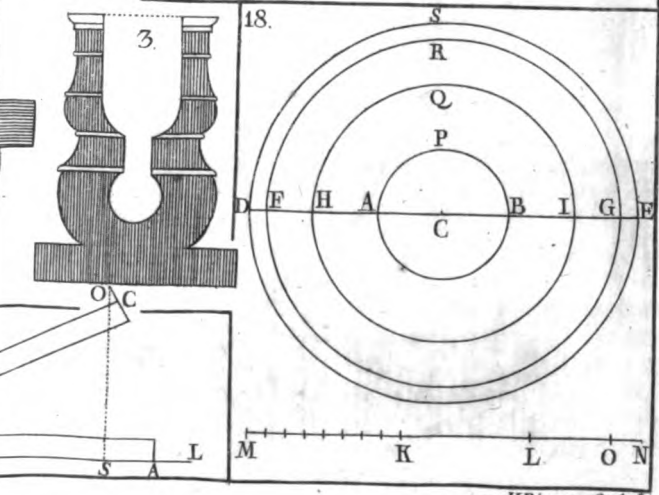
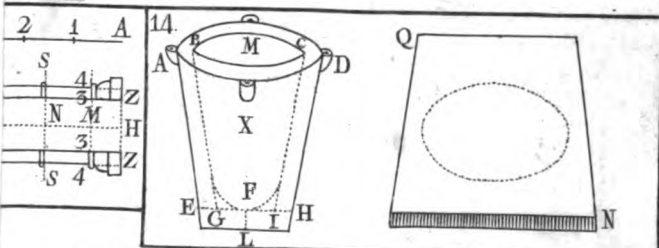
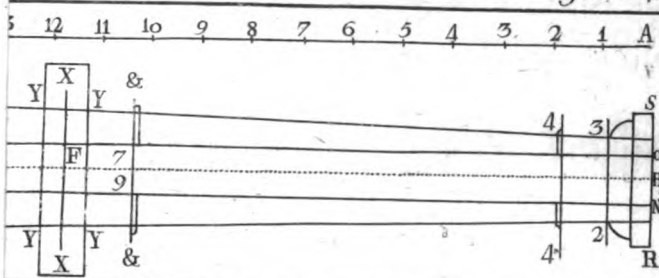
Hecho esto, se tirará à parte una linea DE larga à discrecion, y señalese en ella un punto C: dividale la MK en dos partes iguales, y con una de ellas, puesto el compàs en C, descrivase el circulo APB, y este será igual



à la boca, ó por mejor decir, al hueco de la anima de la pieza: dividafé la *ML* por medio, y con su mitad, poniendo el pie del compàs en *C*, hagafé el circulo *HQI*, y éte ferà la periferia de la pieza en el cuello: dividafé la *MO* por medio, y con su mitad descrivafé desde *C* el circulo *FRG*, y ferà la periferia de la pieza fobre los muñones. Dividafé finalmente la *MN* por medio, y con su mitad descrivafé desde *C* el circulo *DSE*, y ferà la circunferencia de la pieza en el parage del fogon; y con esto se tendrà, como en planta, toda la reparticion de metales que tiene la pieza, donde se verà con claridad si tiene lo que por reglas de buena fundicion le toca segun su genero, como queda dicho en las proposiciones passadas, ó si es reforzada, ò flaca de metal, y quanto sea el refuerzo, ò el defecto: para lo qual se dividirà el diametro *MK* de la boca en ocho partes iguales, y segun ellas se averiguarà lo sobredicho. No olvidando el reconocer si tiene bastante metal en la culata desde el fogon hasta lo ultimo de su faxuela mas alta, que ha de ser à lo menos tanto como un diametro de la boca. Es pues en la sobredicha descripcion *BE* el gruelfo del metal en el parage del fogon; *BG* fobre los muñones; y *BI* en el cuello.

Esta operacion, como hemos visto, es comun à los tres generos de artilleria; pero porque en las del tercer genero encampanadas podia ocurrir alguna dificultad, añado la siguiente explicacion. Tomese, como en las otras, el diametro de la boca, que supongo sea *AB* en la *fig. 19*. Tomese el diametro en el parage del fogon, y sea *DE*; y fobre los muñones, y sea *FG*; y en el cuello, y sea *HL*: solo falta aora lo especial de estas piezas; que es reconocer, y notar el encampanamiento, para lo qual se tomarà un hierro, ò palo recto, con sus puntas à uno, y otro cabo, y se harà igual al diametro *AB* del hueco de la pieza: éste se pondrà perpendicularmente cerca del cabo de una asta, formando con ella una cruz, y metiendo la asta dentro de la pieza, se sabrà si es, ò no encampanada; y caso que lo sea, se conocerà quan largo sea el encampanamiento, que como diximos, ha de ser un dia-

me-



H Ricarte sculp.



metro, y tres quartos de la boca : afsimifmo fe podrá tomar el diametro de lo ultimo del encampanamiento , con otro palito mas corto , puefto al cabo de la afta , ò metiendo por el fogon la aguja de garavatillo , porque facandola , lo que faliere hafta que encuentra el garavatillo con el metal ferà dicho diametro; fabido èfte, que como diximos, es tres quintos del de fu boca , fe notará en la defcripcion, y ferà RI : conque RKI , ferà lo mas angoito del encampanamiento al fogon ; AMB la boca , ò alma de la pieza ; HNL fu periferia en el cuello ; FOG fu periferia en los muñones ; DPE fu circunferencia en el parage del fogon ; IE gruelfo del metal en el fogon ; BE gruelfo del metal al principio del encampanamiento ; BG elpefura del metal fobre los muñones ; y BL fu elpefura en el cuello.

## PROP. XXXIII. Problema.

*Efquadrar una Pieza de Artilleria , ò hallar los puntos de las joyas ; y examinar fi eftan bien colocados los muñones.*

**E**Sta operacion es tambien importantifima para affegurar el acierto en los tiros. *Efquadrar* pues una pieza , no es otro , que , pueftos horizontalmente los muñones , tirar una linea recta desde lo mas alto de la faxuela de la culata , hafta lo mas alto de la que hay en el brocal , que divida en dos partes iguales la pieza , y fu concavidad , ò alma , con la qual linea forman angulos rectos las lineas de todas las faxuelas , y de los orejones , fi eftuviere todo efto bien colocado. El modo de efquadrarla , es como fe figue.

Mirefe lo primero con el compas de puntas bueltas , fi los muñones fon igualmente gruelfos ; y haviendofe affegurado que lo fon , fe tomarà un nivel de competente magnitud , y puefto uno de sus pies fobre el un muñon , y el otro fobre el otro , fe levantará , ò abaxará el uno de ellos , hafta que el plomo cayga por la linea de en medio del nivel , y entonces lo eftarán los muñones : hecho efto , tomefe otro nivel pequeño , que pueda affentarse fobre las faxue-

faxuelas de la pieza, y pongase sobre la faxuela mas alta de la culata, y en cayendo el plomo por el punto del medio, señalese sobre la faxuela el punto en que tocàre: hagase lo mismo en la faxuela del brocal, y quedaràn señalados los dos puntos que se pretenden, y sòn los que se llaman *joyas de la pieza*. Estiendase tirante un hilo de la una joya à la otra, y quedará esquadrada la pieza: con este hilo, teñido en almagre, se podrá señalar en la pieza una linea.

En los puntos sobredichos se pondrán unos pequeños señales, para que apuntando por ellos, el Artillero, haga mas cierto el tiro: tambien se pueden señalar otros puntos à los lados, para apuntar por ellos, y assegurar mas el tiro, y señalados los primeros, será muy facil señalar èstos, poniendoles así en el brocal, como en la culata à distancias semejantes de los de en medio; esto es, que si los del brocal distan de el de en medio 90. grados de aquel circulo, los de la culata distan tambien 90. grados de su circulo, que por ser los circulos desiguales, serán dichas distancias semejantes, pero no iguales; y si se hiciesen iguales, sería grande error.

Esquadrada la pieza, se averiguarà si los muñones son perpendiculares à la sobredicha linea, ò alma de la pieza, sacando con el nivel pequeño el punto mas alto de su periferia, de la misma suerte que se sacaron los de la pieza; y tirando un hilo de el uno al otro, se verá si es, ò no perpendicular al hilo primero, aplicandoles una esquadra; y si lo fuere, estarán en quanto à esto bien colocados. Y si dividiendo el largo de la pieza en 7. partes iguales, se hallasen los muñones à las tres contadas desde lo ultimo de la faxuela de la culata, ò dividiendola en 12. partes se hallasen à las cinco, segun requiere la pieza, y se dixo en la *prop. 6.* se dirà estar absolutamente bien situados.

PROP.

## PROP. XXXIV. Problema.

*Averiguar, si la alma de la Pieza esta recta, y bien situada en medio de los metales, y si passa mas allà del fogon.*  
(fig. 20. 21. y 22.)

**Y**A diximos arriba los graves daños que ocasiona el estar mal situada la alma de la pieza, por lo qual es preciso antes de admitirla examinar con diligencia si tiene este defecto. De quatro maneras puede suceder esta mala situacion. La primera es, quando se aparta del exe de la pieza igualmente àzia un lado, como se ve en la fig. 20. en el num. 1. donde el exe de la pieza es AB, y su vacio, ò alma se arrima al lado C, y se aparta del lado D igualmente, tanto en la boca, como en el fondo, de fuerte, que el exe de la pieza queda paralelo à los lados de su vacio; pero mas distante del uno, que del otro.

La segunda es, quando en el parage del fogon queda la alma en su devido lugar; pero en la boca queda mas cerca de un lado que del otro, como se ve en el num. 2. que la alma en F està en medio del metal; pero en la boca E se arrima à H, y se aparta de G. La tercera es, quando en la boca està bien situada en medio del metal, pero en el fogon se desvia de un lado, y se acerca al otro, como en el num. 3. se ve, que en I està bien colocado el vacio; pero en K està mas cerca del lado L, que de M. La quarta es, quando està aviesà la alma, de fuerte, que en la boca se inclina à la una parte, y en el fogon se arrima à la opuesta, como se ve en el num. 4. que en la boca se inclina àzia S, y en el fogon àzia P. A mas de estos defectos puede tener otro, que es no estar la alma recta, si curva. Todos los quales se examinaràn como se sigue.

Formese de madera al torno un cilindro AB (fig. 21.) tan grueso, que pueda entrar ajustado por el hueco de la pieza, y tan largo, que llegando hasta lo mas hondo, sobren fuera quatro, ò cinco palmos: al cabo B se le ajustará una vara DC bien recta, de modo, que su lado passe  
por

por el centro del cilindro : à la distancia BE , como de tres , ò quatro palmos , se ajustará de la misma fuerte otra regla recta FG , cuidando mucho , que los lados FG , CD sean entre sí bien paralelos , y perpendiculares à la AB: sean tambien EF , BC , EG , BD perfectamente iguales.

Esto así dispuesto , para descubrir , si el hueco de la pieza tiene alguno de los sobredichos defectos , y qual , y quanto sea , se meterà dentro del hueco de la pieza el cilindro AB hasta que llegue à lo ultimo , como se ve en la *figura 22.* y puestos horizontalmente à nivel los muñones , y tambien las reglas GF , DC , se tirará un hilo del punto D , que passe por el punto G , y sea DI : y otro hilo de el punto C , que passe por F , y sea CK. Midanse aora las distancias IO , PK ; y si fueren iguales , estará bien colocada en medio del metal la alma de la pieza en el lugar del fogon por aquellos lados : afsimismo , si fueren iguales las distancias ML , RN , estará bien colocada en el brocal por los mismos lados. Vayanse aora rodando las reglas , y el cilindro , haciendo la misma diligencia en diferentes puntos ; y si en todos vinieren iguales las sobredichas distancias , estará bien colocada absolutamente la alma en medio de los metales.

Pero si haciendo las mismas diligencias se observare , que en alguna positura la distancia IO , por exemplo , fuere mayor que la PK , y tambien ML mayor que RN , será señal , que la alma tanto en el parage del fogon , como en el brocal està apartada del medio , y arrimada à la ID: y si en este caso , añadiendo à la IO el semidiametro OA de la pieza en el fogon , y à la ML el semidiametro LS del cuello , resultassen iguales distancias , será señal , que la alma , aunque desviada àzia aquel lado , quedò paralela al exe : y si no fuessen iguales , por aquella parte se arrimará mas , en que resultare menor suma ; y la diferencia de las distancias de uno , y otro lado , será la cantidad del desvio.

Afsimismo , si rodando el cilindro como antes , las distancias IO , PK en alguna positura se hallassen iguales ,  
pero

pero la ML, por exemplo, se hallare mayor que RN, el alma estara bien en el lugar del fogon; pero en la boca estara desviada azia aquella parte tanto quanto fuere el exceso de la ML a la RN: y al contrario, si la desigualdad se hallasse en las distancias IO, PK. Ultimamente, si la IO se hallasse mayor que PK; y la RN mayor que ML, estara el desvio en el fogon azia O, y en el brocal azia R, en aquel lugar de la pieza donde se hallare dicha desigualdad, y el desvio sera en una, y otra parte igual al exceso, o diferencia de las distancias.

A mas de lo sobredicho, si el defecto de la alma fuere estar algo curva, se conocerà, en que no podra entrar el cilindro de madera por el hueco curvo de la pieza. Asimismo se echara de ver, si el fogon esta al remate de la alma, o concavidad, metiendo por el fogon la aguja, y señalando un punto en dicho cilindro; porque si no viniere justamente al cabo, seria señal pasarle mas alla del fogon la anima de la pieza. Tambien se conocerà si la pieza esta desbocada; porque si el cilindro, que viene ajustado a la alma, viniere holgado en la boca, sera señal de que tiene el sobredicho defecto. Aqui se ve quan del caso sea este instrumento; pues usando de el con la debida diligencia, se descubren tantos defectos que puede tener una pieza.

## PROP. XXXV. Problema.

*Describir en planta el desvio del hueco de la Pieza, y señalar en el brocal, y culata otros puntos correspondientes al exe del hueco dislocado. (fig. 23. 24. 25. y 26.)*

**E**N las piezas que tienen semejante defecto, si por las joyas, o puntos mas altos del brocal, y culata se alietare a algun blanco, jamàs se haria tiro cierto: porque quando la visual que passa por las joyas va al blanco, el exe del hueco de la pieza va a otra parte; sera pues conveniente, que en semejantes piezas se señalen otros dos puntos, uno en la culata, y otro en el brocal, que  
cor-



310 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

correspondan perfectamente al exe del hueco ladeado, ò de qualquiera manera puesto fuera de su lugar, para que dirigida la pieza al blanco por estos puntos, lo esté tambien el hueco, y sea seguro el tiro. Para lo qual será conveniente se ponga primero en planta el desvío del hueco de la pieza, notando lo que se aparta del medio de los metales, así en el parage del fogón, como en el brocal, y juntamente àzia què parte se hace el sobredicho desvío: con lo que se hará patente el lugar donde se han de colocar los puntos que se pretenden. Todo lo qual se executará como en los exemplos siguientes.

*Exemplo 1. fig. 23.* Tomese el diametro de la pieza en el parage del fogón, y sea AB; y partiendole por medio en C, hagase el circulo AGBH, que será el grueso de la pieza en dicho parage, y tirese por C la perpendicular GH: y suponiendo, como siempre suponemos, que la AB, y los muñones están à un mismo nivel, será G la joya de la culata. Tomese aora el diametro de la pieza en el cuello, y sea DF; y dividiendole por medio en E, hagase el circulo DKFL, que será el grueso del cuello; y tirando la perpendicular KL, será K la joya del brocal: por los quales puntos G, y K se tiraria bien, si la pieza no tuviese dislocado su hueco; pero supongamos, que por las operaciones de la proposicion antecedente se halle, que en el lugar del fogón no se desvía, si solo en la boca. Tomese pues el diametro del hueco, (31.) y con su mitad descrivale del centro C el circulo pequeño, que será el vacío de la pieza con dicho lugar; y supongamos, que se desvía el dicho vacío del medio de los metales en el cuello àzia el punto K la cantidad EI. Notese pues esta cantidad en la EK desde E à I; y hecho centro en I, se describirá el circulo pequeño igual al que se hizo en C, y éste será el hueco de la pieza en el brocal, y quedará hecha la descripcion. En la qual se vé no ser menester en este caso variar los puntos de las joyas G, y K, por quedar siempre en medio del hueco de la pieza: y para acierto del tiro bastará sacar el vivo, como se dirá mas adelante; y poniendo en K una varilla, ò cerilla, que junto con

la

la distancia NK sea igual à la MG, se ajustará por la joya G, y por el cabo de la cerilla perfectamente al blanco.

*Exemplo 2. fig. 24.* Sea lo grueso de la pieza en el fogón el círculo QPRS, y en el cuello VTXZ; y tirados como antes los diametros, que se corten perpendicularmente en los centros O, y E, supongo se haya hallado dislocada la alma en el parage del fogón àzia el punto S la cantidad OI. Descrivale pues desde I, como centro, el hueco de la pieza, como se vé: sea tambien su desvío en el cuello àzia T la cantidad EC: descrivase alli tambien desde C el hueco mismo, y se verá patentemente el error del vacio: y porque tambien es segun los diametros PS, TZ, tampoco es menester variar los puntos, si que los mismos de las joyas P, y T servirán para tirar; solo que à la YT se le ha de añadir un pedazo de cerilla hasta que iguale con la MP, y se hará buen tiro.

*Exemplo 3. fig. 25.* Sea el grueso de la pieza en el lugar del fogón el círculo ABCD, cuyo hueco de la alma sea el círculo FQRS puesto en su lugar, por no haverse hallado dislocado; y por consiguiente, no hay que señalar alli otro punto distinto de la joya B. Sea el grueso de la pieza en el cuello el círculo HGIK, en el qual se haya hallado el hueco apartado de su lugar por la linea LH àzia H, y sea su desvío LM. Tirese del punto M la MO paralela à la LG, y el punto O será el que se ha de señalar en la faxuela del brocal, distante de la joya G la GO: y poniendo el vivo, ò el suplemento sobre O de una cerilla, tal, que con la NO iguale à la FB, se ajustará bien al blanco por la joya B, y la extremidad de la cerilla puesta en O.

*Exemplo 4. fig. 26.* Sea ACBD el grueso de la pieza en el fogón, y MONP en el cuello, y el desvío del metal en el fogón sea segun la linea HI àzia I, y su cantidad EF. En el brocal sea el desvío segun la ST àzia S; y su cantidad QR, descrito el hueco en entrambas partes de los centros F, y R, se tirará de F la FG paralela à EA, y el punto G será el que de nuevo se ha de poner sobre la

fa-

faxuela de la culata. Tirese del centro R la RL paralela à QM, y el punto L, será el de la faxuela del brocal; y añadiendo un palillo, ò cerilla sobre L, que supla lo que le falta à ZL para igualar à la KG, se tirará con seguridad, assestando por el punto G, y el cabo de dicha cerilla. De aqui se puede colegir el modo de obrar lo mismo en los demás casos.

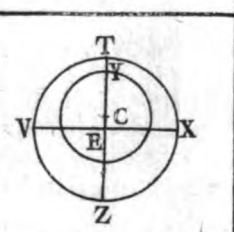
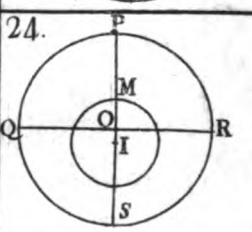
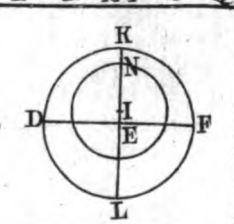
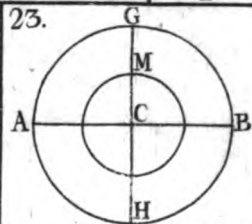
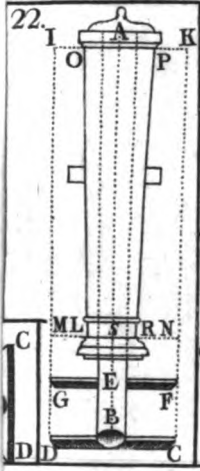
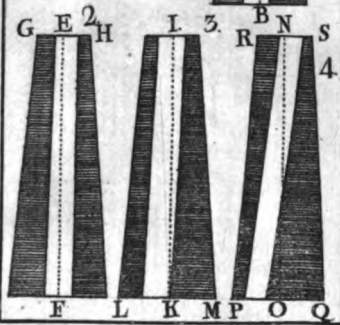
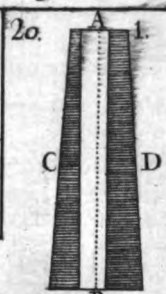
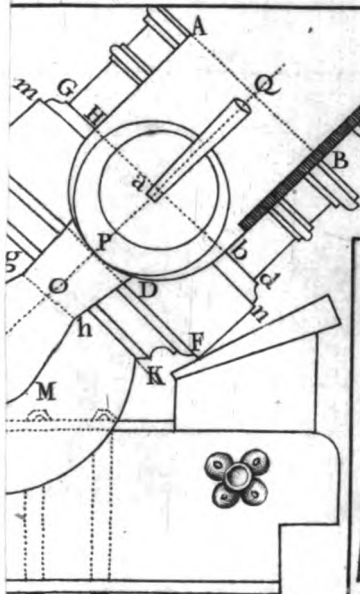
## PROP. XXXVI. Problema.

*Modo con que se han de probar las Piezas nuevas de Artilleria.*

**L**A prueba legitima de una pieza nueva de artilleria, no consiste en otro, que en darle mayor tormento del que ordinariamente se le ha de dar en las facciones de guerra; pero con advertencia, que dicho tormento ha de contenerse dentro de ciertos limites, porque de otra fuerte no sería probar la pieza, si rebentarla. El modo pues de probarlas, que regularmente dan los Autores, y está puesto en estilo, es el siguiente.

Primeramente, la persona señalada para hacer la prueba de alguna pieza, deve terciarla, y averiguar la riqueza, y reparticion de metal que tiene: deve asimismo esquadrarla, y escudriñar la rectitud, y positura de su hueco, la situacion de los muñones, y todo lo demás que hasta aqui hemos explicado: tomará tambien una candilla encendida, y fixandola al cabo de una asta, la meterá hasta el cabo del hueco, y reconocerá muy bien si tiene dentro alguna magaña secreta, ò otro semejante defecto. Satisfecho ya de todo esto, passará à la prueba en esta forma.

Se dispondrá la pieza, de modo, que no tenga retirada ninguna al tiempo de dispararle; y se le dará de elevacion hasta el segundo, ò lo mas hasta el tercer punto de los 12. en que se supone dividida la esquadra: esto es general en los tres generos; pero la carga ha de ser con diferencia; y porque en la prueba se han de tirar tres tiros, se observará este orden. En las del primer genero, al  
pri-



H Ricarto sculp.



primer tiro se echarà de polvora ordinaria peso igual al de la bala ; en el segundo se añadirà una quarta parte mas ; y en el tercero otra quarta parte , conque en este tercer tiro tendrà de polvora vez y media del peso de la bala ; como si la bala pesare 16. libras , en el primer tiro se cargarà la pieza con 16. libras de polvora ; en el segundo con 20. y en el tercero con 24.

En las piezas del segundo genero , que se cargan con los dos tercios del peso de su bala , se darà al primer tiro esta misma carga ; en el segundo se añadirà un sexto mas ; y en el tercero otro sexto , y tendrà el tercer tiro peso de polvora igual al de la bala : como si el peso de esta fuere 24. libras , al primer tiro se daràn 16. libras de polvora ; al segundo se añadirà la sexta parte de 24. peso de la bala , que son 4. libras , y ferà la carga 20. libras ; al tercero otras 4. libras , y ferà la carga 24. libras de polvora , que es el peso de la bala.

En las del tercer genero , que segun lo dicho en la *prop. 24.* se huvieren de cargar con la mitad del peso de la bala , que son las que su calibo no passare de 20 libras , se les darà en el primer tiro la mitad del peso de su bala , que es su carga ordinaria ; en el segundo se añadirà una octava parte del peso de la bala ; y al tercero otra octava parte , y llevarà el tercer tiro la mitad mas de su carga ordinaria : como si la bala pesare 16. libras , al primer tiro se echaràn 8. libras de polvora ; al segundo 10. libras ; y al tercero 12. pero en las piezas de mayor calibo , cuya carga ordinaria es solamente el tercio de lo que pesa su bala , se darà al primer tiro el tercio del peso de la bala ; al segundo , una sexta parte mas del peso de la primer carga ; y al tercero , otra sexta parte : como si el peso de la bala fuere 36. libras , al primer tiro se le darian 12. libras de polvora ; al segundo se añadiria 2. y seria la carga 14. libras ; y al tercero otras dos , y seria 16. libras , que es un tercio mas de lo que tira por carga ordinaria. Hecho este genero de pruebas , se juzgarà la pieza segura para las facciones de guerra.

## PROP. XXXVII. Problema.

*Determinase la proporcion, y simetria que se suele dar à los montages, ò ajustes de la Artilleria. (fig. 27.)*

**T**Ratan de esta materia copiosamente diferentes Autores : por lo qual , como tambien por no estrecharse al rigor mathematico , solo explicarè aqui lo mas principal , dexando lo demás à la practica , que es el mejor Maestro en estas cosas. Las principales partes de estos montages , y cureñas , son los tablonés , teleras , y ruedas , y así los tablonés , como las teleras se miden mejor , y proporcionan por diametros de la boca ; pero las ruedas , por haverse de ajustar à mantener la pieza en una altura competente para su manejo , se determinan por palmos , ò pies sus medidas. El modo de disponer los tablonés es el siguiente.

Vease su perfil en la fig. 27. en el qual AB , es la testera , ò frente del tablon ; RQ , la contera ; G , la muñonera donde se ajusta el muñon ; y V , el lugar del exe para las ruedas. Para hacer la descripción de uno , que haya de ser del primer genero , se tirará la recta oculta AC , que es lo largo que ha de tener el tablon , y ha de ser tanto como una vez , y un tercio de lo que tiene de largo el cañon desde el fogon hasta la boca : como si tiene alli 30. bocas , tendrá la AC 40. advirtiendole , que se le ha de dar de grueso el diametro de la boca. Saquese à esquadra la AB de 4. bocas , y tirando la oculta BD paralela à AC , y la DC paralela à BA , quedará formado un paralelogramo BC : dividase la AC por medio en S , y tirese la SE paralela à AB : cortese la SF igual à la mitad de una boca , y tirese la AF. En esta linea AF , cortese la A2. de dos bocas , y un quarto ; y en seguida la 2. 3. de una boca , y esta será lo ancho de la muñonera : tirense las lineas 2. 6. y 3. 7. perpendiculares à la AF , cada una de dos tercios de una boca ; y tirese la recta 6.7. y se havrá determinado lo ancho , y hondo de la muñonera : describiendo del centro G un semicirculo , que toque à la 6. 7. quedará con-

concluida, y el punto G será el centro del muñon.

Cortese aora la DN de tres bocas: luego se tomará el semidiametro de la rueda, que despues determinaremos, y se pondrá en una linea recta tirada à parte; y en seguida se añadirà la mitad de la espessura que tiene el exe en el lugar donde corresponde al tablon, y tambien lo ancho AB de la testera: luego se cortará un hilo igual à todo lo sobredicho, que se señalarò en la linea; ò esta misma longitud se señalarà en una regla derecha con dos puntos, y sea GH: tomese pues esta regla, y puesto el un punto en G, centro de la muñonera, sobre el otro punto H se pondrá el cabo de un hilo de indefinida longitud, y se estenderà tirante por sobre el punto N; y se iràn moviendo la regla, y el hilo sin perder los puntos G, H, hasta que aplicando una esquadra en el punto H, se allegure ser el ángulo H recto, y entonces se señalarà con lapis la linea GV, y la NR; y V será el lugar por donde ha de passar el exe de las ruedas, para que estando la pieza en postura de faccion, vengan à plomo los muñones sobre el exe; y la NR dará el corte de la contera, para que puesta la pieza en la sobredicha situacion, coincida la NR con la tierra, ò esplanada: levantese aora la RQ de tres bocas perpendicular à NR; y assimismo la NP paralela, è igual à RQ; y tirando la PQ, quedará formada la contera del tablon; y tirando la FP, se havrà concluido la delineacion.

Faltanos aora tratar de las teleras: éstas son unas tablas, que atravesando del uno al otro tablon, les unen, y refirman formando con ellos el lecho de la pieza. Las teleras son quatro, y à mas de servir todas generalmente para el efecto sobredicho, tiene cada una su oficio particular. En el tablon de la figura están notados sus encages, que son L, M, O, X. La primera telera es L, y se llama *de la testera* por el lugar que ocupa: sirve de detener la pieza no cabecee sobrado si acaso tiene este defecto: y tambien para que si se ofreciere tirar de alto abaxo, se pueda sostener la pieza con cuñas sobre dicha telera, para que no se incline, ni cabecee al dispartarse. La segunda



516 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

telera es M, y se llama *telera del descanso*, porque sobre ella descansa la pieza, y sobre ella se ponen tambien las cuñas para apuntarla; y porque lo regular es tirar àzia arriba, por esto se pone esta telera tan baxa como se puede, para que descansando sobre ella la culata, quede con elevacion la pieza. La tercera telera es O: llamase *telera de la palanca*, porque sobre ella hacen fuerza las palancas para levantar la pieza, ò abaxarla segun la ocurrencia, la qual ha de distar uno, ò dos dedos del cascabel de la pieza. La quarta telera es X: llamase *de la contera*, por el lugar que ocupa; y *telera del marchar*, porque en ella estàn las argollas para este efecto.

El modo de formarlas, y el lugar donde se han de encajar en los tablones, se dexa al estylo, y practica de los Artifices: solo advierto, que la telera L de la testera ha de empezar de la mitad de lo ancho del tablon àzia baxo; y la telera M se ha de colocar tan baxa como se pueda; y para señalar el propio lugar de la telera O, se ha de tomar con un cordel lo que tiene de largo la pieza desde el centro de los muñones hasta el remate ultimo de la culata, ò cascabel: y con esta distancia, puesto el un cabo del cordel en G, se hará con el otro una porcion de circulo en el tablon, y en distancia de esta linea circular como de dos dedos àzia la contera se ha de poner la telera O, empezando su ancho desde dicho punto àzia la contera, lo qual se hace para assegurar, que el cascabel de la pieza no descansa, ni encuentre con esta telera, que seria notable error. A las ruedas de las cureñas se les suele dar de diametro cinco palmos y medio; y en las piezas pequeñas algo menos à proporcion; y el tercio de este diametro se da à lo grueso del cubo, ò maza: lo demás lo omito, por ser bien notorio à los Artifices, y no limitarse à terminos muy precisos.

El modo de trazar, y delinear los tablones, y teleras para las piezas, así del segundo, como del tercer genero, es el mismo que el de las del primero, solo son las dimensiones diferentes; porque en las del segundo genero ha de tener de grueso el tablon dos tercios del dia-

metro de la boca ; à la testera AB se le han de dar tres bocas de la pieza ; à la FE dos bocas y media ; y à la QR dos bocas : la longitud AC del tablon serà como en las del primer genero , lo largo de la pieza , y un tercio : las teleras observan lo mismo que se dixo arriba en las del primer genero. En las del tercero tendrà de largo el tablon, lo que tiene la pieza del fogon à la boca , y tres quartos mas ; su grueso serà dos tercios de la boca ; la testera AB tendrà dos bocas , y un tercio ; en FE dos bocas ; en la contera QR una boca , y un quarto ; y lo mismo la NR ; y en AG tendrà tambien la misma cantidad.



## LIBRO III.

### DEL MOVIMIENTO DE LAS balas , y otros qualesquiera cuerpos proyèctos por diferentes lineas.

**E**L exercicio de la Arte Tormentaria , ò Artilleria requiere el conocimiento , no solo de las distancias à donde pueden ser arrojadas con seguridad las balas , y demàs cuerpos de que usa el Arte Militar , si tambien de las lineas que describen por el ayre despues de haver salido del cañon con la violencia de la polvora. Para lo qual es preciso tratar primero de sus movimientos , y determinar la calidad de las lineas por donde caminan , y este serà el objeto de este libro. Pero advierto , que esta materia es Physico-Mathematica , y por configuiente menos sujeta al rigor de la demonstracion:

y

y aunque sea su especulacion algo dificil, no dexarà de ser apacible, y gustosa: y siendo el fundamento de lo que despues hemos de tratar, no la deve omitir el estudioso; pero esto no obstante, quien solo se contentare con lo practico, podrà passar al libro siguiente.

## DEFINICIONES.

- 1 **M**ovimiento natural, es aquel con que los cuerpos pesados descienden àzia el centro de la tierra.
  - 2 **M**ovimiento violento, es aquel con que los cuerpos graves son movidos por diferente linea de la que va al centro de la tierra.
  - 3 **M**ovimiento equable, es aquel con que el cuerpo camina iguales espacios en tiempos iguales.
  - 4 **M**ovimiento inequable, es aquel en que camina espacios desiguales en tiempos iguales.
- Adviertase, que son cosa muy distinta movimientos iguales, de movimientos equables: porque aquellos cuerpos se dicen moverse con movimientos iguales, que tanto espacio anda el uno como el otro en igual tiempo; pero para que sean equables, es menester que cada uno de ellos tenga tan uniformes las partes de su movimiento, que lo mismo que, por exemplo, anda en el primer minuto, ande en el segundo; y lo mismo en el tercero, &c.
- 5 **M**ovimiento acelerado, es aquel en que en el segundo tiempo, igual al primero, camina el cuerpo movable mas espacio; y en el tercero, mas que en el segundo; y assi de los demàs.
  - 6 **M**ovimiento retardado, es aquel en que en el segundo tiempo, igual al primero, camina el movable menos; y en el tercero, menos que en el segundo. Estos movimientos quedan explicados con mayor extension en la Elitica.
  - 7 **M**ovimiento mixto, es el que resulta de dos, ò mas impulsos que impelen al movable por diferentes lineas: por lo qual se llama mixto de dos movimientos.

Quatro especies se pueden considerar aqui de movimiento mixto de dos rectos: porque, ò entrambos son equables; ò uno equable, y otro retardado; ò uno equable,

ble , y otro acelerado ; ò uno acelerado , y otro retardado. Las otras combinaciones no fon menester.

PROP. I. Theorema.

*El movimiento mixto de dos rectos iguales , y equables , es recto , y es por la diagonal del quadrado. (fig. 28.)*

**S**Ean dos movimientos iguales , y equables : el uno de C àzia A ; y el otro de C àzia D. Digo , que el movimiento mixto ferà por la recta CB , diagonal del quadrado DA. Consta de la experiencia ; y la razon es , porque en virtud del impulso àzia A , ha de acercarse el cuerpo movible àzia la AB ; y en virtud del impulso àzia D , se ha de acercar à la DB ; y esto en qualquiera punto del movimiento : y como se supongan entrambos iguales , y equables , tanto se acercará en qualquiera punto à la AB , como à la DB : luego necessariamente ha de caminar por la diagonal CB , porque solos los puntos de la diagonal distan igualmente de las AB , CD.

Aqui se puede ofrecer una dificultad , y es , como siendo el impetu por CA bastante para mover el movible por toda la CA , y el que impele por CD para hacerle correr toda la CD , ambos juntos no le pueden mover mas que por la diagonal CB , que es menor que el agregado de los dos lados sobredichos. A esto responde el Padre Honorato Fabri en el *trat. de Motu Locali* , lib. 1. *prop. 141.* que al passo que las lineas de los impulsos se oponen entre si mas , ò menos , se destruyen mutuamente los impulsos ; y assi es menor el que de entrambos resulta por CB ; y por configuiente , es menor la linea del movimiento.

El Padre Dechaes lo explica en esta forma : Supongase el movible en C , y que con su movimiento corra la CA ; pero mientras la corre , supongase moverse la CA por la CD con igual movimiento hasta coincidir con la DB : es claro , que quando el movible havrà llegado à E , la linea CA se havrà pasado à HI , y el movible estará en F ; y assi en los demás puntos : conque en haviendo lle-

520 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

llegado el movable à A, la linea CA, havrà coincido con la DB, y el movable estará en B: luego el camino que havrà hecho el movable será la diagonal CB, sin que pueda ser mas, ni menos.

El Padre Francisco Tercio de Lanis, en su *Magisterio natural, & Artis*, trat. 3. cap. 3. prop. 1. dice, que si el movimiento por CB proviene, de que al movable puesto en C, le impelen à un mismo tiempo dos impelentes, el uno por CA, y el otro por CD, con golpes que alli le dieron por dichas lineas, que el movimiento sobredicho por CB no es mixto, si simple, por recibir el movable en C una sola determinacion à moverse por CB, nacida de las dos percusiones que recibió en C de los dos impelentes, las quales alli se atemperaron, y retundieron, por haverse encaminado por diferentes lineas; pero que si las causas impelentes, una por CA, y otra por CD, acompañan al cuerpo movable, como sucede en una Nave, à quien impelen dos vientos, uno àzia Levante A, y otro àzia el Septentrion D, dice, que el movimiento por la diagonal CB, es mixto, y que en rigor es igual al agregado de entrambos movimientos por CA, y por CD, solo que la linea CB no es rigurosamente una recta, si compuesta de muchas, à modo de sierra; y lo mismo se ha de decir en el caso primero, si el impulso impresso en C con las dos percusiones persevera en el movable todo el tiempo del movimiento, como sienten comunmente los Philosophos.

Para inteligencia de esto, se ha de suponer la sentencia de muchos Philosophos, à quienes sigue el Autor citado, que defienden, que en el movimiento local se mezclan necessariamente innumerables morulas, ò suspensiones muy menudas del movimiento; y que en tener menos de ellas consiste el ser mas veloz; y en tener mas, el serlo menos. Esto supuesto, dice, que el movimiento mixto por CB se compone de todo el movimiento por CA, y de todo el de CD, pero divididos entrambos en muchas particulas, que se van alternando; porque, en virtud del movimiento por CA, anda el cuerpo la CE; y cessando èste, dà lugar à que en virtud del otro movimiento por CD camine la EF;

EF; y cesando éste, camine en virtud del primero la FG; y así en adelante hasta llegar à B, formando una como tierra de aquellas pequeñas líneas, que por ser en este caso iguales, y equables los movimientos, y por consiguiente sus morulas, son dichas líneas iguales.

Siendo pues todas las líneas pequeñas paralelas à CA juntas iguales à CA, y todas las paralelas à CD iguales à CD, se sigue: 1. que el movimiento por CB, es igual à los que se harian por CA, y CD. 2. que la línea CB, aunque sensiblemente es una, y recta; pero en rigor es compuesta de muchas, que por su pequenez son ocultas al sentido. Qualquiera de estos modos de discurrir es probable; y como su averiguacion sea propia de la Philosophia, se dexa para otra ocasion, singularmente, porque para el intento presente, lo mismo es que sea de una, ù de otra manera: mas por parecer mas inteligible este ultimo, me valdré de él en la demonstracion de las proposiciones siguientes.

## PROP. II. Theorema.

*El movimiento mixto de dos equables, pero desiguales, es recto; y si las líneas de los movimientos componentes son perpendiculares, la línea del movimiento mixto será la diagonal de un quadrilongo rectángulo.*

(fig. 29.)

**S**Ean dos movimientos equables, uno por AC, y otro por AB, pero desiguales; porque supongo sea aquel doblado de éste. Digo, que el movimiento mixto, es por la diagonal AD; y que por ser las líneas AC, AB perpendiculares, dicha diagonal lo es de un quadrilongo rectángulo CB.

*Demonstr.* Por ser el movimiento por AC doblado del de AB, será éste doble mas tarde: luego sus morulas son doblado mayores de las que tiene el de AC: luego en cada morula del movimiento por AB, corre el móvil segun la AC una línea EF, doblada de la AE, que corre segun la AB: luego todas las paralelas à AC, son do-

dobladas de las paralelas à la AB en todas las gradas, ò dientes: luego todos los triangulos pequeños son semejantes, è iguales, y sus basas componen la diagonal AD: luego el movimiento mixto es por la diagonal AD, que es una linea sensiblemente, aunque en rigor compuesta de muchas pequeñas, como se dixo en la proposicion antecedente.

## PROP. III. Theorema.

*Si las lineas de los dos movimientos forman angulo agudo, ò obtuso, y entrambos fueren iguales, y equables, el movimiento mixto que resulta, es la diagonal de un rhombo: si el angulo fuere agudo, será la diagonal mayor; y si obtuso, la menor. (fig. 30.)*

1 Sean dos movimientos iguales, y equables en un mismo movible puesto en A, que el uno le mueva por AC, y el otro por AD, las cuales lineas forman el angulo CAD agudo. Digo, que el movimiento mixto será por AB, diagonal mayor del rhombo BCAD.

*Demonstr.* Segun lo dicho en las antecedentes, en virtud del movimiento por AC corre el movible la AE; y en virtud del movimiento, segun la AD, corre la EF igual à AE, y así en lo demás hasta B: luego, en virtud de entrambos movimientos, forma sobre la diagonal AB los triangulos EAF, FGI, &c. semejantes ( 2.6. Euc. ) al triangulo ACB: luego camina por la AB sensiblemente una recta, aunque compuesta de muchas pequeñas.

2 Sean los dos movimientos iguales sobredichos del movible puesto en D, el uno por DA, y el otro por DB. Digo, que el movible correrà con el movimiento mixto por la diagonal DC, que es la menor de dicho rhombo, por semejante razon à la sobredicha. Que el quadrilatero de que hablamos sea rhombo, es claro; porque los dos lados de cada triangulo pequeño, como AEF, son iguales entre si; y siendo el lado AC igual à todos los lados pequeños sus paralelos, y asimismo CB à los suyos, serán AC, CB iguales, como tambien AD, DB;

DB; y como los angulos sean obliquos, es constante ser este quadrilatero rhombo.

PROP. IV. Theorema.

*En el mismo caso, si los dos movimientos equables fueren desiguales, el movimiento mixto será por la diagonal de un rhomboide, en esta forma: que si el angulo que forman las lineas de los dos movimientos fuere agudo, será por la diagonal mayor; y si obtuso, por la menor.*

Consta de lo arriba dicho; porque solo se diferencia este caso del antecedente, en que los triangulos pequeños que se forman sobre la diagonal, tienen un lado mayor que el otro; esto es, el que se camina en virtud del movimiento mayor, es mayor, que el que se anda en virtud del menor; y en el caso de la proposicion antecedente eran iguales: luego asi como en el caso en que eran iguales, los lados del quadrilatero tambien eran iguales, y por consiguiente era rhombo; asi en este, por ser desiguales, será rhomboide, cuya diagonal mayor caminará el movible, si las lineas de los movimientos formaren angulo agudo; y la menor, si le formaren obtuso, por la razon alli dicha.

PROP. V. Theorema.

*El movimiento mixto de dos uniformemente retardados, à de dos uniformemente acelerados, iguales, ò desiguales, es recto. (fig. 31.)*

Sean dos impetus, que impelan à un movible puesto en A, el uno por AB, y el otro por AC, y sean entrambos movimientos uniformemente retardados; esto es, que entrambos se retarden en una misma proporcion. Digo, que el movimiento mixto será recto.

*Demonstr.* Supongamos primeramente, que dichos movimientos sean iguales: conque en el primer tiempo dado, si en virtud del impetu por AB estuviere el movible



ble en E, en virtud del que le lleva àzia C, estaria en F: luego ( 1. ) en el primer tiempo llegará à G. En el segundo tiempo, en virtud del movimiento àzia B, correria la EB; y en esse mismo tiempo, en virtud del impetu por AC, correria la FC: luego con el movimiento mixto correria en esse tiempo la GD: luego el movimiento mixto es por la recta AD, que es la diagonal del quadrado. Lo mismo se convenceria en caso que los movimientos fuesen desiguales; solo que la diagonal seria de un quadrilongo rectangulo. Tambien hemos supuesto, que las lineas de los movimientos son perpendiculares; pero si no lo fuesen, seria dicha diagonal de un rhombo, ò rhomboide, como consta de lo dicho.

Supongamos aora, que los dichos movimientos fuesen uniformemente acelerados: y que puesto el movible en D, corriese en el primer tiempo dado en virtud del movimiento por DC, la DI; y en virtud del otro, la DH: luego en el primer tiempo correria con el movimiento mixto la DI; en el segundo correria en DC, la IC; y en DB, la HB: luego con el mixto andaria la GA: luego tambien seria por la recta DA, la qual seria la diagonal del quadrado, ò de un quadrilongo, rhombo, o rhomboide, como antes dixè.

## PROP. VI. Theorema.

*El movimiento mixto de un equable, y otro naturalmente acelerado, segun la progresion de los numeros impares 1. 3. 5. &c. se hace por linea parabolica. (fig. 32.)*

**E**xplicacion. Supongamos, que un cuerpo grave desde A caiga por la perpendicular AF, con el movimiento acelerado que llevan los cuerpos graves descendentes, que segun lo que diximos en la Estatica lib. 2. prop. 10. prescindiendo de la resistencia del ayre, es segun la serie de los numeros impares 1. 3. 5. &c. Supongamos tambien, que al mismo tiempo sea llevado por la horizontal AG con otro movimiento equable. Digo, que con el

mo-

movimiento mixto formará la línea curva AED, que es parabólica.

*Demonstr.* En el primer tiempo dado, mientras que con el movimiento acelerado de la gravedad correría por la AC, andaría la AB, en virtud del movimiento equable por la horizontal AG; y con el movimiento mixto llegaría à E. En el segundo tiempo, igual al primero, descendería por la perpendicular la CF, tripla de AC; y en esse mismo tiempo correría en la horizontal la BG, igual à la AB: y con el movimiento mixto correría de E à D; y así en los demás puntos, procediendo en la misma razón: luego con este movimiento mixto corre la curva AED.

Que esta línea AED sea parabólica, se demuestra porque AC à AF, es como 1. à 4. esto es, como los espacios que corre el grave descendente desde el principio del descenso; y AB à AG, es como 1. à 2. esto es, como los tiempos del movimiento: luego las sagitas AC, AF, son como los cuadrados de AB, y AG; esto es, de las semiordenadas sus iguales CE, FD: luego (1. lib. 2. trat. 8.) la AED es parabola. Esta línea parabólica, según la hipótesi que aora suponemos, también se compone de líneas muy pequeñas, que forman unas como gradas; pero son totalmente insensibles.

### COROLARIO.

**D**E aquí se colige, que los cuerpos proyectos por la línea horizontal, como lo es una bala arrojada de un cañon por el nivel de su concavidad, ò alma, describiría en el ayre una línea parabólica, si el movimiento que la da la pólvora fuese equable, como lo suponían Galileo, Torricelio, y otros Autores, porque sería su movimiento mixto de uno equable, y otro de la gravedad acelerado, según la serie de los impares 1. 3. 5. &c. Pero qué se haya de decir en este punto, se verá mas adelante.

PROP.

## PROP. IX. Theorema.

*El cuerpo proyectado por la horizontal en el ayre se mueve por linea curva.*

**L**A razon es, porque este movimiento es mixto del horizontal, que proviene del impelente que le impele horizontalmente; y del natural de la gravedad por la perpendicular, que es acelerado: luego no es por linea recta, si por curva: porque solo aquel movimiento mixto es por linea recta, que se compone de dos equables, ò de dos uniformemente retardados, ò acelerados, como consta de lo dicho.

## PROP. X. Theorema.

*El movimiento de los cuerpos proyectados por la linea horizontal no es equable, si retardado.*

**C**ONSTA de la experiencia: porque si el movimiento de la bala arrojada de un cañon por la horizontal fuere equable, el mismo golpe, y el mismo efecto haria en mayor distancia, que en menor, lo que es claramente falso, porque en mayor distancia del cañon es menor el efecto: luego es menor la velocidad de la bala; y por configuiente, es retardado su movimiento.

Esta retardacion proviene lo primero de la *resistencia* del ayre, que como dixe en la *Eltatica*, *resiste à su division*, la qual ha de vencer el movable para lograr su movimiento. Resistiendole pues el ayre, disminuye su velocidad, y le retarda. Es tambien causa de esta retardacion el movimiento que le da al cuerpo su inata gravedad por la perpendicular; porque siendo estos dos movimientos por diferentes lineas, son entre si de alguna manera opuestos. Que esta diversidad de lineas, por donde dos impetus impelen un cuerpo, destruya parte de dichos impetus, es cierto; porque si un mismo movable puesto en B, (*fig. 32.*) es impelido à un mismo tiempo con impetus iguales por una misma linea GA, pero el uno àzia A, y  
le

el otro àzia G, el cuerpo no se moverà, por destruirse mutuamente del todo entrambos impetus: luego si en este caso de la mayor oposicion se destruyen del todo, en caso que las lineas no tengan essa total oposicion, se destruiràn en parte, esto es, tanto mas, quanto mas se acercaren à la mayor oposicion; y tanto menos, quanto mas distaren de ella: luego si un cuerpo es impelido en A àzia G por la horizontal con movimiento violento, y àzia F con el natural de la gravedad, estos impetus se destruiràn mutuamente en parte, y se retardaràn entrambos movimientos: luego por esta causa se retarda tambien el movimiento por AG, y no solo por la resistencia del ayre, como sienten comunmente los sequaces de Galileo. La averiguacion philosophica de todo esto, no es del intento presente.

## PROP. XI. Theorema.

*El movimiento mixto del cuerpo proyectado por la horizontal, no se hace rigurosamente por linea parabolica.*

**D**emonstr. Para que este movimiento mixto fuese por linea parabolica, havia de ser mixto de un movimiento equable, y otro natural acelerado, ò natural retardado, segun la serie de los impares 1. 3. 5. 7. &c. como se probò en las *propof.* 6. y 7. Pero el movimiento de los proyectos por la horizontal no es mixto de equable, y acelerado, ò retardado en la forma dicha, por no ser equable el movimiento, segun la horizontal, (10.) ni tãpoco el perpendicular que es acelerado; luego no se hace por linea parabolica.

## PROP. XII. Theorema.

*El movimiento de los proyectos por la horizontal se retarda con mayor proporcion, que se aceleraria, si con solo el movimiento de la gravedad cayesse por la perpendicular.*

**L**A razon es, porque como consta de la experiencia, mayor es el impetu, y rigor de una bala arrojada

lomo V.

LI

ho-

horizontalmente en el principio de su movimiento violento, que el impetu, y rigor que llevaria la misma bala à lo ultimo de su movimiento perpendicular, en caso que cayesse de altura igual al trecho que camina horizontalmente en virtud del movimiento violento; pero todo el espacio horizontal que camina en fuerza de este movimiento, le corre en menor tiempo, que el que galaria en caer por el ayre de altura igual al trecho sobredicho: luego con mayor proporcion se retarda el movimiento violento por la horizontal, que se aumenta, ò acelera el movimiento natural por la perpendicular, supuesto que en menos tiempo pierde mas impetu, que adquiere en mas tiempo, quando cae de igual trecho.

Confirrase mas lo sobredicho, porque una bala de plomo arrojada con una pistola por la horizontal, apenas corre 56. passos, y à poca distancia passa una tabla; y esta misma bala, arrojada de altura de 56. passos, no atravesará la misma tabla, señal evidente del grande impetu con que sale de la pistola, y del poco que en su comparacion adquiere en el descenso de dicha altura: perdiendo pues todo aquel impetu en el brevissimo tiempo en que hace su trecho horizontal la bala, y adquiriendo en el descenso, tanto menos en mas tiempo, es claro ser mucho mayor la proporcion en que se retarda, y pierde el movimiento violento, que aquella en que se aumenta, y acelera el natural.

## PROP. XIII. Theorema.

*La velocidad, ò impetu por la horizontal no se va disminuyendo uniformemente en una misma proporcion, si con mayor, y mayor.*

**D**Emuestrase. Porque el impetu natural de la gravedad retarda el movimiento por la horizontal, y destruye en parte su impetu, como dixè en la *propof.* 10. así como el horizontal, y violento retarda al natural, como alli se dixo, y se confirmará con la experiencia en la *propoficion* siguiente: luego quanto mayor será el im-  
pe-

petu natural de la gravedad, mas retardará al movimiento violento horizontal; pero el impetu natural de la gravedad se va sucesivamente aumentando, y acelerando: luego sucesivamente le va quitando mas, y mas al impetu violento horizontal: luego éste no se retarda uniformemente, si con mayor, y mayor proporcion. Esto se ve claramente en una bala arrojada horizontalmente de un cañon, que en brevísimo tiempo corre al principio un gran trecho, sin que se advierta baxe notablemente de la horizontal; pero cerca del fin de su movimiento camina muy poco en la horizontal, y cae muy aprisa à la tierra.

## PROP. XIV. Theorema.

*El movimiento con que los cuerpos proyectos por la horizontal, se mueven juntamente en virtud de su gravedad por la perpendicular, es acelerado; pero no con tanta aceleracion, como tendrian con solo el movimiento de su gravedad.*

1 **Q**ue dicho movimiento con que los graves proyectos por la horizontal van cayendo àzia la tierra, sea acelerado, consta de la experiencia: porque vemos, que quanto mas se apartan del proyeciente, es mas notable su descenso, formando una línea semejante à parabolica; lo que no sucederia si su descenso no fuessè acelerado. Y la razon fundamental es, porque la gravedad natural ha de obrar, y producir su impulso quanto puede: luego siendo la aceleracion efecto de la gravedad, segun lo que dixe en la Estatica, al passo que va disminuyendose el movimiento violento, se irá acelerando el de la gravedad.

2 Que no se acelere tanto como se aceleraria si el mismo cuerpo grave descendiesse libremente con solo el movimiento natural por la perpendicular, se prueba en primer lugar, porque si se acelerassè con la misma aceleracion, una bala arrojada por la horizontal, no tardaria en caer à la tierra mas tiempo que el que tarda quando cae con solo el movimiento de su gravedad, lo qual es

contra la experiencia mil veces repetida , de que consta detenerse en el ayre la bala arrojada horizontalmente de un cañon, mucho mas tiempo del que gasta en caer libremente de aquella misma altura.

El Padre Merfenneo *lib. 2. de Motu, propof. ult.* dice, que con toda diligencia se observò , que la bala arrojada de un cañon de artilleria por el nivel de la alma, que solo distava tres pies de tierra, se detuvo en el ayre 4. segundos de tiempo , esto es, 240. terceros; siendo así, que para baxar libremente con su peso natural estos tres pies de distancia, solo gastaria à lo mas 30. terceros. El mismo asegura , que tirando por la horizontal una bala con una escopeta , diò en el blanco distante 75. exapedas en tiempo de un segundo; pero en tiempo de un segundo baxaria la bala , dexandola caer por la perpendicular, dos exapedas, que son 12. pies: luego si el movimiento del descenso, quando arrojada del cañon, fuesse el mismo que el que tiene quando descien- de libremente con solo el impetu de su gravedad , huiria del blanco àzia baxo 12. pies , siendo así , que apenas errò sensiblemente: luego el descenso en semejantes proyectos no se acelera con la misma aceleracion con que se acelera quando tin mas movimiento que el de su gravedad descien- den por el ayre.

La razon fundamental de esta menor aceleracion , es, porque el impetu violento por la horizontal se opone , como antes dixè , de alguna manera al impetu natural , que lleva el mismo cuerpo àzia baxo por la perpendicular , con que el violento destruye en parte al natural , y así impide en parte la velocidad de su descenso , y por consiguiente es menor su aceleracion.

PROP.

## PROP. XV. Theorema.

*Este mismo movimiento acelerado con que los proyectos descienden à la tierra segun la perpendicular , se acelera successivamente con mayor , y mayor proporcion.*

**P**Ruebase 1. porque el impetu violento por la horizontal se va successivamente disminuyendo : ( 10. ) luego successivamente impide menos el descenso : luego successivamente crecen las fuerzas de la gravedad ; y por confluente en diferentes instantes son mayores sus impetus ; luego procede el cuerpo con mayor aceleracion. 2. Porque el movimiento mixto sobredicho se hace por linea curva , (9.) la qual tanto es mas curva , quanto mas se aparta del proyiciente ; pero al passo que se hace mas curva , se acerca mas à la perpendicular , en la qual es mas veloz el movimiento de los descendentes , como se demonstrò en la Estatica : luego al passo que mas se aparta del proyiciente , procede la aceleracion con mayor proporcion.

## PROP. XVI. Theorema.

*El sobredicho movimiento acelerado , con que los proyectos , descienden à la tierra , se acelera como sobre un plano inclinado , cuya inclinacion se mudasse , y fuesse diferente cada instante del movimiento.*

**L**A razon es , porque el impetu violento no impide menos al natural con que descienden los cuerpos graves , que le impiden los planos inclinados , quando se hace sobre ellos el descenso , como es bien claro , y se dixo en la Estatica hablando de los funependulos : luego la aceleracion en nuestro caso es como sobre planos inclinados , ò lineas inclinadas , que para el caso es lo mismo ; pero estas lineas inclinadas lo son mas , y mas al passo que cada instante se hace mas curva la linea del movimiento : luego la aceleracion en el descenso de los  
pro-



§34 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.  
proyector, es como sobre un plano inclinado, cuya inclinacion se varia cada instante, ò como sobre diferentes planos quasi infinitos de mayor, y mayor inclinacion.

### COROLARIOS.

1 **D**E aqui se colige otra vez, que la linea que describen los proyectos horizontalmente, no es parabolica: porque para que lo fuese, havia de ser su movimiento, en quanto horizontal, equable; y en quanto perpendicular, acelerado, segun los impares 1. 3. 5. &c. Y entrambas condiciones faltan, como consta de lo dicho; porque, ni segun la horizontal es equable, ni tiene uniformemente essa aceleracion, segun la perpendicular, por ser diferente en diferentes partes de su movimiento.

2 Se infiere de lo que hasta aqui hemos dicho, que la linea curva que los proyectos horizontalmente describen, es tanto mas dilatada, quanto es mayor el impetu violento.

3 No se puede determinar con certeza en que proporcion se disminuya la velocidad por la horizontal, ni se aumente en la perpendicular, ya porque ni una, ni otra son uniformes, ya porque depende esto de varias circunstancias, como de la mayor, ò menor densidad del ayre, con la qual hace mas, ò menos resistencia al movimiento; y otras semejantes.

4 Tambien se infiere de lo dicho, que los proyectos, como son las balas arrojadas de los cañones, jamàs van por linea rigorosamente recta, como dixen en otra parte, si que luego empieza à hacerse curva; pero por la gran velocidad de su movimiento, es por gran trecho sensiblemente recta.

PROP.

## PROP. XVII. Theorema.

*El movimiento de un proyectó, como el de una bala tirada por elevacion, assi en el ascenso, como en el descenso, es mixto de un movimiento violento retardado, y de otro natural.*

**E**Ste Theorema se colige de los antecedentes, porque en la bala arrojada con elevacion por los puntos de la esquadra, concurren dos impetus, que la impelean por diferentes lineas, como en la arrojada por la horizontal: el uno es el violento que la dà la polvora por la linea de elevacion que tiene la alma del cañon, ò mortero; y el otro es el natural de la gravedad por la perpendicular àzia el centro de la tierra: de los quales ninguno impide totalmente al otro, como sucederia si la bala se arrojasse àzia arriba perpendicularmente, que el violento destruiria al natural, prevaleciendo contra el hasta cierto termino, conque solo se impiden en alguna parte; y por consiguiente, el movimiento que resulta es mixto de dos: es à saber, del violento retardado, por lo dicho en la *prop.* 10. y del natural àzia el centro de la tierra, el qual vâ prevaleciendo al passo que vâ cessando el violento.

Este movimiento natural, segun el Padre Fabry, es equable, por quitarle toda su aceleracion el violento, aunque el Padre Lanis quiere sea de alguna manera acelerado; pero en la verdad no tiene la gravedad natural mas efecto mientras dura el ascenso, que resistir, y minorar el movimiento violento, hasta que empezando à prevalecer el natural, comience à descender el movable.

Que esto mismo que sucede quando sube la bala, ò bomba en la primera parte del movimiento, suceda tambien quando baxa en la segunda parte, es claro, porque en entrambas partes concurren entrambos impetus; pero con esta diferencia, que en la primera parte el impetu violento prevalece al natural; y en la segunda, el natural prevalece al violento, y es acelerado.

Siguiendo la hypothesis arriba dicha de la interpolacion de

de los dos movimientos, se ha de decir, que la linea curva por donde se executa este movimiento, aunque sensiblemente sea una; pero que se compone de otras innumerables, que forman como gradas, de las quales, las que son propias del movimiento violento, son inclinadas; y las que pertenecen al movimiento natural àzia el centro, son perpendiculares, como le colige de lo que en otra parte queda dicho.

## COROLARIOS.

1 **D**E aqui se infiere, que el impetu violento continuamente resiste menos al natural, al passo que se aparta del principio de su movimicito; y esto, por dos causas: La primera, porque el violento se disminuye, y retarda; y la segunda, porque successivamente son sus lineas menos opuestas.

2 Tambien se infiere, que es cansarse en valde el querer determinar en que proporcion se retarda el movimiento violento, y se aumenta el natural en estos proyectos, por depender de tantas circunstancias.

3 Coligese tambien de lo dicho contra Galileo, que el arco del ascenso en los proyectos por elevacion, no es igual al arco del descenso, si mayor que este; porque el impetu violento se disminuye con mayor proporcion en el arco del descenso, que en el del ascenso; y por consiguiente el impetu natural por la perpendicular crece con mayor proporcion en el arco del descenso, que en el del ascenso, en el qual no crece, si que queda impedido del violento: donde se ve claramente, que la linea de todo el movimiento no es parabola rigurosa, como queria Galileo.

4 Si el proyecto no concluyesse su movimiento en D, (fig. 32.) si que aun pudiesse passar mas adelante, no le proseguiria por linea perfectamente perpendicular, si por curva, hasta que se huviesse consumido todo el impetu violento.

PROP.

## PROP. XVIII. Theorema.

*El arco del ascenso, es mayor en los tiros que tienen menor elevacion, que en los que la tienen mayor; y al contrario, el arco del descenso. (fig. 34.)*

**E**xplicacion. Sean dos tiros por diferentes puntos de la etquadra, el uno por AE con mayor elevacion, y el otro por AH con menor. Digo lo primero, que el arco AH del ascenso, es mayor que AE.

*Demonstr.* En el tiro por AH, son las lineas del movimiento natural menos opuestas al movimiento violento, que en el tiro por AE: luego, como en el arco del ascenso prevalezca el impulso violento al natural, correrà en virtud del violento mayor linea en AH, donde el movimiento violento tiene menos contradiccion que en AE, donde la tiene mayor: luego el arco AH, es mayor que AE.

Digo lo segundo, que el arco del descenso HM en el tiro menos elevado, es menor que el arco EF del mas elevado; porque en el descenso prevalece el movimiento natural por la perpendicular: luego, quanto menos contradiccion tiene del movimiento violento, harà mas breve el descenso; pero en HM, contradice menos el violento al natural, que en EF, por la menor oposicion de sus lineas: luego siempre serà mas corta la HM, que la EF; y aun mucho mas, por encontrar mas presto con la tierra la HM, que la EF: conque necessariamente ha de ser mas corta: lo qual serà mas evidente en los tiros por los puntos de menos elevacion que la de 45. grados; porque de alli arriba juzgo serà muy poca la diferencia.

## COROLARIO.

**D**E aqui se colige, que el espacio AI, que corresponde en la horizontal al ascenso AH menos elevado, es mayor que AG, correspondiente al mas elevado AE por dos causas: la primera, por ser mas larga la linea AH, que la AE; y la segunda, por la mayor inclinacion àzia la perpendicular, que  
tiene

538 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.  
*tiene la AH; y así en las demás. Pero las horizontales correspondientes à los arcos del descenso en las menores elevaciones, son menores que en las mayores, hasta llegar al angulo de 45. grad. ò al sexto punto; mas de allí arriba es al contrario, porque en las mayores elevaciones se acortan.*

PROP. XIX. Theorema.

*El tiro por el grado 45. ò sexto punto de la esquadra, es el mas largo, ò de mayor alcance en la horizontal.*  
 ( fig. 34. )

**D**igo, que el tiro por el angulo semirecto, ò sexto punto de la esquadra, es el mas largo, ò el que corre mayor trecho en la horizontal. Consta de innumerables experiencias: y es tan natural, que hasta los niños, para arrojar mas lexos una piedra, la encaminan por dicho angulo semirecto. La razon, segun el Padre Fabry *lib. 4. de Motu, prop. 63.* es, porque el tiro por la horizontal AC no adquiere en ella trecho alguno; porque no siendo recta la linea de este movimiento, como queda dicho, luego se aparta de ella àzia abaxo. El tiro por la perpendicular AB tampoco adquiere trecho alguno en la horizontal: luego aquel punto que estuviere mas distante de entrambos extremos, adquirirà en ella mayor trecho; pero este es el que se dirige por la inclinada AD, que forma angulo semirecto con la AC: luego èste corre en ella mayor trecho:

El Padre Francisco Terzio de Lanis *trat. 3. prop. 22. y 23.* dice, que el mayor alcance en la horizontal no es precisamente el que se hace tirando por el grado 45. si un poco mas abaxo, como por AN. La razon en que se funda, es, porque el espacio AO, correspondiente al ascenso AN, es (18.) mayor que AF, correspondiente al ascenso AD de la elevacion de el grado 45. Y aunque la OL, correspondiente al descenso NL, es menor que la FC, correspondiente al descenso DC; pero no lo es tanto, que no quede aun mayor excesso FO de la AO à la AF, que la LC, diferencia de OL, y FC: luego la bala dirigida  
 por

por AN, algo mas baxa que la AD del grado 45. caerà en el punto L, algo mas allà del punto C: si bien todos los demàs tiros de menos elevacion que AD, feràn mas cortos. Esto siente el Padre Lanis; pero soy de sentir, que cafo que haya algun exceso, ferà muy poco, y por varias circunstancias intensible; y así juzgo se puede tomar seguramente por trecho mas largo, el que se hace por el sexto punto de la esquadra, à quien llaman los Prácticos *mas tira*.

## COROLARIO.

**D**E lo dicho hasta aqui se colige, ser falso lo que algunos afirman, que los tiros que se hacen por los puntos de la esquadra, distantes igualmente del sexto punto, son iguales: porque como consta de lo dicho, no lo son, ni sus arcos, ni sus trechos.

## ESCOLIO.

**C**onsta de lo que hemos dicho en los Theoremas antecedentes, que el movimiento de los proyectos no se hace realmente por linea parabolica: y por consiguiente; que todas las reglas que hay fundadas en dicho parabolismo, no pueden ajustarse rigurosamente à la verdad: pero supuesto, que como advierte Monsieur Blondel en su Arte de arrojar las bombas, no puede disha suposicion falsificarlas de modo, que puedan inducir error notable en los tiros que por ella se dirigieren, las juzgo por suficientes para la practica, especialmente no habiendose hallado otras mas fixas, pero el Bombardero experimentado deve atender à lo sobredicho, y à las varias circunstancias que concurren, governandolo todo prudentemente segun las experiencias. Por esta causa, y estar tan introducido el uso de dichas reglas, no puedo privar de ellas al Letor, como ni de los Theoremas curiosos en que se fundan, que son los siguientes.

PROP.

## PROP. XX. Theorema.

*Suponiendo, que el movimiento de los proyectos por elevacion sea mixto de uno equable, y otro acelerado, ò retardado, describirá línea parabolica.*

( fig. 35. )

**A**unque esta proposicion se infiere de la 7. como allí dixe ; pero para mayor claridad propongo aquí demonstracion particular para este caso , en que las líneas de los movimientos natural, y violento no son entre sí perpendiculares. Pero antes se deve advertir, que como esto proceda solo por suposicion , lo mismo es para el intento suponer equable en el ascenso el movimiento natural, segun el Padre Honorato Fabry, y retardado el violento , que suponer equable el violento, y acelerado el natural, como lo suponen los que siguen à Galileo: porque entrambas suposiciones infieren parabolica la línea de los proyectos. Hablando pues en la ultima suposicion, demostraré el Theorema.

*Demonstr.* Hagase la parabola AGI, &c. y su exe A6. dividase en partes iguales, las que se quisieren ; y sea una de ellas AK, KL 3. de dichas partes ; LM 5. y MN 7. Tirense las ordenadas KF, LG, &c. y tambien la recta IP, que toque à la parabola en I, y corte al exe prolongado en P: y como demostrè en el *trat.8.lib.2. prop. 12.* la AP será igual à AN, ò BI; y la AD igual à DB: y tirando las FO, HE paralelas al exe, quedará la IP cortada en partes iguales en los puntos 7. D, O, como la recta AB lo está en los puntos C, D, E. Imaginense aora dos movibles, el uno que se mueva en la horizontal de A à B, y el segundo de I à P, entrambos con movimientos equales; pero tales, que la velocidad de este segundo à la del primero, sea como IP à AB: conque en el mismo tiempo en que el segundo correrà la IP, andarà el primero la AB; y mientras el segundo andarà el espacio 17. caminarà el primero la AC; y mientras el segundo correrà 7D, el primero caminarà CD; y así los demás hasta

halla llegar el segundo à P, y el primero à B.

Pero como estos dos movibles se supongan ser pesados, en el mismo tiempo en que el primero corre horizontalmente la AC, descenderà en virtud de su gravedad el espacio CF, ò AK, que es 1. luego en este mismo tiempo el segundo movable, habiendo corrido con su movimiento equable la I7. descenderà una porcion 7H, igual à AK. Asimismo en los dos tiempos en que el primero corre la AD, baxará la DG, ò AL, que es 4. y en estos mismos dos tiempos correrà el segundo la ID, y baxará la DG, igual à AL. En los tres tiempos corre el primero la AE, y baxa la EH, ò AM; y el segundo corre la IO, y baxa la OF, igual à AM. En los quatro tiempos corre el primero la AB, y baxa la BI, ò AN 16. y el segundo corre la IP, y baxa la PA, igual à AN: luego así como el primero con el movimiento igual por la horizontal, junto con el acelerado perpendicular, segun la serie 1. 3. 5. &c. describe la curva AGI, que como demonstrè en la *propof. 6.* es parabola: así el movable con el movimiento igual por la inclinada IP, junto con el perpendicular acelerado en la misma proporcion de los impares, describe la parabola IGA en el ascenso.

De la misma fuerte se demonstrará, describe el segundo movable, la otra parte de la parabola en el descenso; porque si se considera, que corre la IQ en 5. tiempos, se hallará, que descende la QX de 25. partes, de las mismas en que se dividió la A6. y en 6. tiempos, la RV de 36. y quitando la QT de la QX, y la RS de la RV, quedará la TX, igual à CF, que es 1. y la SV, igual à DG, que es 4. como se puede facilmente computar: y así se hará el descenso por la curva AV, que será parabola por la razon sobredicha, è igual en esta suposicion, si se prolonguessa à la del ascenso.

Asimismo, si se supone que el dicho movable, partiendo de I, se mueve àzia baxo por la I2. describirà la linea I 3. 4. que se demonstrará ser la misma parabola AGI continuada; porque mientras corre la Ii, baxará por la gravedad la 1. 3. igual à 7H, que es 1. parte; y corriendo



542 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.  
do la 1. 2. baxará la 2. 4. igual à DG, ò AL 4. &c. y así  
irá baxando por líneas iguales à las OF, PA, &c. conque  
serà la misma parábola continuada.

PROP. XXI. Theorema.

*Suposiciones para conocer las parábolas determinadas que forman los proyectos con su movimiento mixto.*

(fig. 36.)

Supuesto que los proyectos, así por la horizontal, como por elevacion describan con su movimiento mixto línea parabolica, es menester determinar quan grande sea esta parábola, quanta su altura, y quanta su amplitud, segun el impetu, y velocidad que lleva el proyecto, porque no hay duda, que siendo mayor la velocidad, *ceteris paribus*, ha de ser mayor la línea parabolica.

Para lo qual se ha de suponer lo primero, que Galileo, Torricelio, y comunmente sus sequaces llaman, *sublimidad de la parábola* à una línea, parte del mismo exe continuado sobre la parábola, que es la quarta parte del parametro: como continuando el exe EC, y tomando en él la CG, que sea la quarta parte del parametro CD, será esta la sublimidad de la parábola; y si se toma la sagita CA igual à CG, el punto A será el *Focus* de la parábola; y la aplicada AB, tirada por el *Focus*, será dupla de la sagita CA, por ser medio proporcional entre AC, y CD, quadrupla de AC: conque esta aplicada AB, será igual à la sagita AC, y à la sublimidad CG juntas. Todo lo qual conta del tratado 8.

Se ha de suponer lo segundo, que Galileo no hallò otra medida mas segura para determinar la velocidad de los proyectos, que aquellas alturas, desde donde si cayesen con su movimiento natural acelerado, tendrian al fin aquella velocidad, que quando son arrojados tienen en virtud del impulso, y movimiento violento: con esto se podrán distinguir, y determinar las velocidades por las diferentes alturas de donde cayendo el cuerpo grave las adquiriria.

Esta

Esta altura, que es propia de la velocidad del proyectó, se toma, y pone por sublimidad de la parabola; y según ella, se hace no solo la parabola, si tambien su altura, y amplitud, que es lo que se necesita para determinar las alturas à donde suben los proyectos, y los trechos que andan con su movimiento mixto. Como si una bala es arrojada por la horizontal CK con un grande impetu violento, se supone, que cayendo desde G por la sublimidad GC, sea tal esta altura, que en llegando la bala à C, tenga toda aquella velocidad con que sale del cañon, y que con esta velocidad entera corre con movimiento equable por la CK, con el qual, mezclandose el de la gravedad, que se supone, empieza à obrar en C por la CL, describe la parabola determinada CBF, y no otra, cuya amplitud, y altura será conocida, supuesto lo sea la sublimidad GC, como se demuestra en la proposicion siguiente.

## PROP. XXII. Theorema.

*Explicase la parabola determinada que los proyectos horizontalmente describen con su movimiento mixto.*

(fig. 36.)

**S**Upongamos, que un cuerpo grave, haviendo descendido desde G por la GC, y adquirido en C una determinada velocidad, sea impelido con ella por la horizontal CK con un movimiento equable: de que se seguirá moverse con un movimiento mixto de dos, uno equable por CK, y siempre igual al que tiene en C, y otro natural acelerado àzia baxo. Digo, que describirá la parabola determinada CBF.

*Demonstr.* Si este movable hubiera caido desde G con toda la velocidad que tiene en el fin C de su descenso, hubiera corrido en el mismo tiempo una linea, ò espacio doblado de GC, como demonstrè en la Estatica; pero con esse mismo movimiento permanente corre por la horizontal CK: luego en igual tiempo al que gastò en GC, corre la CH dupla de GC: luego en esse mismo tiempo baxa por la perpendicular con el movimiento natural ac-

le-

544 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

leíado la CA, mitad de CH, ò igual à CG: luego en el mismo tiempo en que con el movimiento horizontal corre la CH, baxa con el natural la CA: luego estará en B. Tambien los tiempos en que se corren con el movimiento natural las CA, CE, (6) son como las semiordenadas AB, EF; pero los espacios CH, CK, que se corren con el movimiento horizontal, son tambien como los mismos tiempos, por suponerse ser este movimiento siempre uno: luego son tambien como las dichas semiordenadas: luego en el mismo tiempo en que desciende el movable la CE, corre en la horizontal la CK, ò EF: luego estará en F; y habrá descrito el proyectó con el impetu, ò velocidad igual à la adquirida en el descenso por GC, la parabola determinada CBF, sin que pueda ser otra con el mismo impetu,

PROP. XXIII. Theorema.

*En los tiros por elevacion, si la linea AB por donde se dirige el movimiento violento, se continúa hasta encontrar con el exe prolongado en B, las lineas BC, CD, serán iguales. (fig. 37.)*

**T**írese la FA, paralela à DC; y la FC, paralela à AD. *Demonstr.* El movimiento con que la bala corre de A à C, es mixto de uno horizontal, y otro vertical ázia arriba: de los quales el horizontal persevera siempre entero, y el vertical se disminuye sucesivamente: luego en el mismo tiempo en que segun el movimiento horizontal corre la AD, ò FC, si el vertical que se supone bastante para levantar la bala à la altura DB, huviera perseverado entero, la huviera puesto en B, corriendo (2.) la AB; pero esta altura DB, à donde huviera subido la bala con el movimiento vertical entero, es dupla de aquella à que se eleva con el movimiento sucesivamente retardado, como demonstré en la Estática: luego la DB es dupla de DC; y por configuiente, las BC, CD, son iguales.

PROP.

## PROP. XXIV. Theorema.

*El impetu violento con que una bala tirada por la elevacion AB, corre la linea parabolica AC, es mayor que el impetu, con que arrojada horizontalmente de C por la CF, corre la misma linea parabolica CA. (fig. 37.)*

**D**emonstr. El impetu absoluto con que la bala corre de A à C, es igual al impetu con que corre de C à A; pero con esta diferencia, que quando sube de A à C, obra solo el movimiento violento, à quien contradice el natural de la gravedad, que le obliga à formar la curva AC; pero quando baxa de C à A, concurre tambien el movimiento natural, ayudando al violento para el descenso: luego considerando precisamente el movimiento violento que le comunica el cañon à la bala, es mayor el que le comunica en A, para subir por la AC, que el que es menester le imprima en C, para descender por la CA.

## COROLARIO.

**E**L impetu violento que se le comunica à la bala por la AB, al impetu que se le comunica en C, por la CF, es como la linea AB, à la CF, AD. La razon es, porque si à dichos impetus no se les añadiesse, ni quitasse nada, se correria con el uno la linea AB, y con el otro la CF; y como por suponerse permanentes, sean como los espacios, se sigue, que el impetu en A, al impetu en C, es como AB à CF.

## PROP. XXV. Theorema.

*Si un proyectó se arroja àzia arriba por la perpendicular, con el mismo impetu con que otro se arroja por elevacion obliqua, subirá à una altura igual à la linea compuesta de la altura, y sublimidad de la parabola, que describe el segundo proyectó. (fig. 38.)*

**E**xplicacion. Sean dos movibles arrojados con igual impulso: el uno, por la inclinada AC; y el otro, por la

Fomo V.

Mm

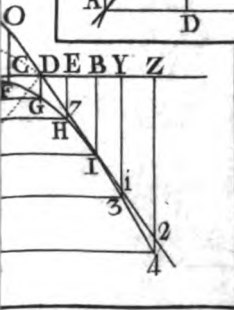
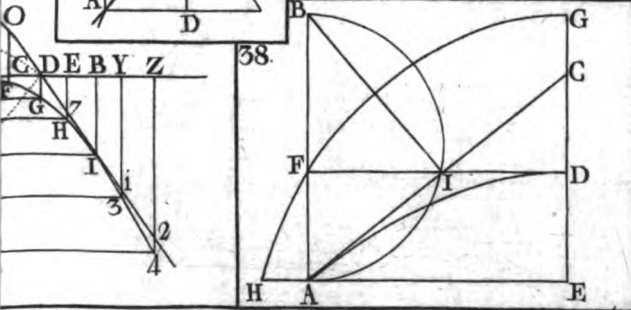
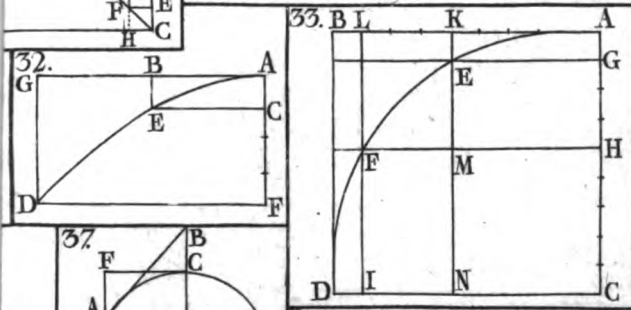
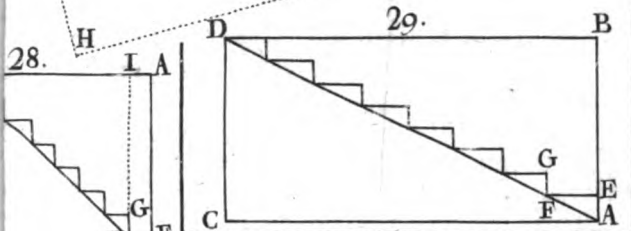
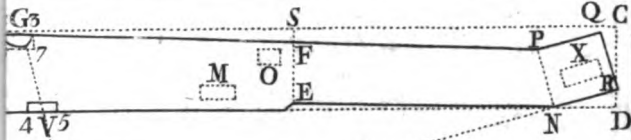
la

la perpendicular AB. El impelido por AC describirà con su movimiento mixto la linea parabolica AD, cuya altura es ED, y la sublimidad es DG. Digo, que el impelido por AB, subirà hasta la altura AB, igual à la EG, compuesta de la altura, y sublimidad de la parabolica. Tirese por D la DF, paralela à EA, que cortará à la AC en I.

• *Demonstr.* Por ser CD, DE iguales, (23.) seràn CD, FA tambien iguales; y siendo los triangulos ICD, IFA equiangulos, seràn las FI, ID iguales; y tambien AI, IC. Esto supuesto, la sublimidad DG, ò su igual FB, es la quarta parte del parametro; (21.) pero por la naturaleza de la parabolica, el quadrado de la AE, es igual al rectangulo de DE, ò FA, y el parametro: luego el rectangulo de FA, y FB, quarta parte de dicho parametro, es igual à la quarta parte del quadrado de AE, ò al quadrado de FI, mitad de FD, ò mitad de AE: luego FI, es media proporcional entre AF, y FB: conque el círculo descrito sobre AB, como diametro, passará necessariamente por I. Considerese delineada una otra parabolica por los puntos G, y F, que será GFH; lo qual supuesto, he de probar en primer lugar, que las lineas HE, y AC, son iguales: pruebo lo pues como se sigue.

El quadrado de HE, al quadrado de FD, es como la sagita GE, à la sagita GD: luego el exceso en que el quadrado de HE, supera al de FD, es al quadrado de FD, como DE à DG, esto es, como FA à FB; pero el exceso en que la quarta parte del quadrado de AC, esto es, el quadrado de AI, supera à la quarta parte del quadrado de FD, esto es, al quadrado de FI, tiene con el quadrado de FI, razon duplicada de las lineas AF, FI, esto es, como AF à FB; y como las quartas partes, así son tambien los todos: luego el exceso en que el quadrado de AC supera al quadrado de FD, tiene con el quadrado de FD la misma razon, que el exceso en que el quadrado de HE supera al de FD, tiene al mismo quadrado de FD: luego los quadrados de AC, y HE son iguales, y por consiguiente los lados, ò lineas HE, AC.

Pro-



H. Ricarte sculp.



Prosigamos aora la demonstracion. En la parabola GFH, supuesto que el impetu por la horizontal FD sea igual al adquirido en el descenso por GD, la HE, ò la AC su igual, representará bien al impetu adquirido en el descenso por GE, ò BA; (22.) pero en la parabola AD el impetu en D por la DF, que se supone igual al adquirido por el descenso GD, se ha con el impetu impresso en AC, como FD à AC: (corol. de la 24.) luego el impetu impresso en A por la AC, y el adquirido en el descenso AB son iguales; pero, como demonstrè en la Estatica, prescindiendo de todo accidente, el impetu adquirido en el descenso BA es bastante para que impresso en A àzia B, haga subir el projecto à la misma altura AB: luego si el movable se impele de A à B, con el mismo impulso con que se impele de A à C, subirá justamente la AB, compuesta de la altura, y sublimidad de la parabola.

## PROP. XXVI. Problema.

*Dado el impetu, y el angulo de la elevacion, determinar la amplitud, altitud, y toda la parabola.*

(fig. 39.)

**S**Ea dada la linea AB de tal longitud, que si cayesse la bala de B à A, el impetu que tendria en A, sea igual al que le da la polvora al salir del cañon por la linea AI, cuyo angulo de elevacion es IAD. Pidese se determine el trecho à donde caerà la bala, que es la amplitud de la parabola, y asimismo su altura, y toda la parabola.

*Operacion.* Sobre AB, como diametro, descrivase el semicirculo AFB, à quien cortarà en F la linea de la direccion AI: tirese por F la EF paralela à AD, y prolonguese hasta G, de fuerte, que FG sea igual à la EF: tirese por G la perpendicular LD: descrivase por los puntos A, y G, una parabola, que es unica, y esta serà la que se pide, cuya semiamplitud serà AD, y su altura DG.

*Demonst.* Por tener los triangulos AEF, GFI, los angulos G, y E rectos, y los verticales en F iguales, y los lados EF, FG, por construccion iguales, son dichos

Mm 2

trian-



triangulos (26. 1. Eucl.) totalmente iguales: luego los lados AE, ò DG, y GI son iguales; y por configuiente la parabola AG es (23.) la que determinadamente nasce de la direccion del movimiento de la bala por AI.

Digo tambien, que la EB, ò la LG es su sublimidad, porque el quadrado de AD, ò de EG, es quadruplo del quadrado de su mitad EF: luego el rectángulo hecho de la altura GD, y el parametro, será quadruplo del quadrado de EF; pero (13. 6. Eucl.) son proporcionales AE à EF, como EF à EB; y por configuiente (17. 6. Euclid.) el rectángulo hecho de AE, EB, es igual quadrado de EF: luego el rectángulo hecho de AE, ò GD, y el parametro, es quadruplo del rectángulo de AE, EB: y como así el un rectángulo, como el otro, tengan una misma altura AE, será el parametro quadruplo de la linea BE: (1. 6. Euclid.) luego EB es (21.) la sublimidad de la parabola; y AE, ò DG su altura; y la bala que fuere arrojada por AI con impetu igual al que se adquiere en el descenso por BA, (22.) correrá la parabola AG.

## COROLARIO.

**L**A altura DG de la parabola, la quarta parte de su amplitud, ò la mitad de AD, y la sublimidad GL, ò BE, son continuas proporcionales. Consta de lo dicho.

## PROP. XXVII. Theorema.

*Explicase la proporcion que tienen entre sí las amplitudes de las parabolas descritas por la bala, ò bomba arrojada con igual impetu por diferentes elevaciones. (fig. 40.)*

**L**A propuesta se explica en la fig. 40. cuya construcción es la siguiente. Tiradas las BA, AL à esquadra, dividase la BA por medio en C, desde donde como centro hagase el semicirculo ADB; dentro del qual se tirarán las rectas AH, AD, AG, y las HF, DC, EG perpendiculares al diametro BA. Hecho esto, se describirá la parabola AMO, cuya altura NM sea igual à la  
rec-

recta AF; y la amplitud AO sea quadrupla de la recta FI-L. Tambien se hará la parábola AIL, cuya altura KI sea igual à AC; y su amplitud AL, quadrupla de la recta DC: y ultimamente la parábola APO, cuya altura NP sea igual à AE; y la amplitud AO, quadrupla de la recta EG. Tirense aora dentro del semicirculo las rectas HC, HB; GC, GB.

Aqui se ve claramente lo primero, que una bala, ò bomba arrojada de A por la elevacion AH, con impetu igual al que se adquiere en el descenso por BA, describirà la parábola AMO, segun lo demostrado en la antecedente; y si con esse mismo impetu se arroja por la elevada AD, describirà la parábola AIL; y si con el mismo se echa por AG, describirà la parábola APO, cuyas alturas, y amplitudes, ò alcances se ven en la figura, y se conoceràn en medida conocida por reglas que despues se daràn; y lo mismo en todos los grados de elevacion.

Tambien se ve, segun lo demostrado en la antecedente, que BF es la sublimidad de la parábola; y por consiguiente, segun lo dicho en la *propos.* 22. si la bala se arroja horizontalmente por MF con impetu igual al que se adquiere en el descenso por BF, describiria con su movimiento mixto la semiparábola MA; y asimismo, si se arroja por la IC con el impetu adquirido, descendiendo por BC, que es su sublimidad, formaria la IA; y si con el impetu adquirido en la BF se arroja por PE, formaria la parábola PA; y se conoceràn las amplitudes de estas parábolas, segun la mayor, ò menor altura de la bateria sobre la horizontal de la tierra, como despues veremos.

## COROLARIOS.

**I** **D**E todas las parábolas descritas por la bala, ò bomba con una misma impresion de impulso, la mayor es la AIL, que se hace por el grado 45. ò angulo semirecto DAN, como ya en otra parte dixè: y la razon, à mas de la que alli se dixò, es porque la DC, por ser radio, es la mayor de las perpendiculares HF, GE, &c. del semicirculo; y como la

am-

amplitud de la parabola sea quadrupla de dicha perpendicular su correspondiente, será la amplitud AL de la parabola AIL, mayor que la amplitud de qualquiera otra; y por consiguiente mayor el trecho.

2 La amplitud de qualesquiera dos parabolos igualmente distantes del grado 45. ò sexto punto, tienen igual amplitud; porque supuesto sean iguales los angulos DAH, DAG formados en la periferia, lo son tambien los angulos DCH, DCG formados en el centro; (20. 3. Eucl.) y por consiguiente, sus senos segundos HF, GE son iguales: luego las amplitudes de las parabolos AMO, APO, que son quadruplas de dichos senos, ò perpendiculares, son tambien iguales.

3 Porque dichas perpendiculares, ò senos van aumentando desde A, hasta D; y despues se van disminuyendo desde D, hasta B, se sigue, que los trechos, ò amplitudes de las parabolos, desde el primer punto de la esquadra hasta el sexto, se van aumentando; y de alli arriba se van disminuyendo en la misma proporcion.

4 La recta HF, es seno del angulo ACH, formado en el centro, que es duplo del angulo ABH, formado en la periferia; y siendo el angulo ABH igual al angulo LAH de la elevacion, será la recta FH seno del angulo duplo del de la elevacion. Asimismo, la recta CD, es el seno del angulo recto formado en el centro, que es duplo del de la elevacion LAD. Tambien la recta GE, es seno del angulo ACG, formado en el centro, que es duplo del angulo ABG hecho en la periferia, que es igual al de la elevacion LAG. Y como los trechos, ò amplitudes AO, AL, AO de las parabolos AMO, AIL, APO, sean entre si como las rectas FH, CD, EG, de quienes son quadruplas, se infiere, que los trechos, ò amplitudes de las parabolos que la bala describe con igual impulso por diferentes elevaciones, tienen entre si la proporcion misma de los senos del angulo duplo del que forman con la horizontal essas elevaciones.

Y así, la amplitud AL de la parabola AIL, formada por el angulo de 45. grados LAD, tiene con la amplitud AO de la parabola AMO descrita con el mismo impetu por el angulo LAH, la misma razon que CD, seno todo, ò del angulo recto, duplo del semirecto LAB, tiene con FH, seno del angulo ACH,

duplo del angulo LAH; y asimismo, la amplitud AL de la parabola AIL, tiene con la amplitud AO de la parabola APO, la razon misma que CD, seno del duplo angulo LAD, tiene con la recta EG, seno del duplo angulo LAG; y assi en las demàs. Con esto se calcularà facilmente la tabla de las amplitudes, ò trechos que hace la bala, ò bomba arrojada con igual impulso por diferentes puntos de la esquadra, como en su lugar veremos.

5 El trecho, ò amplitud horizontal de la parabola AIL, que describe el tiro por el gr. 45. ò sexto punto, es dupla de la linea AB, porque es quadrupla de CD, ò CA, conque este trecho es quadruplo del que haria la bala, si con el mismo impetu subiese por la perpendicular AB.

6 La altura NM de la parabola AMO, es igual à AF, seno verso del angulo ACH, que por formarse en el centro es duplo de LAH, que es el de la elevacion, hecho en la periferia. Asimismo la altura KI de la parabola AIL, es igual à AC, seno verso del angulo ACD, hecho en el centro, duplo del de la elevacion LAD, en la periferia. Y tambien la altura NP de la parabola APO, es igual à AE, seno verso del angulo ACG, hecho en el centro; y por consiguiente, duplo del de la elevacion OAG, que està en la periferia: donde se ve claramente, que las alturas de los tiros hechos con igual fuerza por diferentes grados de elevacion, tienen entre si la razon misma que los senos versos del duplo de los angulos de dichas elevaciones. Con esto se calcularà despues la tabla de las alturas à que suben los tiros con un mismo impulso por diferentes puntos de la esquadra, ò grados de elevacion.

7 Si por las extremidades B, P, I, M, A, de las alturas de las parabolâs, que forma la bomba arrojada con igual fuerza por diferentes elevaciones, se describe una linea, serà elipse. La razon es, porque siendo EG media proporcional entre BE, EA, el quadrado de EG, es igual al rectangulo BEA; y por la misma razon, el quadrado de CD, es igual al rectangulo BCA; y assi de los demàs: luego la misma razon tiene el quadrado de EG al quadrado de CD, que el rectangulo BEA, al rectangulo BCA; pero el quadrado de EP, duplo de EG, es quadruplo del quadrado de EG, como tambien el de CI, del de CD: luego la  
mis-

misma proporcion tienen entre sí los quadrados de EP, y Ch, que lo: de EG, CD; y siendo éstos como los rectángulos BEA, BCA, serán los quadrados de las aplicadas EP, CI, &c. como los rectángulos de las sagitas BEA, BCA, &c. luego la figura BPIMA, es elipse, (trat. 8. lib. 1. propof. 5.) cuyo exe mayor, como consta de lo arriba dicho, es quadruplo del menor.



## LIBRO IV.

### DE LA PRACTICA, Y USO DE la Artilleria, en los tiros por línea recta, ù de punta en blanco.

**L**OS principales modos de tirar con la artilleria son dos; es à saber, *por línea recta*, que tambien llaman *de punta en blanco*; y *por elevacion*, ò *por línea curva*. Tirar *por línea recta*, ù *de punta en blanco*, es tirar à un objeto que està dentro de la punteria, ò alcance de un cañon, antes que sensiblemente descienda la bala, y pierda la línea recta. De esta manera se tira con la artilleria, tanto por la horizontal, como por elevacion sobre ella, hasta el grado 45. ò sexto punto, como tambien por inclinacion baxo la horizontal, ù de arriba à baxo. Tirar *por elevacion*, ò *por línea curva*, es tirar à un objeto para herirle mas con el movimiento natural que lleva al caer la bala, ò bomba, que con el violento con que sale del cañon, ò mortero; y este se puede executar elevandole por qualquiera de los puntos de la esquadra; pero se ha de advertir, que con los cañones de artilleria

no se tira regularmente por otra elevacion, que de la horizontal hasta el grado 45. y con los morteros no se tira con otra que del grado 45. arriba, hasta cerca de la perpendicular: y la razon es, porque con los tiros de la artilleria se pretende el efecto que causa la bala con su movimiento violento; y con los tiros del mortero se procura el estrago que el cuerpo pesado hace, cayendo de muy alto sobre los edificios con su movimiento natural, la qual altura es mucho mayor en los tiros que se dirigen del grado 45. arriba, como consta del libro antecedente: en este trataré del primer modo de tiros; y en el siguiente, del segundo.

## CAPITULO I.

## DE LA FABRICA, Y USO DEL CALIBRE.

## PROP. I. Problema.

*Explicase el modo de formar, y graduar el Calibre.*

**C**alibre, no es otra cosa que una varilla de alaton, cobre, ò otra materia semejante, en la qual están señalados los diametros de las balas de qualquiera peso, así que sean de hierro, como de plomo, y piedra. De este instrumento necesita mucho el Artillero, para saber el peso de las balas por la longitud de su diametro. La regla para formarle consiste, en que dado el diametro de una bala de peso conocido, se halle el diametro de otra qualquiera de diferente peso. De dos maneras se puede resolver este Problema, ò por Geometria, ò por Arithmetica.

El modo de resolverle por Geometria, consiste en hallar dos medias proporcionales, que es el célebre Problema Deliaico de la duplicacion del cubo, hasta aora no resuelto, de que traté en el *trat. 3. proposf. 12.* donde di dos modos para su resolucion los mas inteligibles; y aunque no rigurosamente geometricos, pero bastantes para la practica, que no repito en este lugar, solo insinuaré el modo de usar de ellos, que es como en este exemplo. Sa-  
be-

hése el diametro de la bala de hierro de una libra: pide se señale el diametro de la bala de dos libras; y porque estas balas están en razon dupla, se tirará una linea igual al diametro de la bala de una libra, y luego otra linea doblada de ella; y entre las dos se buscarán dos medias proporcionales, por qualquiera de los modos alli explicados; y la linea que hiciere segunda proporcional con el diametro de la bala de una libra, será el de la bala de dos libras; y así de las demás.

El modo de formar el calibre por Arithmetica, es el mas seguro; y antes de explicarle advierto, que es grande la variedad de medidas que se estilan en diferentes Naciones, y Provincias, porque unas componen la libra de 12. onzas, y otras de 16. y aun las onzas no son iguales en la magnitud; por lo qual prescindiremos en esta regla de la cantidad, ó magnitud de la libra, y sea la que fuere, se supondrá dividido el diametro de una bala de una libra en 100. partes iguales, y éste servirá como de modulo, y fundamento para determinar la magnitud de los diametros de las demás balas, como se sigue.

*Operacion.* Cubiquese el diametro de la bala de una libra, que siendo 100. partes, su cubo será 1000000. Dupliquese este cubo, y será 2000000. Saquese la raiz cubica que se hallará ser 125. y éste será el diametro de la bala de 2. libras. Tripliquese el cubo de la 1. libra, y será 3000000. Saquese su raiz cubica, que es 144. y será el diametro de la bala que pesa 3. libras. Fundase esta regla en que (33. 11. Eucl.) los cubos tienen la razon triplicada de sus lados, y las esferas (18. 12. Eucl.) tienen entre sí la razon triplicada de sus diametros; y por consiguiente, los diametros de las balas tienen entre sí la razon misma de los lados de sus cubos. En esta forma se ha calculado la tabla siguiente, cuya primera columna lleva las libras que pesa la bala; y la segunda, los diametros de cada una en partes centesimas del diametro de la bala de una libra.

1	100	27	300	53	375
2	125	28	303	54	378
3	144	29	307	55	380
4	158	30	310	56	382
5	170	31	314	57	384
6	181	32	317	58	386
7	191	33	320	59	388
8	200	34	323	60	391
9	208	35	326	61	393
10	215	36	330	62	395
11	222	37	333	63	398
12	228	38	336	64	400
13	235	39	339	65	402
14	241	40	341	70	411
15	246	41	344	75	421
16	251	42	347	80	430
17	257	43	350	85	438
18	262	44	353	90	448
19	266	45	355	95	455
20	271	46	358	100	464
21	275	47	360	105	471
22	280	48	363	110	479
23	284	49	365	115	486
24	288	50	368	120	493
25	292	51	370	125	500
26	296	52	373		

Con esta tabla se formará fácilmente , y con gran precisión el calibre , señalando en tres distintas líneas sobre el cobre , ó alaton los diámetros de las balas de hierro , plomo , y piedra , en esta forma. Tengaſe bien dividido el diámetro de la bala , como por exemplo , la de hierro en 100. partes iguales , y formefe de ellas con todo cuidado un pitipie , tirando à parte una línea , y dividién-



diendola en aquellas mismas partes hasta el numero de 500.ò mas, como pareciere; y el mejor modo de hacer este pitipie es el que expliquè en el *lib. 8. propos. 2.* de la Geomet. Praçt. y tomando de la tabla precedente los numeros correspondientes à las balas de 1. 2. 3. &c. libras, se tomaràn con el compas aquellas mismas partes en el pitipie, y se iràn señalando en el calibre siempre desde su extremidad. Esto es bien facil; y no necesita de mas explicacion.

Solo advierto, que se tengan bien precisos, quanto fuere posible los diametros de las balas de 1. libra, assi de hierro, como de plomo, y piedra; con lo qual valiendose de la misma tabla, se hará el calibre para todas tres especies; solo que el pitipie havrà de ser diferente, porque siendo el diametro de la bala de una libra de hierro mayor que el del plomo, y menor que el de la piedra, seràn las 100. partes en que se dividen estos diametros necessariamente desiguales: esto es, menores las del plomo, que las del hierro; y èltas, que las de piedra.

#### PROP. II. Problema.

*Colocar en el calibre los diametros de las balas menores que de una libra.*

Con el mismo artificio arriba dicho se pondrà tambien en el calibre los diametros de las balas de menor peso que el de una libra, como desde una onza hasta 12. ò 16. de que se compone la libra: como por exemplo, supongamos sea la bala de 16. onzas, cuyo diametro està, como arriba dixè, dividido en 100. partes. El cubo de 100. es 1000000. su mitad es 500000. cuya raiz cubica 79. es el diametro de la bala de media libra, ò de 8. onzas. Asimismo, la quarta parte del mismo cubo 1000000. de una libra es 250000. cuya raiz cubica 63. es el diametro que se busca. Todo lo qual se halla en las tablas siguientes, la una para libra de 16. onzas, y la otra para la de 12. Y por ellas se colocarán en el calibre las onzas con el mismo pitipie arriba dicho.

*Para*

Para libra de 16. onzas.

1	40
2	50
3	57
4	63
5	68
6	72
7	76
8	80
9	83
10	86
11	89
12	92
13	94
14	96
15	98
16	100

Para libra de 12. onzas.

1	44
2	55
3	63
4	69
5	75
6	80
7	84
8	88
9	92
10	95
11	98
12	100

## PROP. III. Problema.

*Examinar, y reconocer si está bien fabricado el Calibre.*

**O**peracion. Tomefe el diametro de la bala de una libra en el calibre, y duplicado darà el diametro de la bala de 8. libras, si el calibre estuviere bien graduado. Tomefe el de 2. lib. y duplicado darà el de 16. Tomefe el de 3. y duplicado darà el de 24. y el de 4. doblado, darà el de 32. y el de 5. doblado, darà el de 40. y el de 6. darà el de 48. y así los demás, multiplicando siempre por 8. el diametro que se toma para duplicar. Esto se funda en lo mismo que la construccion del calibre, porque (18. 12. Eucl.) las balas tienen entre si la razon triplicada de la de sus diametros; pero la razon de 1. à 8. es triplicada de la de 1. à 2. como se ve en los quatro proporcionales 1. 2. 4. 8. luego siendo los diametros como 1. à 2. las balas seràn como 1. à 8. luego el diametro de la bala de 1. libra, duplicado es el de 8. y así de los demás.

PROP.

## PROP. IV. Problema.

*Explicase el uso del Calibre.*

**E**L uso, y practica del calibre es facil; y viene à reducirse à dos problemas, que son: dado el diametro de una bala, hallar su peso; y dado su peso, hallar el diametro. 1. Si dado el diametro de una bala, se desea saber su peso, se tomarà con el compas el diametro dado, y puesto el un pie: sobre el principio del calibre en la linea competente al metal de que fuere la bala, el otro pie darà su propio peso. 2. Si se busca el diametro de una bala, por exemplo, de 20. libras de peso, se tomarà con el compas en el calibre la distancia que hay desde su principio al numero 20. y aquel serà el diametro que se pide.

Lo sobredito es llano, quando el compas viene justamente sobre alguno de los puntos señalados en el calibre; pero cayendo entre dos puntos, serà preciso haya à mas de las libras algunas onzas, las que se sabrán como en el exemplo siguiente. Sea dado el diametro de una bala; y puesto con el compas en el calibre, cayga la punta entre el punto de las 5. libras, y el de las 6. conque à mas de las cinco libras tendrá algunas onzas. Pongase aquel mismo diametro sobre el pitipie, de que se habló arriba, y vease quantas partes incluye, y sean por exemplo 175. Cubiquese este numero, y serà su cubo 5359375. Hallese en la tabla arriba puesta al numero que corresponde al diametro de la bala de 5. lib. que es el proximo menor al diametro dado, y se halla ser 170. Cubiquese, y serà su cubo 4913000. Hecho esto, se hará esta regla de tres: Si el cubo 4913000. pesa 5. libras, que pesará el cubo 5359375. y se hallará que pesa 5. libras, y un quebrado de libra, que supuesto sea ésta de 16. onzas, se hallarán ser 7. onzas, y un quarto con poca diferencia: serà pues el peso de la bala 5. lib. 7. onz. y un quarto; y así de las demás. Lo mismo se conseguirá con otro qualquiera pitipie, tomando en él las partes competentes al diametro dado, y al de las 5. libras, y obrando en lo demás de la misma suerte.

*Aqui*

Aquí se ha de advertir, que aunque estas reglas son en sí indefectibles; pero por lo regular se hallarán no corresponder con toda precisión los diámetros con los pesos, por causa de ser ordinariamente un hierro mas solido que otro, y asimismo un genero de piedra mas, ò menos porosa que otra, lo que no se puede remediar; pero lo sobredicho es bastante para la practica, que es lo que se pretende.

## CAPITULO II.

## DEL MODO DE TIRAR POR LINEA RECTA, O punteria.

**T**iros por linea recta, son todos aquellos que se encaminan à arruinar un objeto en fuerza de aquel impetu violento que lleva la bala quando sale del cañon, el qual persevera con bastante rigor para el intento, hasta que prevaleciendo notablemente el movimiento natural, empieza la bala à caer conocidamente à la tierra; y porque hasta este termino la linea que describe por el ayre, es sensiblemente recta, por esso se dicen estos tiros *por linea recta*; y tambien *por punteria*, por apuntarse la pieza al objeto por dicha linea. En este modo de tirar suelen distinguir los Autores ocho diferencias, que son las que se figuen.

## DEFINICIONES.

**1** Tirar à nivel, ò por el raso de la anima, es quando està apuntada la pieza de tal manera, que su hueco, ò anima es paralela à la linea horizontal. Lo que se conseguirà quando puesta la esquadra, como se acostumbra en la boca de la pieza, cayere el perpendicular derechamente por la linea extrema de la esquadra, sin hacer punto, ni tocar en alguno de los quadros.

**2** Tirar de punta en blanco, ò por el raso de los metales, es quando la pieza està situada de modo, que la linea que passa por la joya de la culata, y brocal, es paralela à la horizontal. En este caso tiene la alma de la pieza elevacion por la desigualdad de los metales, como despues veremos. Pondràse la pieza en esta situacion, colocando sobre ella una regla def-

desde la faxuela alta de la culata à la del brocal, que pafse por sus joyas; y puesto el nivel sobre la regla, se irá levantando, ò baxando la pieza, hasta que el perpendicularo cayga por el punto del medio.

3 Tirar con metales rasos, ò por joya, es quando se hace la punteria por la visual; que passa por las joyas de la culata, y brocal, y va al blanco, ò cosa à que se tira, el qual tiro necesita de correccion.

4 Tirar dentro de la punteria, ò dentro del tiro de punta en blanco, es tirar dentro de lo contenido entre la punteria del nivel de la alma, y la del raso de los metales.

5 Tirar fuera de la punteria, ò fuera del punto en blanco, es tirar desde el raso de los metales, hasta los 45. grados de elevacion; de fuerte, que todos los tiros que se hacen desde el raso de los metales, hasta la elevacion sobredicha, se llaman fuera de la punteria.

6 Tirar debaxo de la punteria, es tirar mas abaxo del nivel horizontal.

7 Tirar con todo el vivo, ò emparejando metales, es quando se pone sobre el brocal una mira de tal cantidad, que la visual, passando por lo mas alto de la faxuela de la culata, y por el extremo de dicha mira, sea paralela al exe de la anima de la pieza.

8 Tirar muerto el vivo, consiste en que haviendo apuntado una pieza por los metales, ò por joya, se ponen unas cuñas debaxo de la culata, con que la alma de la pieza queda dirigida al blanco: y así se dice, que con aquéllas cuñas se mata el vivo, como despues veremos.

He propuesto estas diferencias de tiros, por si se quisiere hablar con los terminos de los prácticos; pero en la verdad, todos se pueden reducir à dos, que son tirar apuntando por el raso de la anima, ò por linea paralela à su exe, como en el primero, y sexto modo; y tirar apuntando por las joyas, ò raso de los metales, y matando el vivo: las demás diferencias son muy accidentales.

PROP.

## PROP. V. Problema.

*Determinar quan distante de la Pieza este el punto , en que concurre la linea de los metales con la de la anima.*

( fig. 41. )

**P**OR ser mayor la espessura de metal que tienen las piezas en la culata que en el brocal, la linea recta tirada por el rafo de los metales, ò por las joyas, y la linea del hueco de la anima, no son paralelas, si que concurren en un punto, como se ve en la *figura 41.* donde la ABD es la linea que passa por las joyas; y la ECG es la de la anima, las quales concurren en C: de lo qual se sigue, que si el blanco estuviessse en el punto C, con solo apuntar la pieza por las joyas, daria la bala en dicho blanco; y si este estuviessse entre C, y B, daria la bala algo mas baxo que el blanco; pero estando mas allà del punto C, como estàn regularmente todos los objetos à que se tira, haria la bala alto, si no se corrigiessse el tiro, como despues dire. Lo que se pide aora es, que se determine à quanta distancia de la pieza cae el punto C del concurso de dichas lineas. Determinase como se sigue.

*Operacion.* Midase la distancia BO, compuesta del diametro de la anima, y de la crassicie hasta lo alto de la faxuela del brocal: y asimismo metiendo la aguja por el fogon ù de otra fuerte que mejor pareciere, midale lo que hay de lo alto de la faxuela de la culata, hasta lo hondo de la anima: quitese de entrambas medidas el diametro de la anima, y restaràn entrambas crassicies, y supongamos sean iguales à las lineas PQ, MN; y la QN sea igual à la AB: cortese PR igual à MN, y fera RQ el exceso de la mayor à la menor. Hecho esto, hagasè una regla de tres: como QR à RN, longitud de la pieza; así NM à MS, distancia del punto del concurso. Como si QR fuesse 4. dedos, y RN 120. y MN 10. diriamos: si 4. dan 120. luego 10. daràn 300. dedos, y à tanta distancia de la boca fera el concurso.

*Demonst.* Por ser paralelas las lineas QP, NM, y tam-

Tomo V.

Na

bien

bien RN, MS, los angulos QNR, NSM son iguales, (27. 1. Eucl.) y afsimifmo los angulos R, y M: luego los triangulos QRN, NMS son equiangulos; y por confi- guiente (4. 6. Eucl.) ferà QR à RN, como NM à MS.

## PROP. VI. Problema.

*Buscar el vivo à una Pieza. (fig. 42.)*

**B** Uscar el vivo à una pieza, no es otra cosa, que *buscar la diferencia que hay de la espessura de los metales en la culata, y brocal para igualarles, anadiendo al del brocal alguna cantidad.* Esto se puede hacer de diferentes maneras, las mejores son las dos que se figuen.

*Modo 1.* Con el compàs de puntas bueltas, tomese el diametro de la pieza en la culata, incluyendo su faxuela mas alta, y pongase en la linea BD. Tomese afsimifmo el diametro de la pieza en el brocal, incluyendo su faxuela mas alta, y pongase desde D hasta F en la misma linea, y ferà FB la diferencia de entrambos diametros: dividase FB por medio en G, y qualquiera de las dos mitades ferà el vivo que se busca.

*Modo 2.* Dispongase à nivel la anima de la pieza, como se dixo en la *defn. 1.* Hecho esto, se tomarà una regla tan larga como la pieza, y se pondrà sobre las molduras mas altas de la culata, y brocal, como en la figura P: sobre ella se pondrà un nivel, y dexando inmoble el cabo de la regla que descansa sobre la culata, se irà levantando del otro cabo, hasta que el nivel caiga sobre la sexta graduacion: observese con cuidado lo que se aparta la regla sobre la faxuela del brocal, y aquello ferà el vivo de la pieza. Entrambos modos son seguros, conque se executen con primor.

## PROP. VII. Problema.

*Apuntar la Pieza por linea paralela à la de la anima.*

**O** peracion. Sacados los puntos de las joyas, segun se dixo en el *lib. 2. propos. 33. y 35.* se tomarà una

cerilla, ò otra cosa semejante, que sea igual al vivo de la pieza, y ésta se pondrà sobre la joya del brocal de modo, que coincida con el diametro dicho; esto es, que si se continuasse, passasse por el centro de la boca. Hecho esto, se apuntará al blanco por el punto, ò joya de la culata, y por la extremidad de la cerilla, y se havrá apuntado por linea paralela al exe de la anima, por tener la visual esse paralelismo; pero se ha de advertir, que la bala darà en un punto mas baxo al que se apuntò, quanto es el semidiametro del brocal, y longitud de la cerilla. Consta de lo dicho.

## PROP. VIII. Problema.

*Matar el vivo de una Pieza, y apuntarla por las joyas, ò metales rasos. (fig.42.)*

**M**atar el vivo à una pieza, consiste en que despues de apuntada por las joyas, ò metales rasos al blanco, se ponga debaxo de la faxuela de la culata una cuña, con que inclinandose por el brocal la pieza, quede su alma dirigida al blanco. La regla fixa para cortar la cuña, es esta.

*Operacion.* Tomese con el compàs recurvo el diametro de la pieza de la culata, abrazando su faxuela mas alta: tomese su mitad, y pongase en una linea, que sea HI: tomese asimismo el diametro de la pieza correspondiente al centro, ò medio de los muñones, y tomando su mitad guardese à parte. Pongase una regla bien recta sobre las faxuelas altas de la culata, y brocal en los puntos de las joyas; y tomese con cuidado la distancia que hay de dicha regla à la superficie de la pieza en el mismo parage sobredicho correspondiente al medio de los muñones, y añadase esto al semidiametro que se puso à parte, y todo esto pongase de H hasta L; y la LI será lo grueso que ha de tener la cuña para matar el vivo que se desea.

*Demonstr.* Sea AO la visual que passa por las joyas; RS, sea el exe de la pieza; AR, el semidiametro de la culata, hasta lo alto de la faxuela; y NM, el semidiametro de la



la pieza en derechura de los muñones estendido hasta la visual AO. Pásese NM de RaP, y AP será la diferencia de entrambos diámetros. Digo, que la cuña, cuyo gruesso sea igual à la AP, puesta debaxo la culata de la pieza, pondrá al exe RS paralelo à la AO, y por consiguiente quedará dirigido al blanco, como lo estava la recta AO del rafo de los metales; porque si se passa la PA de R à Q, y se tira la QN, será la AQ igual à MN; y siendo tambien paralelas las líneas AM, QN, que las juntan, serán las AM, QN iguales: (33. 1. Eucl.) luego subiendo el exe de R à Q, quedará en la situacion QNT paralela à la AO.

El modo de apuntar la pieza para tirar con acierto matando el vivo, es el siguiente. Apuntese la pieza por sus joyas al blanco, poniendo debaxo la culata las cuñas que para ello fueren precisas; y para mayor seguridad, examínesse la punteria por uno, y otro lado de la pieza para evitar el desvío àzia los lados, cuidando que los puntos observados por los lados, disten segun la vista igualmente del blanco à una, y otra parte; esto es, el que se ve por la derecha del cañon, à la izquierda del blanco; y el que por la siniestra, à la derecha. Hecho esto, añadase debaxo de la culata la cuña que se cortò para matar el vivo, y quedará este muerto; y procediendo con vigilancia, se hará un tiro cierto.

## PROP. IX. Problema.

*Modo de enmendar los tiros. (fig. 43.)*

**A** Puntada la pieza al blanco por las joyas, segun dixe en la prop. anteced. se marcarán en el suelo los asientos de las ruedas, y contera; y dexando caer una plomada desde la joya del brocal hasta el suelo, se hará en este un señal, para que en haviendo disparado el Artillero la pieza, la pueda bolver al mismo lugar. Hecho esto, hará su tiro; y si el golpe necesitare de enmienda, la executará con las reglas siguientes; suponiendo, que en el tirar, por exemplo al blanco O, solo pueden suceder estos casos: alto, y derecho, como en A; alto, y haviessse, como

mo en B; avieffo, y en derecho, como en C; avieffo, y baxo, como en D; y baxo, y derecho, como en E.

1 Para enmendar el tiro, se bolverà en todo caso la pieza al mismo lugar, que tenia antes de tirar; de fuerete, que las ruedas, contera, y brocal, correspondan à las señales arriba dichas; y si el golpe huviere sido alto, y derecho como en A, se bolverà à assèstar la pieza, como la primera vez al blanco O: luego se tomarà un poco de cerilla, y se pondrà sobre lo mas alto de la faxuela del brocal, y ha de ser tanta quanta precisamente baste, para que la visual que passare por lo mas alto de la faxuela de la culata, y por la extremidad de la cerilla, venga al golpe A, que hizo la bala: luego se alzarà la culata de la pieza, hasta que la visual tirada por lo mas alto de su faxuela, y extremidad de la cerilla, venga al blanco O, con lo qual se havrà enmendado el tiro sobredicho, y metiendo la cuña ordinaria para matar el vivo, se bolverà à tirar.

2 Si el tiro huvièssè sido avieffo, y en derecho, como en C, y por exemplo, à la derecha, para enmendarle, se assèstarà otra vez la pieza, como antes, al blanco: luego se pondrà à la izquierda del punto, ò joya de la culata, otro nuevo punto de cera, de modo, que la visual passe por este punto nuevo, y por la joya del brocal, y vaya à descubrir el tiro avieffo. Hecho esto, muevase la contera àzia la parte donde diò el golpe, hasta que la visual sobredicha, que antes dava en el golpe, vaya à dar en el blanco, y quedará enmendado el tiro.

3 Si el tiro fuèssè alto, y avieffo, como en B, por exemplo, à la izquierda, para enmendarle, se bolverà la pieza al mismo puesto, y se apuntará, como quando se hizo el trecho sobredicho: luego se pondrà sobre la joya del brocal una cierta cantidad de mira, ò cerilla; y sobre la faxuela de la culata, à la derecha de su verdadero punto medio, se pondrà otro, de modo, que la visual que passa por este punto, y por la mira sobredicha, vaya al golpe avieffo alto: luego se acortará, ò alargará, si fuere menester, la misma mira, hasta que la visual que passa por el punto nuevo de la culata, y el cabo de la mira descubra al gol-

golpe errado. Hecho esto , mudese la contera azia la parte donde diò el golpe , hasta que por el punto nuevo de la culata , y el cabo de la mira en el brocal , se descubra un punto señalado sobre el blanco , que venga à estar perpendicularmente sobre el : enmiendese aora el alto , y derecho , levantando la pieza por la culata hasta hacer el asfiesto en el blanco con la misma visual, y se havrà enmendado el tiro.

4 Si el golpe diessè baxo , y derecho , como en E , restituida la pieza al lugar , y punteria que tenia , se añadirà sobre la joya de la culata tanta cantidad de mira , quanta fuere menester , para que la visual que passa por su extremidad , y la joya del brocal descubra el golpe : luego se baxará la culata de la pieza hasta que la dicha visual descubra el blanco , y quedará enmendado el tiro.

5 Si el golpe fuere baxo , y avieslo , buelta à su lugar , y apuntada como antes la pieza , se pondrá una mira sobre la culata à la parte contraria donde diò el golpe , tan alta , que la visual por sobre su extremidad , y por la joya del brocal , descubra el golpe : luego se reducirà en derecho , moviendo la pieza por la culata , hasta que dicha visual descubra un punto perpendicular debaxo del blanco. Ultimamente se hará la enmienda en derecho , baxando la culata hasta que la visual misma venga al blanco , y quedará enmendado el tiro. Otros modos puede haver , que vienen à reducirse al sobredicho , como se puede ver en Firrufino , *cap.* 28.

#### PROP. X. Problema.

*Modo para tirar con acierto de noche.*

**O**peracion. Haviendo tirado de dia algunos tiros al blanco con acierto , se observará la situacion de la pieza , y se marcará en el suelo , ò esplanada el asfiesto de las ruedas , y contera , poniendo à sus lados unos clavos hincados en tierra ; y dexando caer una plomada del medio del brocal hasta el suelo , donde le tocáre , se plantará una estaca : asimismo se pondrá en la boca de la pieza un qua-

quadrante dividido en 90. grados con su plomo; y se notará, què grado señala. Hecho esto, haviendose cargado la pieza, se pondrà de noche facilmente en la misma situacion que tenia de dia quando se disparò al blanco, ajustando sus ruedas, y contera à los clavos, y echando la plomada desde el brocal, sobre la estaca que se fixò antes. Finalmente se pondrà el quadrante en la boca de la pieza, y se le darà de elevacion, ò inclinacion el grado observado; y dandole entonces fuego, se tirará al blanco que se pretende; pero esto es bien sabido de los Prácticos.

## PROP. XI. Problema.

*Observar la potencia de las Piezas.*

**P**otencia de una pieza de artilleria, es el trecho que anda la bala por el ayre formando linea sensiblemente recta; ò por mejor decir, esto es, lo que puede la pieza: como potencia de un mortero de bombas, es el trecho à que puede arrojarlas por diferentes elevaciones. El modo de observar estos trechos, es bien facil de entender; porque si se quiere observar quanto alcance por la linea horizontal una pieza, sin-perder la bala sensiblemente la linea recta, se colocará la alma de la pieza à nivel con el quadrante, ò esquadra, y tirando con ella, se harán diferentes trechos, apartando en cada uno mas el blanco, hasta que se conozca empieza à hacer baxo la bala; y este trecho será el que puede hacer aquella pieza por la horizontal: lo mismo se observará tirando por elevacion, dandole à la pieza el grado que se quisiere; pero se ha de advertir, se deve echar siempre una misma cantidad, y calidad de polvora, apretandola igualmente en todos los tiros.

Para observar los trechos que hacen, así las piezas, como los morteros de las bombas, por elevacion, se les darà primeramente la elevacion que se quisiere con la esquadra, poniendo dentro de la boca de la pieza, ò mortero el brazo largo; y dexando caer el plomo que pende de su centro, se levantará el mortero hasta que dicho plomo cayga por el grado que se desea. Con esta dis-

po-

## 368 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &amp;C.

posicion, se disparará, y se observará el lugar donde caela bomba; y midiendo la distancia de este lugar al mortero, se sabrá su alcance, ò potencia.

Los alcances absolutos de los tiros, así horizontales, como por elevacion, penden de tantas circunstancias, que es quasi imposible el determinarles; porque en unos cañones son mayores, y en otros, menores, y aun en un mismo cañon, es grande su variedad; ya por estar los materiales de la polvora mas, ò menos refinados; ya por ser el tiempo mas, ò menos seco, y caloroso, ò humedo, y frio, y por otros muchos accidentes, de que en otras partes hemos hecho mencion: y esta es la causa, que en los Autores se hallan diferentes trechos, y medidas comprobadas, segun ellos dicen, por la experiencia; por lo qual, no haviendo cosa fixa, solo pongo aqui las tablas siguientes, sacadas de Firrufino, en donde se contienen los alcances de las piezas del primero, y segundo genero, así horizontales, como en los puntos de elevacion, hasta el sexto de la esquadra, los quales solo servirán para dar algun conocimiento de la proporcion de los alcances, mas no para gobernarfe por ellos. Sus medidas son passos de à dos pies cada uno. Quanto sea el alcance de los morteros, se dexa aun con mayor razon à la experiencia en cada uno de ellos, por ser diferentes los calibres, y disposicion con que se funden.

Al-

*Alcances de las Piezas del primer genero.*

	horiz.	1	2	3	4	5	6
Falconete de 4. lib.	400	880	1760	2640	3300	3712	4000
Sacre de 6. lib.	420	990	1980	2970	3742	4176	4500
Media culebrina de 10. l.	550	1210	2470	3640	4537	5104	5500
Culebrina de 18. lib.	700	1487	2974	4759	5944	6604	6800
Culebrina de 20. lib.	720	1560	3120	4994	5986	6584	7022

*Alcances de las Piezas del segundo genero.*

	horiz.	1	2	3	4	5	6
Cañon de 20. lib.	700	1540	3080	4106	4890	5630	5689
Cañon de 25. lib.	750	1700	3400	4533	5288	5640	5830
Cañon de 30. lib.	800	1866	3421	4272	4666	4814	4900



# LIBRO V.

## DE LA PRACTICA, Y USO DE LA Bombarderia en los tiros por ele- vacion, ò Arte de arrojar las Bombas.

**T**ODO lo que dirè en este libro, tocante al Arte de arrojar las bombas, se funda en los Theoremas demostrados en el *lib. 3.* desde la *propof. 20.* en adelante. Y para que con felicidad se consiga el intento en lo practico, y se pueda tener alguna seguridad de los alcances, que por qualquiera punto de elevacion tiene un cañon, ò mortero, serà menester en primer lugar hacer una experiencia bien exacta, tirando con aquella pieza, ò mortero por un grado de elevacion conocido, y midiendo el trecho, ò distancia donde cayere la bala, ò bomba; porque assegurados de esto, servirà la experiencia hecha de fundamento para inferir todo lo demàs, como luego veremos.

### CAPITULO I.

*DE LAS PRACTICAS PARA ARROJAR LAS BOMBAS,  
quando los trechos se hacen en el mismo nivel de las  
baterias.*

**L**Os trechos, y tiros de las bombas se pueden executar arrojandolas, para que caygan en el mismo plano horizontal, y nivel donde estàn las baterias, ò para que caygan en diferente plano, como quando se arrojan à un lugar mas elevado, ò mas baxo que el sitio donde ellas estàn plan-

plantadas: lo primero se trata en este capitulo, y el siguiente; lo demás, adelante.

## PROP. I. Problema.

*Dado un trecho de una Pieza, ò Mortero, hallar el que hace la misma Pieza, ò Mortero en qualquiera elevacion dada.*

**O**peracion. Hagase una regla de tres: como el seno del ángulo duplo de la elevacion, en que se hizo el trecho dado ( que llamaremos en adelante *elevacion primera* ) al seno del duplo angulo de la elevacion propuesta; así el trecho dado ( que llamaremos *trecho primero* ) al trecho que se pide.

*Exemplo.* Sea dado un trecho de 1000. passos, ò de otra qualquiera medida, hecho por el angulo de 30. grad. y se pide el trecho que aquel mortero, ò pieza hará por el angulo de 45. grad. Tomese de la tabla de los senos que trae Ulac, ò otro Autor, el seno del angulo de 60. grad. que es duplo del dado, y se hallará ser 8660. el qual será el primer termino de la regla de tres: tomese el seno de 90. grad. que es duplo de 45. elevacion propuesta, el qual es 10000. y será el segundo termino, y el tercero será 1000. trecho dado; y se dirá: Si 8660. dan 10000. que darán 1000? y se hallará dan 1155. passos, alcance de la pieza, ò mortero por el angulo 45. Fundase esto en el *corolario 4. de la prop. 27. lib. 3.*

Adviertase, que quando el angulo de la elevacion propuesta es mayor que 45. grad. como sucede en los tiros de las bombas, se ha de tomar en lugar suyo el de su complemento à 90. grados, y este es el que se ha de duplicar, y con el se ha de hacer la operacion sobredicha; como si el angulo de la elevacion propuesta fuere de 50. grad. se tomará el de 40. que es su complemento, y se duplicará, y será 80. grad. y con este se proseguirá lo demás. Consta del *corolario 2. prop. 27. lib. 3.* pero este trabajo se escusa con la tabla que explico en la proposicion siguiente.

PROP.



## PROP. II. Problema.

*Fabrica , y uso de la Tabla de los senos aplicados à los tiros de las bombas , ò de los trechos , ò amplitud de sus parabolos.*

**P**Ara mayor facilidad de éstas , y semejantes operaciones , y para que no sea menester recurrir à las tablas generales de los senos , Galileo , y Torricelio dispusieron la siguiente facada de aquellas , con sola esta diferencia , que los numeros que en ésta corresponden à cada grado , son los que en las tablas ordinarias corresponden al grado , ò angulo duplo del que aqui se pone; como el numero que en la tabla siguiente corresponde à 1. grado , es el que en las ordinarias corresponde al grado 2. y asì en los demàs: con lo qual se escufa el trabajo de duplicar el angulo , y tambien el de sacar los complementos , por hallarse en las dos primeras columnas los grados que son mutuamente sus complementos , cada uno del que le corresponde à su lado. La tabla es la siguiente.

## T A B L A

*De los trechos , ò amplitud de las parabolos , que describen las bombas , arrojadas por diferentes grados de elevacion.*

Grados.	Trechos.	Grados.	Trechos.
90	1 0		
89	1 349	85	5 1736
88	2 698	84	6 2079
87	3 1045	83	7 2419
86	4 1392	82	8 2556

Gra-

Grados. Trechos.

Grados. Trechos.

			o
81		9	3090
80		10	3420
79		11	3746
78		12	4067
<hr/>			
77		13	4384
76		14	4695
75		15	5000
74		16	5299
<hr/>			
73		17	5592
72		18	5870
71		19	6157
70		20	6428
<hr/>			
69		21	6691
68		22	6947
67		23	7193
66		24	7431
<hr/>			
65		25	7660
64		26	7880
63		27	8090
62		28	8290

			o
61		29	8480
60		30	8660
59		31	8829
58		32	8988
<hr/>			
57		33	9135
56		34	9272
55		35	9397
54		36	9511
<hr/>			
53		37	9613
52		38	9703
51		39	9781
50		40	9848
<hr/>			
49		41	9903
48		42	9945
47		43	9976
46		44	9994
<hr/>			
45		45	10000

El uso de esta tabla es facil , porque para conocer el trecho donde caerà una bala , ò bomba arrojada con una elevacion propuesta , se tomarà para primero termino de la regla de tres , el numero que corresponde en la tabla al angulo de la primera elevacion ; y por segundo, el que corresponde à la elevacion propuesta ; y por ter-

Gad. Altura.      Grad. Altura.      Grad. Altura:

37	1810	55	3355	73	4572
38	1896	56	3436	74	4620
39	1981	57	3517	75	4665
40	2066	58	3595	76	4708
41	2151	59	3674	77	4748
42	2238	60	2757	78	4783
43	2327	61	3825	79	4818
44	2413	62	3898	80	4849
45	2500	63	3969	81	4878
46	2586	64	4039	82	4903
47	2673	65	4107	83	4925
48	2761	66	4173	84	4945
49	2849	67	4237	85	4962
50	2934	68	4298	86	4975
51	3019	69	4352	87	4986
52	3103	70	4415	88	4998
53	3189	71	4470	89	4990
54	3273	72	4522	90	5000

## PROP. V. Problema.

*Dado el trecho que hizo la bomba por un angulo de elevacion, hallar la altura à donde subió.*

**O**peracion. Hagase esta regla de tres. Como en el numero que en la tabla de los trechos corresponde à la elevacion propuesta, se ha con el trecho dado; así el numero, que en la tabla de las alturas corresponde al mismo angulo de la elevacion, se havrà con la altura que se pide.

Exem-

*Exemplo.* El trecho por el angulo de 68. grad. en un mortero de bombas, se hallò ser 800. passos: pidefe la altura à donde llegò la bomba. En la tabla de los trechos hallo, que el numero que corresponde al angulo 68.grad. es 6947. primer termino de la regla de tres; el segundo es el trecho dado 800. busco en la tabla de las alturas el numero correspondiente à los 68.grad. y hallo ser 4298. tercero termino; y hecha la ordinaria resolucion, hallo, que la altura à donde subió la bomba, fue 494. passos, y cerca de 495. y así en los demàs.

## CAPITULO II.

DE LAS MISMAS PRACTICAS DE ARROJAR LAS BOMBAS en el nivel de las baterias, por medio de diferentes instrumentos.

**E**L modo ordinario para tirar por elevacion, y arrojar las bombas, de modo, que vengan à caer en el lugar determinado, que se pretende, es por medio de algunos instrumentos, que han discurrido varios Autores. Explicarè en las proposiciones siguientes la fabrica, y uso de los mas faciles, y proporcionados para el intento.

## PROP. VI. Theorema.

*Explicase la fabrica, y uso de la Esquadra ordinaria de los 12. puntos ratificada. (fig.44.)*

**L**A esquadra ordinaria, que consta de una quarta de circulo, dividida en 12. partes iguales, es de poca utilidad; pero Torricelio hallò modo para rectificarla; y ponerla en estado, que pueda seruir para el conocimiento, y direccion de los tiros: su fabrica es como se sigue.

Hagase la esquadra EAC de brazos desiguales, para que el mas largo AE, entre dentro del cañon, ò mortero: pongasele su cuadrante de circulo, como se ve en la figura, al qual dividian Tartalla, y otros en 12. partes

578 TRAT.XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

iguales , y cada una en 12. minutos ; pero Torricelio la divide en 12. partes desiguales , en esta forma : Divídase el semidiámetro AB , que está en el brazo mayor , por medio en F ; y hecho centro en F , descríbase con la distancia FB , el semicírculo APB : tirese la FP , perpendicular à AB , ò paralela à AC . Del punto P , levántese la PG , paralela à AB , que cortará la AC en G : divídase la recta AG en 6. partes iguales en G , H , &c. y de estos puntos , tirense paralelas al lado AB , que corte cada una al semicírculo en dos puntos , como la HK , en los puntos I , K , &c. Ultimamente , del centro A , por los puntos , ò cortes que hicieron las paralelas en el semicírculo , tirense líneas rectas , que pasando de la periferia del círculo à la del cuadrante , dividirán à este en 12. puntos desiguales , que serán los 12. puntos de la esquadra , esto es , APD señalará el sexto punto ; AIM , el quinto ; AKL , el septimo ; y así las demás . Donde se ha de notar , que si se ha obrado bien , los puntos igualmente apartados del sexto , distarán de él igualmente , y así DL será igual à DM , &c. Los números de estos puntos empezarán del brazo mas corto , como se ve en la figura .

Para poner los minutos , se dividirá cada una de las partes iguales de la AG en 12. particulas iguales ; y tirando de cada punto paralelas à la AB , cortarán el semicírculo en los dos puntos , por los quales , tirando rectas del centro A , hasta el cuadrante BDC , darán allí los minutos . En el centro A , se pondrá el perpendicular , como se acostumbra .

El uso de esta esquadra es facilísimo , porque los puntos tienen entre sí la misma proporción , que los trechos que se hicieren por ellos ; esto es , que el trecho de una pieza elevada al quarto punto , es duplo del que hace elevada al segundo , y quadruplo del que hace por el primero , así como el número 4. es duplo de 2. y quadruplo de 1. &c. Esto supuesto , se procederá en esta forma .

Puesto el brazo mayor de la esquadra dentro de la pieza , se levantará , hasta que el perpendicular cayga por el .

el punto que se quisiere dar de elevacion : luego se hará la experiencia con un solo tiro , midiendo la distancia à donde cayò la bala , y de aqui se faceràn facilmente las distancias à donde la arrojarà por los demàs puntos, echando siempre la misma carga , lo que se conseguirà con una regla de tres , como por exemplo , si la pieza elevada al segundo punto hizo un trecho de 800. passos , para saber què trecho hará por el quinto punto de elevacion , se dirà: Si 2. dan 800. què daràn 5. y se hallaràn 2000. passos, trecho que hará por el quinto punto.

Aqui se ha de advertir , que en lugar de los puntos mayores que el 6. como en el 7. 8. 9. 10. y 11. que son los que sirven para los morteros, siempre que se huviere de hacer la regla de tres sobredicha , se tomaràn sus correspondientes menores que el 6. como el 5. en lugar del 7. el 4. en lugar de 8. el 3. en lugar de 9. el 2. en lugar del 10. y el 1. en lugar del 11. Y es la razon, porque en dichos correspondientes son los trechos iguales.

Tambien , si se quisiere saber en la misma suposicion à què punto se ha de elevar la pieza , para que haga un trecho de 1500. passos, se hará esta regla de tres: Si 800. dan 2. què daràn 1500. y se hallaràn 3. y tres quartos , esto es, 3. puntos, y 9. minutos debaxo del sexto punto, ò 8. puntos, y 3. minutos sobre el mismo 6. y así en los demàs.

PROP. VII. Problema.

*Explicase, y demuestrase el fundamento de esta Esquadra.*  
(fig. 44.)

Para que se vea con claridad el fundamento de esta graduacion de la esquadra , demonstrarèmos aora, que la amplitud de la parabola hecha por el punto 6. ò con el angulo de elevacion  $\widehat{BAC}$  , tiene con la amplitud de la parabola hecha por el punto 5. ò por el angulo de elevacion  $\widehat{5AC}$  , la misma razon que tiene el numero 6. con 5. Lo qual quedará demonstrado , solo con que se demuestre , que el seno del doble angulo  $\widehat{BAC}$  , tiene con el

580 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

seno del doble angulo  $\zeta AC$ , la misma razon que el numero 6. à 5. por ser dichas amplitudes como los senos de los duplos angulos de la elevacion. Demuestrase pues esto como se sigue.

*Demonstracion.* Tiradas las rectas BP, y BIN, el angulo  $\epsilon AC$ , es igual à ABP, por ser ambos semirectos. Tambien el angulo  $\zeta AC$ , es igual à ABI, porque en el triangulo rectangulo BAN la recta AI, tirada del angulo recto A, perpendicular à la basa BN, hace los angulos ABI, IAN semejantes: (8. 6. Eucl.) tirese aora la FI; y del punto I, haga se la IS paralela à FP, y será la IS, ò su igual AH, el seno recto del angulo AFI, duplo del angulo ABI, ò de su igual  $\zeta AC$ : asimismo la FP, ò su igual AG, es el seno total, ò de 90. grad. duplo del angulo semirecto  $\epsilon AC$ ; pero AG, es à AH, como 6. à 5. luego el seno del duplo angulo  $\epsilon AC$ , es al seno del duplo angulo  $\zeta AC$ , como 6. à 5. Lo mismo se demonstrará en los demás.

PROP. VIII. Problema.

*Fabrica, y uso del semicirculo de Torricelilio.*  
(fig. 45.)

**A** Este semicirculo se le ponen dos graduaciones, como se ve en la figura. Segun la interior se divide en 180. grados; y segun la exterior, en 90. Junta se le al semicirculo una vara recta, y prolongada por un cabo, para que pueda entrar en la pieza, ò mortero; y al otro cabo, donde empiezan las divisiones, se pone un perpendicular, que señalará en la division exterior los grados del angulo de la elevacion que se le diere à la pieza, ò mortero; y en la interior, los de su duplo, de cuyos senos nos valemos para inferir los alcances de los tiros en la forma siguiente.

Haviendo medido exactamente uno de los trechos que hizo la bala, ò bomba por un cierto grado de elevacion, si se quiere saber, mediante este instrumento, el trecho que con la misma carga hará por otro qualquiera angulo, se dispondrá una regla de tres, cuyo primer termino ha de ser el seno que en la tabla general de los senos

nos corresponde à los grados que en la division interior del semicirculo corresponden à los de la elevacion que sirvió para la sobredicha experiencia. El segundo ha de ser el seno de los grados, que en la misma division interior corresponden à los de la elevacion propuesta. El tercero ha de ser el trecho conocido por la experiencia. Y el quarto será el que se desea saber.

*Exemplo.* Por una experiencia muy exacta se ha sabido, que el trecho que hace la pieza por la elevacion de 30. grados es 1500. passos: pide se quan largo será el trecho de la misma pieza elevada à los 20. grados. Pues porque los grados que en la interior division del semicirculo corresponden à los 30. son 60. cuyo seno es 8660. y los que corresponden à la elevacion de 20. son 40. cuyo seno es 6427. se dirà por regla de tres: Si 8660. dan 6427. quedaràn 1500. y se hallarà ser el trecho que se pide 1114. passos. Asimismo si se quiere saber su mayor trecho, que es el de la elevacion 45. cuyo seno es 10000. se dirà: Si 8660. dan 10000. que daràn 1500. y se hallaràn 1732. passos, trecho mayor que se pide.

Tambien si con los mismos datos se quisiere saber què elevacion se le ha de dar à la pieza, ò mortero para que haga un trecho propuesto, con tal, que no exceda al mayor, que es el de los 45. grados, se dispondrà la regla de tres, de modo, que su primer termino sea el trecho conocido por la experiencia. El segundo sea el trecho propuesto. Y el tercero sea el seno de los grados, que à la primera elevacion corresponden en la division interior. Y el quarto será el seno de los que corresponden en la misma division interior à los que en la exterior expresan la elevacion que se pide.

*Exemplo.* Con elevacion de 30. grad. arrojò la pieza la bala à distancia de 1500. passos: pide se la elevacion que se le ha de dar, para que la arroje à distancia de 1200. passos. A la elevacion de 30. le corresponden en la division interior 60. cuyo seno es 8660. Digo pues por regla de tres: Si 1500. trecho primero, dan 1200. trecho propuesto, quedarà el seno 8660. y hallio que da 6928. que



582 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

que es el seno del angulo de 43. grados, 51. min. à los quales en la division exterior corresponden 21. grad. 56. min. y èsta es la elevacion que se pide; ò tambien la de 68. grad. 4. minutos, que es su complemento à 90. y harà el mismo trecho.

Si por esta regla de tres saliere el quarto termino mayor que el seno total, serà señal que la distancia propuesta es mayor que la que se hace por el grado 45. y por consiguiente, mayor que la que se puede hacer con aquella carga. Como si se pidiese el angulo de elevacion que se ha de dar para hacer un trecho de 1800. passos, haciendo la sobredicha regla de tres, se hallarà ser el quarto termino 10392. que es mayor que el seno total 10000. de que se colige no poder la pieza, ò mortero hacer el trecho que se pide: lo que concuerda con lo que se viò arriba, que su mayor trecho que es el de la elevacion de 45. grados, es 1732.

Aqui, como hemos visto, se ha de recurrir à la tabla general de los senos, para buscar los correspondientes à los grados de la division interior; pero se escusarà este trabajo teniendo à mano la tabla de los trechos (*prop. 2.*) en la qual se hallaràn los mismos senos en correspondencia à los grados dados, ò que señalare el perpendicular en la division exterior; y assi se podrá escufar la interior en el instrumento.

Fundase todo esto en lo demonstrado en la *propof. 27. corol. 4. lib. 3.* que las amplitudes de las parabolâs, ò los trechos, tienen la razon que tienen los senos de los arcos dúplos de su elevacion. Solo añado, para mayor comprehension del instrumento, la razon porque el grado que corta el perpendicular en la division exterior es igual al de la elevacion del mortero; y es, porque la recta B30. perpendicular al plomo es la horizontal, y por consiguiente el angulo AB30. es el de la elevacion; pero este angulo por formarse en la periferia, es la mitad del angulo AD30. formado en el centro: luego el angulo de la elevacion es la mitad del angulo AB30. cuyo valor es el arco A30. que es 60. grados: luego la elevacion es 30. gra-

grados, que son los que señala en la division exterior el perpendicularo.

## PROP. IX. Problema.

*Disponer el mismo semicirculo, de modo, que no se necesite de la Tabla de los senos. (fig. 46.)*

**P**orque muchas veces podrá suceder no tener el Bombardero à mano la tabla de los senos, dispuso Torricelio el semicirculo mismo, de fuerte, que no se necesite de ella para hacer las mismas operaciones de la proposicion passada. Hacese pues en el semicirculo solamente la division exterior de su periferia en 90. grados, como se vè en la fig. 46. El radio perpendicular FC, se divide en 200. ò mas partes iguales, que se han de empezar à contar desde el centro del semicirculo: luego de cada grado, ò division de la periferia, se tiran paralelas al diametro, las quales, cortando al radio FC, van à parar en el grado, que es complemento à 90. de aquel de quien proceden.

Con esta disposicion, las porciones del radio FC, contenidas entre el centro F, y cada paralela, son iguales à los senos de los arcos, de quienes salen dichas paralelas; y como estos arcos, que se expressan con sus numeros, sean duplos de los arcos, ò angulos de la elevacion, se sigue, que dichas porciones, son los senos de los arcos, ò angulos duplos de la elevacion; y assi, para formar las mismas reglas de tres de la proposicion antecedente, bastará tomar en lugar de los senos de las tablas, aquel numero de partes iguales contenidas entre el centro F, y la paralela, que sale del punto en que cayere en qualquiera elevacion el perpendicularo, ò que terminare la elevacion propuesta: en lo demàs se observará lo mismo que alli se dixo.

CA-

## CAPITULO III.

DE LAS PRACTICAS PARA ARROJAR LAS BOMBAS,  
quando los trechos se hacen sobre, ò baxo el nivel de  
las baterias.

## PROP. X. Problema.

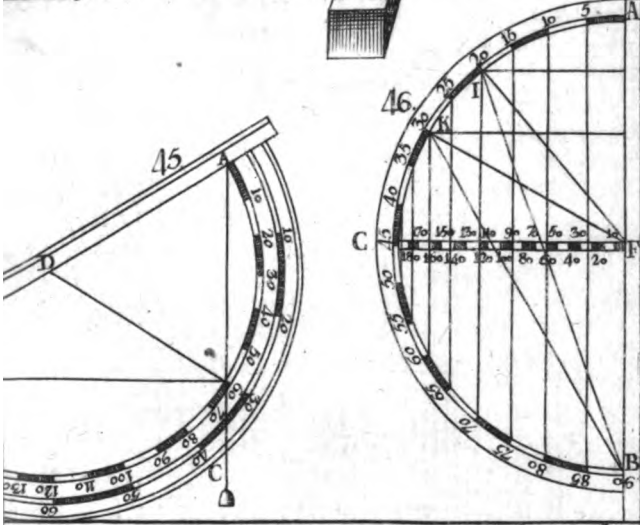
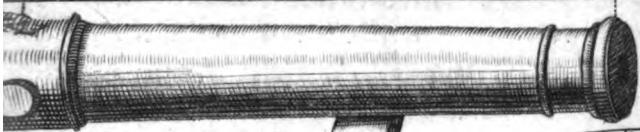
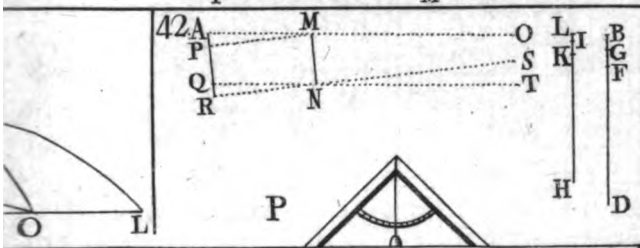
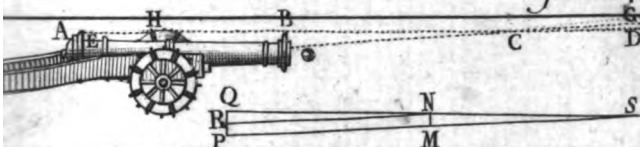
Dado el trecho de una Pieza por el grado 45. y puesta en una  
altura dada sobre el nivel de la Campaña, hallar todo el  
alcance que hará tirando por el nivel de la  
anima. (fig. 47.)

**E**xplicacion. Sea la linea AK la horizontal, ò nivel de  
la campaña; y supongamos estè una pieza elevada en  
B, sobre el dicho plano, quanta es la distancia perpendi-  
cular AB, y estè dispuesta de modo, que el nivel de la  
anima sea BH paralela à AK: pidefe la distancia AC, que  
correrà la bala hasta caer en el suelo en el punto C, supo-  
niendo sea conocido el trecho BH, que hace dicha pieza  
por los 45. grad.

*Operacion.* Multipliquese la mitad del trecho mayor  
BH, por la altura AB: saquese la raiz quadrada del pro-  
ducto; dupliquese la raiz hallada, y ferà el trecho AC, que  
se busca.

*Exemplo.* Sea la altura AB 15. pies, ò tres passos geo-  
metricos, y el trecho mayor BH sea 2079. passos, cuya mi-  
tad es 1039. y medio. Multipliquese esto por la altura 3. y  
del producto 3118. saquese la raiz quadrada, y ferà 55. pas-  
sos, cuyo duplo 110. passos, es el trecho AC, que se pide.

*Demonstr.* Supongamos, que la IB, es la sublimidad de  
la parabola, y que el movimiento horizontal de la bala  
por la BH, sea igual al adquirido en el descenso IB, segun  
lo dicho en las *proposiciones* 21. y 22. del *lib.* 3. de las qua-  
les consta, que en el mismo tiempo en que con movimiento  
acelerado se corre la IB, se corre con el equable la BH,  
dupla de IB: tomese pues BE igual à BI, y en el mismo  
tiempo en que con movimiento acelerado, empezado en  
B,



H. Ricarte sculp.

6

B, se corre la BE, se correrà con el equable la BH, ò ED dupla de BE; y con el compuelto, la parabola BCD, cuya ordenada ED, serà doble de la sagita EB.

Cortando pues esta parabola la horizontal AK en C, serà el quadrado de la ordenada ED, al quadrado de la ordenada AC, como EB; esto es, como la mitad de ED, à la altura AB; pero siendo la BG media proporcional entre EB, y BA, el quadrado de EB, tiene con el quadrado de BG, la razon misma de EB à AB: (20.6. Eucl. en el corolar.) luego el quadrado de ED, tiene con el de AC, la misma razon que el quadrado de ED, tiene con el de GB; y la linea ED à AC, serà como la linea EB à BG, y permutando ED à EB, como AC à BG; pero ED, es doble de EB, como dixe: luego AC, es doble de BG; y siendo el trecho mayor BH del gr. 45. duplo de BI, ò BE, (lib. 3. prop. 27. corolar. 5.) serà su mitad igual à la EB, y la BG serà media proporcional entre la altura BA, y la mitad del trecho mayor; pero esta media se halla multiplicando los extremos, que son la altura BA por la BE, mitad de dicho mayor trecho, y facendo la raiz quadrada del producto: luego segun la regla dada se halla bien la BG; y siendo esta la mitad del trecho AC, como dixe, si la raiz hallada, ò la BG se duplica, se tendrá el trecho AC.

PROP. XI. Problema.

*Dada la elevacion de un Mortero sobre la horizontal, y la inclinacion de un plano sobre, ò debaxo de la horizontal; y el trecho horizontal que hace el Mortero con aquella elevacion, hallar el que hace sobre el plano inclinado.*  
(fig. 48.)

**E**xplicacion. Sea AE un plano inclinado, ò sobre la horizontal AD, como en X, ò debaxo de ella, como en Z; y sea conocido el angulo EAD de su inclinacion, como tambien el angulo DAB de la elevacion del mortero; y asimismo sea dado, ò conocido por las reglas dadas el trecho horizontal AD, que hace el mortero por aquella elevacion: pidefe la distancia AC, donde caerà  
la

la bomba en el plano inclinado. Para esto son menester dos operaciones trigonometricas: la primera, para hallar la AF; y la segunda, para hallar la AC, como se figuen.

*Operacion 1. para hallar la AF.* Hagase como la tangente del angulo DAB, de la elevacion de la pieza, à la tangente del angulo DAE, de la inclinacion del plano, asi la amplitud, ò trecho AD, al segmento DF: reitese DF de la AD, si el plano tiene su inclinacion sobre la horizontal AD, como en X, ò añadase à la AD, si la tiene debaxo, como en Z, y se tendrá la AF.

*Operacion 2. para hallar la AC.* Conocido, como se supone, el angulo A, se sabe el angulo ACF: hagase pues como el seno del angulo C, al lado AF, ya conocido, asi el radio à la hipotenusa AC.

*Exemplo.* Sea el angulo DAE, sobre, ò baxo la horizontal 25. grad. y el angulo de la elevacion del mortero DAB, 43. grad. y suponiendo que el mayor trecho de este mortero por el grad. 45. sea 1732. passos, el trecho AD, por la elevacion de 43. será 1647. (3.) con esto se dispondrá la primera analogia, para hallar el segmento DF, valiendonos de los logarithmos, como se sigue.

Como la tang. del ang. DAB, 43. gr.	C. L. o. 0303441.
à la tang. del ang. DAE, 25. grad.	9. 6686725.
Asi el trecho AD, 1647. passos,	3. 2166936.
al segmento DF, 824. passos.	2. 9157102.

Restense 824. de 1647. que es la AD, si el plano està sobre la horizontal, como en X; y el residuo será la AF 823. ò añadense à 1647. si està debaxo, como en Z, y será la AF 2471.

Conocida la AF, se passa à la segunda operacion para hallar la AC; y porque en el triangulo ACF, se sabe el angulo A 25. grad. se sabe tambien el angulo C, que es 65. grad. y en la suposicion de X, será la segunda analogia.

Como el seno del angul. C, 65. gr.	C.L. o. 0427243.
al lado AF, 823. passos;	2. 9153998.
Afsi el radio,	10. 0000000.
al trecho AC, 908. passos.	2. 9581241.

La misma analogia se hace en la suposicion de Z ; solo que el segundo termino AF, es 2471. y se hallará ser su trecho AC 2726.

Si se quisiere saber la altura CF en el triangulo ACF de la figura X, se hará la siguiente analogia.

Como el seno total	C. L. o. 0000000.
à la tang. del ang. FAC, 25. gr.	9. 6686725.
Afsi la AF, 823. passos,	2. 9153998.
à la CF, 384. passos.	2. 5840723.

Afsimismo en la suposicion Z, con solo mudar en la misma analogia la cantidad de la AF, que alli es 2471. se hallará ser la CF 1151. passos.

*Demonstr.* En la disposicion X, descrita la parabola ACD, que forma la bomba arrojada por el angulo DAB, cuya amplitud es AD, levántese la DB perpendicular à la AD; y por el punto C, en que el plano inclinado corta à la parabola, levántese la FCH paralela à DB; y juntese la FE. Esto supuesto, como demuestra Archimedes, y Gregorio à Sancto Vincentio en la *prop.* 94. de la parabola AF à FD, es como HC à CF; pero como HC à CF, afsi es BE à ED: ( 2.6. Eucl. ) luego como AF à FD, afsi es BE à ED: luego ( 2.6. Eucl. ) la FE es paralela à la AB, tangente de la parabola en A: luego componiendo será BD à DE, como AD à DF: luego por la primera analogia se halla el segmento DF, y por consiguiente, la AF; y sabido este en el triangulo ACF, se sabrá por la segunda analogia, que es bien comun el trecho AC, y tambien la perpendicular CF. Lo mismo es en la construccion Z.

PROP.



## PROP. XII. Problema.

*Dada la inclinacion de un plano, sobre, ò debaxo de la horizontal, y sabidos los trechos horizontales del Mortero por diferentes elevaciones, hallar la elevacion que se le ha de dar para que la bomba cayga sobre un punto dado en el plano inclinado. (fig. 48.)*

**L**A resolucion de este problema, es mas importante que la antecedente, porque mas ordinario es buscar la elevacion que se le ha de dar al mortero para que la bomba cayga en el lugar destinado, que dada la elevacion, hallar el lugar donde vendrà à caer. Dado pues el angulo de la inclinacion del plano CAF, y linea AC, se pide el angulo DAB, que se ha de dar al mortero, para que la bomba cayga en C. El P. Dechales en la *propof. 48. lib. 2.* da la siguiente resolucion, aunque menos geometrica.

*Operacion.* Escogase una elevacion, que parezca proxima à la que se pide: y supuesto que en el triangulo rectangulo ACF en la disposicion X, se sabe la AC, y el angulo A, se hallarà facilmente la AF, y la FC. Halladas estas, se hallarà la AD, amplitud que ha de tener la parabola para que la bomba cayga en C, con esta analogia: como el exceso de la tangente de la elevacion del mortero, ò angulo DAB sobre la tangente de la inclinacion del plano, ò angulo FAC; así AF à AD: luego se examinarà por la *prop. 3.* si el alcance horizontal del mortero por aquella elevacion, se ajusta à la cantidad hallada de la AD: y si se ajustare, aquel angulo de elevacion serà el que se le deve dar al mortero, para que cayga la bomba en C; pero si el alcance fuere mayor, ò menor que la AD, se aumentará, ò disminuirà el angulo de la elevacion, hasta que concuerden entrambas cantidades. Lo mismo serà en la disposicion Z.

## E S C O L I O.

**E**sta resolucion procede por tentativa; y assi, es poco, ò nada geometrica; y aunque es suficiente para la practica,

me ha parecido, para satisfacer à los que gustan de la Geometria, añadir otro modo geometrico de resolver el problema, el qual propuso en Paris à la Academia Real de las Ciencias Monsieur Blondel, en los terminos siguientes.

## PROBLEMA.

**D**ado el triangulo ABC, ( fig. 49. ) rectangulo en B, cuya basa AB, es paralela al horizontal; y dada la semielipse AFD, cuyo menor exe AD, perpendicular à AB, es igual à la mitad del semiexe mayor EF, hallar la parabola, que pàsse por los puntos dados A, y C; y que su cuspide estè en la linea eliptica AFD.

La razon de proponerse en estos terminos, se colige de la propos. 27. del lib. 3. y de sus corolarios, en particular del ultimo, en que se demonstrò, que todas las parabolâs descritas por la bomba arrojada de un mortero con igual carga por diferentes elevaciones, tienen su cuspide en una elipse, cuyo exe mayor es quadruplo del menor. De este Problema se dieron tres resoluciones diferentes, y de cada una se infiere una regla geometrica para hallar el angulo de elevacion que arriba se propuso: aqui solo explico una de ellas, que parece ser mas facil; las demàs se pueden ver en el Autor citado.

## Resolucion del Problema.

**V**ease la fig. 50. en la qual el plano inclinado es AC, la horizontal AB; y la altura perpendicular à donde subiria la bomba es AD. Esto supuesto, tirese la DR paralela, è igual à la mitad de AB: partase por medio en V; cortese la DY igual à la altura BC, y tirese la YR. Del punto R saquese la RQ perpendicular à YR, que cortará à la AD prolongada en Q. Tirese de Q por V la QS, la qual, ò tocará, ò cortará al semicirculo, cuyo diametro es AD, en los puntos G, G. Si el problema es posible, tirese por los puntos G, G, las rectas IGH paralelas à AB, que cortarán la elipse en H, y estos serán los puntos de las dos parabolâs, que pasarán por el punto C; una sobre el gr. 45. y otra debaxo, cuyo parametro será el quadruplo de la ID. Todo lo qual clara-

ra-

590 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.  
ramente se ajusta à lo demonstrado en la *propof.* 26. y 27.  
del *lib.* 3. De aqui se infiere la regla siguiente.

### R E G L A:

*Por la qual se halla el angulo de elevacion GAB, para que la bomba cayga en C.*

**T**omefe la mitad de la horizontal AB, y quadrese, multiplicandola por si misma : partase este quadrado por la altura perpendicular BC, y añadase al quociente la quarta parte del mayor trecho, que es el de 45. grad. 2. Hagase aora como esta quarta parte, à esta suma, así el seno del angulo de la inclinacion del plano BAC, al seno de un otro angulo, el qual se añadirà al de la inclinacion del plano ; y esta suma será el duplo del angulo de la elevacion del mortero, que se desea.

*Exemplo.* Sea el angulo BAC de la elevacion del plano 15. gr. la perpendicular CB, 83. passos : la longitud horizontal AB, 310. passos : y el trecho mayor del mortero por el grado 45. sea 600. passos. Pídesse el angulo de elevacion que se ha de dar al mortero para que desde A ponga la bomba en un castillo, ò montaña C. Tomo pues la mitad de la distancia horizontal AB, que es 155. cuyo quadrado es 24025. Parto este quadrado por la altura perpendicular BC 83. passos; y es el quociente 289. al qual añado 150. quarta parte del mayor trecho, y es la suma 439. Digo pues aora : como aquella parte 150. à esta suma 439. así el seno del angulo BAC 15. gr. al seno de 49. gr. 14. min. y de su complemento à dos rectos 130. gr. 46. min. junto aora los 15. gr. al uno, y al otro ; y tengo 64. grad. 14. min. y 145. gr. 46. min. cuyas mitades 32. gr. 7. min. y 72. gr. 53. min. son los angulos de la direccion del mortero que se pide : y por qualquiera de ellos hará caer la bomba en C, como la fuerza con que se arroja sea bastante para llevarla à 600. passos por el grado 45. el qual punto C esté elevado sobre el nivel de las baterias 83. passos, y distante segun la horizontal 310. passos.

*De-*

*Demonstr.* Por construcción la DA, es la mitad de AB; y siendo DV mitad de DR, será DV la quarta parte de AB; y serán tres continuas proporcionales AB, DR, DV: y por configuiente el quadrado de DR, será igual al rectangulo hecho de AB, y DV; pero por ser el angulo YRQ recto, es la DR tambien media proporcional entre QD, DY: ( 8. 6. Eucl. corol. 1. ) luego el mismo quadrado DR, es igual al rectangulo YDQ; esto es, al rectangulo hecho de QD, y BC, por haverse hecho la DY igual à BC: lugo los dos rectangulos AB, DV, y QD, BC son iguales: luego ( 14. 6. Eucl. ) tienen los lados reciprocos; esto es, AB à BC, como QD à DV: y siendo los angulos D, y B rectos, los triangulos ABC, QDV son semejantes, y el angulo DQV, es igual al angulo BAC del plano.

Siendo pues el quadrado DR, igual al rectangulo hecho de QD, BC, si se parte dicho quadrado de la DR, mitad de la horizontal AB, por la altura BC, se tendrá la recta QD; y añadiendole la DE, quarta parte del mayor trecho, se tendrá toda la QE; y en el triangulo QEG, será como EG, quarta parte del mayor trecho, à toda la QE: así el seno del angulo EQG, igual al de la inclinacion del plano, al seno del Angulo EGQ, que junto con el del plano EQG, es igual al angulo AEG; y como éste sea formado en el centro, es duplo del ADG, hecho en la circunferencia, ù de su igual BAG: ( 32. 3. Euc. ) luego tomando la mitad de la suma de los dos angulos DQG, EGQ, se tiene el angulo BAG, que se pide.

## COROLARIO.

**D**E lo dicho se infiere, que el angulo S, es recto; porque el angulo AQS, es comun à los dos triangulos DQV, AQS; y si del recto BAQ, se quita BAS, igual al angulo AQS, el residuo SAQ, es igual al angulo DVQ: luego el angulo S, es tambien igual al angulo D recto.

PROP.

## PROP. XIII. Problema.

*En el mismo caso, hallar la elevacion que se le ha de dar al Mortero, por el semicirculo rectificadado de Torricelio. (fig. 51.)*

**L**A disposicion de este semicirculo, es la misma que se explicò en la *proposicion 9.* solo se añade la tangente DB, igual à EF, y dividida de la misma manera; y además del plomo pendiente en A, ha de haver un hilo, que pueda correr por sobre la DB, y estenderse de alli por todos los grados del semicirculo.

El uso de este instrumento para el caso presente, es este. Cuentense en la periferia del semicirculo los grados de la inclinacion del plano, como de A à M; y aplicando el hilo desde D à M, cortará la EF en H; y las partes contenidas en EH, se contarán, y se hará una regla de tres, como el mayor trecho, à la distancia horizontal dada, así la DB, al quarto proporcional, el qual se señalará sobre la DB, y sea DV; y tambien sobre EF, y sea EI. Tomense aora de I à L, àzia F, (si la inclinacion es sobre el horizonte) ù de I à N, àzia E, (si es debaxo) tantas partes, quantas hay de E à H; y tirese el hilo desde V, por los puntos L, ò N, el qual tocará al circulo, si no huviere mas que una solucion, ò le cortará en dos puntos, como G, y Q, ò O, y P, si huviere dos soluciones, y no tocara en alguno, si el problema fuere imposible; y los puntos G, Q, si la inclinacion del plano es àzia arriba; ù O, P, si es àzia abaxo, serán los que se piden: de fuerte, que metiendo el brazo largo DC, dentro del mortero, y dirigiendole de modo, que el plomo pendiente de A, cayga sobre G, ò Q, ò sobre O, ò P, la bomba arrojada caerá en el punto del plano inclinado, que se pretende. El fundamento de esto, viene à ser el mismo que el de las practicas siguientes. Vease Monsieur Blondel, *part. 3. lib. 7. cap. 1.*

GA-

## CAPITULO IV.

DE LA APLICACION DE LA PANTOMETRA A LA  
*Bombarderia.*

**L**A pantometra, es un instrumento muy universal, y manejable, cuya fabrica, y uso expliquè en el *lib. 8. cap. 2.* de la Geometria Práctica; y si el Bombardero le sabe manejar, podrá, sin necessitar de tablas, ni de otro instrumento, mas que de un compàs ordinario, servirse de èl para arrojar las bombas sobre qualquier plano, estè, ò no, en el mismo nivel de las baterias, como lo explican las proposiciones siguientes.

## PROP. XIV. Problema.

*Dado, ò sabido por experiencia el trecho que hace un Mortero por un angulo dado, hallar por la Pantometra el trecho que hará por otro qualquier angulo.*  
(fig. 52.)

**U**N mortero, por el angulo de elevacion  $\text{QAC}$  de  $21$ . grad. hace el trecho  $\text{AQ}$  de  $400$ . passos: pide èl trecho  $\text{AO}$ , que hará con la elevacion  $\text{QAH}$  de  $30$ . grados.

*Operacion.* Tomese en la linea de las cuerdas de la pantometra la distancia, ò cuerda de  $84$ . gr. que es el quadrulo de los  $21$ . Tomense aora  $100$ . que es la quarta parte de  $400$ . (por no tener tantas en el instrumento la linea de las partes iguales) y à los puntos  $100$ .  $100$ . de estas lineas pliquese transversalmente la cuerda que se tomò. Quadruliquese el angulo propuesto de  $30$ . grados, y ferà  $120$ . grad. y tomando su cuerda en la pantometra, sin abrirla, ni cerrarla, vease à què puntos de las partes iguales se justa transversalmente; y supongo se halle veuir à los puntos  $130$ .  $130$ . cuyo quadruplo es  $520$ . passos, y este es el trecho  $\text{AO}$ , que hará el mortero por el angulo propuesto de  $30$ . gr.

594 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

*Demonstr.* (27. lib. 3.) Los trechos AQ, AO, tienen entre sí la razón de las rectas DC, HF, que son los senos de los ángulos ALC, ALH, duplos de los de la elevación QAC, QAH; pero dichos senos tienen entre sí la misma razón que sus duplos, que son las cuerdas del duplo de los mismos ángulos ALC, ALH: luego tomando dichas cuerdas en la pantometra, y prosiguiendo la operación, se hallará el cuarto proporcional AO. Consta del lugar citado de la Geometría Práctica.

PROP. XV. Problema.

*Dado el trecho, que por una elevación hace el Mortero, hallar por la Pantometra el ángulo de elevación, que se le ha de dar para que haga otro trecho, dado en el mismo nivel de las baterías.*

**P**OR el ángulo 21. de elevación, hace un mortero el trecho de 400. pasos: pídesse, qué elevación se le habrá de dar para que arroje la bomba à distancia de 520. pasos en el mismo nivel de las baterías.

*Operación.* La cuerda de 84. grad. que es el cuadruplo de los 21. aplíquese transversalmente sobre los puntos 100. y 100. de las partes iguales; y en la pantometra así abierta, tomése la distancia que hay de 130. à 130. que es la quarta parte de 520. la qual pongo sobre la línea de las cuerdas, y veo me da la de los 120. grad. cuya quarta parte 30. ò su complemento 60. son los ángulos de elevación que se piden. Tomense los puntos 130. 130. quatro de 520. por haverse tomado para abrir la pantometra los puntos 400. 100. quarta parte del trecho 400.

Toda la operación consta de lo dicho en la Geometría Práctica. cap. 2. por no ser otra cosa, que buscar una quarta proporcional à las tres siguientes: la primera, 400. pasos; la segunda, 520. pasos; la tercera, la cuerda de 84. gr. que es el quadruplo del ángulo dado 21. gr. y se halla la quarta, que es la cuerda del ángulo 120. gr. quadruplo del que se busca, que es 30. grad.

PROP,

## PROP. XVI. Problema.

*Hallar por la Pantometra el angulo que se le ha de dar al Mortero para los trechos, que eñian sobre, ù debaxo de el nivel de las baterias.*

**R**egla. Tomese en la linea de las partes iguales la longitud del mayor trecho, y apliquese en ella transversalmente la distancia horizontal, tomada en la misma linea; y conservando esta abertura de la pantometra, tomese en la misma linea de las partes iguales la cuerda del duplo, angulo del complemento de inclinacion que tiene el plano; y à la que le corresponde transversalmente, juntese la cuerda del duplo del mismo angulo, y este agregado serà la cuerda de un angulo, à cuya mitad, y à su complemento à dos rectos, si se añade el angulo de inclinacion del plano, se tendrá el duplo de los angulos que se piden. Todo se hará claro en los exemplos siguientes.

*Exemplo 1. en un trecho sobre el nivel de las baterias.* Sea el mayor trecho de un mortero 600. passos; y la distancia horizontal correspondiente al lugar elevado donde ha de caer la bomba, sea 310. passos; y el angulo de la inclinacion del plano sobre el nivel, sea 15. grad. Pídesse el angulo de elevacion, para que la bomba cayga en el punto sobredicho correspondiente al cabo de los 310. passos de la horizontal.

*Operacion.* Porque el mayor numero de las partes iguales, que hay en la pantometra, no suele ser mas que 200. que es el tercio de 600. passos del trecho mayor, tomo sobre la dicha linea 103. partes, y un tercio, que es el tercio de la distancia horizontal, y aplico esta distancia transversalmente sobre los puntos 200. 200. tomo despues la longitud de la cuerda de 150. grad. duplo de 75. que es el complemento de 15. angulo del plano, y la pongo à lo largo sobre la linea de las partes iguales, y tomo la transversal de los puntos à que corresponde; y poniendo à parte esta transversal, le añado la cuerda de



596 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

30. grad. duplo de los mismos 15. y este agregado es la cuerda de 98. grad. 30. min. cuya mitad es 49. grad. 15. min. y su complemento à dos rectos es 130. grad. 45. min. añado à uno, y otro 15. grad. y tengo 64. grad. 15. min. y 145. grad. 45. min. cuyas mitades 32. 7. min. y med. y 72. 52. min. y med. son los angulos de direccion del mortero, que se piden.

*Exemplo 2. en un trecho baxo el nivel de las baterías.*  
 En las mismas suposiciones, despues de haver abierto la pantometra, de modo, que la longitud de 103. partes, y un tercio, que es el tercio de la horizontal, sea la transversal de los puntos 200. 200. de la linea de las partes iguales, que son el tercio del mayor trecho; y habiendo aplicado sobre la misma linea la cuerda de 150. grad. duplo de 75. complemento de 15. angulo del plano, se quitarà de la transversal correspondiente, la longitud de la cuerda de 30. grad. duplo del mismo angulo del plano, y la resta serà la cuerda de 28. grad. 50. min. quiten se de èste 15. grad. y la resta es el angulo de 13. grados, 50. min. y su complemento à dos rectos 166. grad. 10. min. Tomele agora la diferencia, así del uno, como del otro, à 15. grad. esto es, restense 13. grad. 50. min. de 15. grad. y 15. grad. de 166. grad. 10. min. y la resta 1. grad. 10. min. y 151. grad. 10. min. son los angulos, cuyas mitades 35. min. y 75. grad. 35. min. son los angulos que se piden.

*Demonstr.* Sea en la fig. 53. AD la mitad del mayor trecho; DV la quarta parte de la distancia horizontal; y supongamos sea el angulo BAG el de la elevacion del mortero, como BAC el de la inclinacion del plano: hagase el angulo AER igual al angulo BAC, y continuentè las rectas VD, RE hasta O: tirese la VGS, la qual por el corolario de la *propos.* 12. serà perpendicular al plano AC, y por consiguiente paralela à OR. De V, y G, tirentè las VP, GQ perpendiculares à OR, y tirentè la HIK paralela à VO.

Esto supuesto, siendo ED seno total, es HI seno del angulo HEI de la inclinacion del plano; y FI seno de su com-

complemento, ù del angulo EHI: y siendo ED el quarto del trecho mayor, así como tambien DV es el quarto de la distancia horizontal; se sigue, que DE à DV, es como el mayor trecho, à la distancia horizontal; pero como DE à DV, así es EI à IK: luego como EI à IK, así es el mayor trecho, à la distancia horizontal: y siendo EI el seno del angulo EHI, complemento del angulo del plano, el duplo de EI será la cuerda del duplo de dicho angulo, y por configuiente será, como el mayor trecho, à la distancia horizontal, así esta cuerda al duplo de IK, à quien si se añade, ò quita el duplo de HI, esto es, la cuerda del duplo angulo HEI del plano, se tendrá el duplo de la recta HK, ù de GQ, que como luego probaré, es su igual; y este duplo será la cuerda del duplo angulo GER, y de su complemento al semicirculo, conque quedará conocido el angulo GER, y su complemento; y añadiendoles el angulo AER de la inclinacion del plano, se tendrá el angulo AEG, y el otro sus correspondientes, cuyas mitades son los angulos que se buscan: porque el angulo ADG, formado en la periferia, es (20. 3. Eucl.) la mitad del angulo hallado AEG, formado en el centro; pero el angulo BAG de la elevacion del mortero, que se busca, por formarle la tangente BA, con la secante AG, es (32. 3. Eucl.) igual al angulo ADG, hecho en el segmento alterno: luego el angulo BAG, es la mitad del angulo AEG. Lo mismo se convence del otro su correspondiente.

Que la HK sea igual à la QG, se prueba, porque OV es à HK, como DE, ò HE à EI; pero como HE à EI, así es OV à VP, por ser semejantes los triangulos HEI, OED, y OVP: luego la misma razon tiene OV à HK, que à VP: luego HK, y VP son iguales; pero VP es igual à GQ, por ser entrambas perpendiculares à las paralelas PQ, VG: luego HK es igual à QG.

Por la razon arriba dicha, para hallar el duplo de IK por la pantometra, hemos inquirido la quarta proporcional à las tres cantidades; es à saber, al mayor trecho, à la distancia horizontal, y à la cuerda del duplo an-  
gu-

398 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

guio EHI, complemento de HEI, angulo del plano; y despues, añadiendo, ò quitando al duplo de IK la cuerda del duplo del mismo angulo HEI, esto es, el duplo del seno HI, hemos hallado el duplo de HK, ò de su igual GQ; esto es, la cuerda del duplo angulo GER, y mediante este angulo, hemos hallado todo lo demás.

PROP. XVII. Problema.

*Dirigir el Mortero con la Pantometra.*

EL modo de dirigir, y elevar el mortero con la pantometra es muy facil; porque sabido el angulo de la elevacion que se le ha de dar, se abrirà la pantometra, de modo, que sus dos brazos formen dicho angulo, lo qual se conseguirà, tomando en la linea de las cuerdas la del sobredicho angulo, y aplicandola tranſvertalmente sobre los puntos 60. 60. Hecho esto, se pondrà el un brazo de la pantometra sobre el mortero, de modo, que estè paralela à su anima, y el juego de los brazos àzia la boca del mortero, el qual se irà levantando hasta que el otro brazo quede bien à nivel con la horizontal, como se vè en la fig. 54 para lo qual se valdrà el Bombardero de un nivel pequeño: con esto quedará el mortero elevado con el angulo que se pretende; y esto tanto, que el tiro haya de ser en el mismo nivel de las baterias, como sobre èl, ò debaxo.

Pero si se quisiere, para mayor seguridad, que el brazo exterior de la pantometra no quède à nivel, si que por èl se apunte el blanco, ò lugar donde se dirige la bomba, añadiendole unas pinulas, se obrará de esta suerte. 1. Haviendo de ser el tiro sobre el nivel de las baterias, el angulo hallado para la elevacion del mortero se disminuirà, quitandole el angulo del plano; y abriendo la pantometra, de forma, que sus brazos comprehendan el angulo residuo, se pondrà el un brazo, como antes, paralelo à la anima, y se irà levantando el mortero hasta que por el otro brazo se descubra el blanco donde ha de caer la bomba. Como en el exemplo 1. de la proposiciou

an-

antecedente, quitando 15. grad. de 32. grad. 7. min. y med. y de 72. grad. 52. min. y med. quedan 17. grad. 7. min. y med. y 57. grad. 52. min. y med. y tomando con el compás ordinario la cuerda de qualquiera de estos angulos, se aplicará transverfalmente en los puntos 60. 60. de las lineas de las cuerdas; y poniendo el un brazo de la pantometra así abierta, paralelo à la anima del mortero, y levantandole hasta que por el otro se descubra el blanco, quedará dirigido, como se pretende, como se ve en la *fig. 55.*

2 Si el lugar donde se dirige la bomba estuviere debaxo el nivel de las baterias, como en el exemplo 2. de la proposicion antecedente, en lugar de quitar de los angulos hallados de elevacion el angulo del plano, que alli es 15. grad. se añadirá, y en lo demás se obrará de la misma manera. Véase la *fig. 56.*

La razon de este modo de dirigir con la pantometra el mortero, se ve claramente en la *fig. 57.* porque en el num. 1. donde el brazo exterior CD, se pone à nivel, por ser el angulo CDE, igual à su alterno EAB, queda elevado el mortero AF, con el angulo EAB; pero si se quiere descubrir por el brazo CD, el objeto que esté sobre el nivel horizontal, como en el num. 2. el angulo CDE de la pantometra abierta, segun es menester, para que quedando el mortero con su devida elevacion, se descubra por CD el objeto sobredicho, es menor que el angulo BAD de la elevacion del mortero; y mayor quando el objeto está debaxo la horizontal, como en el num. 3. y así, aquel defecto, como este exceso, es igual al angulo BAG de la inclinacion del plano, como se ve en la figura; y así, es menester restarle en el caso primero, y añadirle en el segundo.

## CAPITULO V.

DE OTRO INSTRUMENTO UNIVERSAL PARA ARROJAR  
las Bombas.

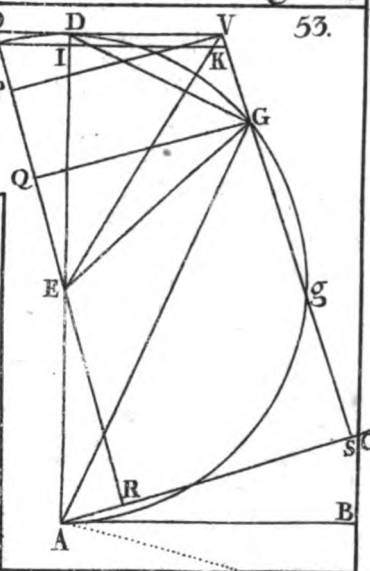
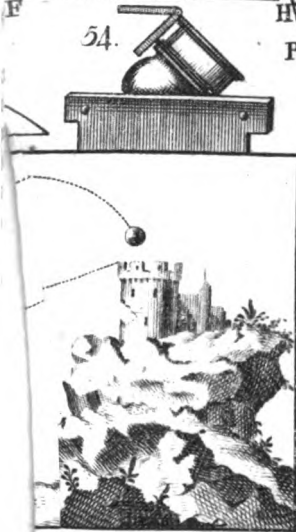
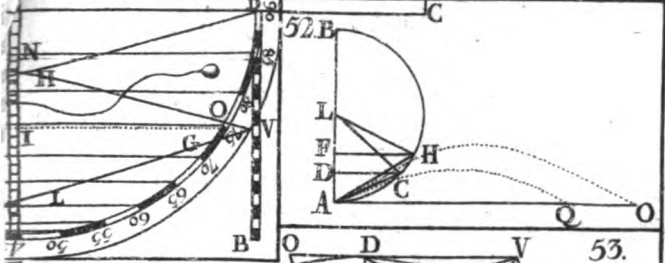
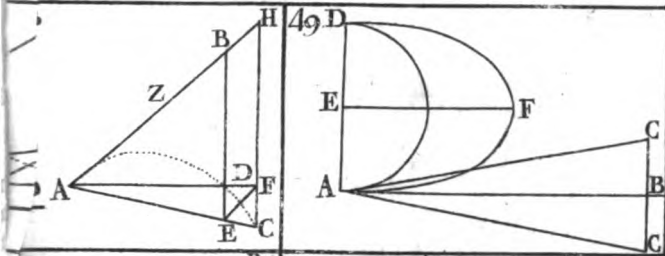
**L**lamase *universal* este instrumento, por servir para arrojar las bombas en qualquiera disposicion de las baterias; esto es, tanto que el objeto esté en su mismo nivel, como sobre él, ù debaxo. No he querido omitir su explicacion, por la mucha facilidad, y expedicion de su práctica. El fundamento en que consiste, viene à ser el mismo que el de los antecedentes, por lo que omito su especial demonstracion, que podrá ver el curioso en Monsieur Blondel, *part. 3. lib. 8.*

## PROP. XVIII. Problema.

*Fabrica, y uso de este instrumento universal. (fig. 58. y 59.)*

**H**Agase un circulo de materia solida, y de competente magnitud, como ADG, (*fig. 58.*) y al cabo de su diametro AG, se pondrà fixa la regla AE perpendicular à dicho diametro, è igual al mismo, la qual se dividirà en un numero grande de partes iguales. Por toda esta vara ha de poder correr el perpendicular CO, de modo, que se pueda colocar en qualquiera punto de A à E.

El uso de este instrumento, es facil; porque conocido el mayor trecho que hace el mortero, la distancia horizontal, y el angulo de la inclinacion del plano, se hallará la elevacion que se le ha de dar al mortero, en esta forma: Como el numero de pasos, ò toises, &c. del mayor trecho, al numero de las mismas medidas contenidas en la mitad de la distancia horizontal; así el numero de las partes iguales, en que està dividida la regla, à un otro numero. Este numero hallado, cuentele en las partes de la vara desde A àzia E; y donde terminare, como por exemplo en C, pongase el perpendicular. Hecho esto, dispongase el instrumento, de fuerte, que la vara AE se dirija al  
lu-



H. Riccio sculp.



lugar donde se quiere arrojar la bomba; y el hilo entonces, ò tocarà la periferia, ò la cortará en dos puntos, ò no la tocará: si la toca, havrá una sola solucion; si la corta en dos puntos, havrá dos soluciones; y ninguna, si cayere fuera. Tírense pues las líneas del punto A, por los puntos en que tocara, ò cortare el hilo la periferia, y segun estas líneas, se dirigirá el mortero.

Como en la *fig. 59.* en que la bomba ha de caer en D en el mismo nivel de las baterias, dirigida la regla EA por la AD, corta el perpendicular CO, al circulo en los puntos b, b; y tiradas las Ab, Ab, se dirige por qualquiera de ellas la anima del mortero, y qualquiera direccion pondrá la bomba en D. Lo mismo es en la *fig. 60.* donde el punto D está sobre el nivel de las baterias, y en la *fig. 61.* donde está debaxo.

## PROP. XIX. Problema.

*Disponer este mismo instrumento de otro modo mas facil.*  
( *fig. 62.* )

**H**agase de laton, ò otra materia semejante, un cuadrante ABC, cuyo arco se dividirá en 90. grad. El semidiametro AB, se dividirá en tantas partes iguales, como passos, toises, &c. tiene el mayor trecho de aquel mortero, à quien ha de servir el instrumento. Dispongase el perpendicular EF, que pueda correr por todo el semidiametro AB; y dividiendo el otro por medio en R, con la distancia RA, se describirá el semicirculo AGHC; ponganse en AB unas pinulas, y quedará perficionado el instrumento.

Su manejo es como el del antecedente, y aun mas facil. Sea en la *fig. 63.* por exemplo el blanco M, donde se ha de echar la bomba, y sea su distancia AM 1268. passos: pongase el hilo del perpendicular EF en el semidiametro AB, sobre el numero de la mitad de la distancia AM, que son 634. passos, que será en E. Hagase punteria por las dioptras BA, al blanco M, y notense entonces en el semicirculo los dos puntos en que le cortare el hilo del per-



302 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c:

perpendicular, que seràn G, H; y tirando las rectas AGN, AHL, por los dichos puntos: vease en la periferia del cuadrante, que grados tienen los angulos BAL, BAN, y con qualquiera de los dos que se dà à la elevacion del mortero, caerà la bomba en el blanco M.

Si el blanco estuviere debaxo el nivel de las baterias, como en Q, (fig. 64.) ò sobre dicho nivel, como en P, (fig. 65.) se obrarà con la misma facilidad, haciendo en todo caso la punteria por las dioptras BA, à los blancos Q, y P; y notando los puntos en el semicirculo, y los grados en el cuadrante AC, y acomodando el mortero à tal elevacion, y dirigiendole al blanco Q, ò P, darà en el la bomba.

APEN-

# APENDICE.

DESPUES DE CONCLUIDO ESTE Tratado , me ha parecido añadir los Problemas siguientes, cuya noticia juzgo serà no menos provechosa que gustosa à los Professores de la Artilleria.

## PROBLEMA I.

*Fabricar una Escopeta que se cargue con viento en lugar de polvora.*

**D**iferentes modos han discurrido los Autores de escopetas de viento , en que sin mas carga que el ayre violentamente compresso dentro de un cañon , al darle con prontitud la salida , se arroja la bala con tanta , y aun con mayor furia que en las escopetas ordinarias las despide la polvora. Proviene esta fuerza de la virtud elastica , de que se habló al principio de este tratado , con la qual los cuerpos compresos , y reducidos por fuerza à menor espacio del que su naturaleza pide , se mueven para recobrar su conatural extension. El P. Kirker en el *lib. 3. de Arte Magnetica part. 2. cap. 3.* trae un modo de fabricar dichas escopetas. El P. Merfeno en sus *Phenomenos Pneumaticos* en las *propof. 32. y 33.* trae dos modos. Otros dos describe el Obispo Caramuel , en su *Mathefi , part. 2. propof. 81.* pero de estos, y otros mas que se han discurrido , bastará explicar aqui los dos siguientes , de los quales , el primero es con poca diferencia el del P. Kirker ; y el segundo , del P. Francisco Tercio de Lanis en el *tomo 2. del Magisterio Nature , & Artis , trat. 1. lib. 5. cap. 3. artificio 16.*

Los

864 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA, &c.

Los demás les puede ver el curioso en este Autor, y en los demás citados.

*Modo 1.* (fig. 66.) Hagase de hierro, bronce, ò otra materia solida un cañon con las tres divisiones LA, AV, VD; de las cuales la primera LA sirve para cargar; la segunda AV, es la recamara, ò receptaculo donde se encierra el ayre compresso; y la tercera VD sirve para arrojar la bala, ò saeta, que uno, y otro se puede arrojar con notable efecto. El embolo LKI se formará de esta manera: al cabo del hierro LK, y à su contorno, se ajustará un pedazo cilindrico de hierro, ò madera, cubierto con vaqueta, ò otra cosa semejante, que venga de tal fuerte ajustado al cañon, que no pueda el ayre hallar salida por sus lados: en su extremidad I, se adaptará una valvula, ò ventanilla que abra àzia A, y cierre àzia K; de cuyo agujero ha de baxar un conducto hasta K, con esto apretando el embolo àzia A, se cerrará la valvula, y se abrirá al sacarle, para que por aquella puerta se introduzga nueva porcion de ayre.

El segundo receptaculo AV, tendrá en N otra valvula dispuesta, de modo, que quando el embolo LI se mueve contra A, se abra àzia V, y al sacarle se cierre, sin permitir que el ayre que una vez entrò en el receptaculo AV pueda salirse: y el grifo, y llave PV ha de estar tambien muy ajustada, para que no permita respiradero alguno al ayre encerrado en AV. Repitiendo pues el movimiento del embolo diferentes veces, ya sacandole, ya bolviendole àzia A, se irá metiendo el ayre en el receptaculo AV, donde quedará muy comprimido. Hecho esto, pongase dentro del cañon DV una bala, ò saeta: y bolviendo con presteza la llave P, el ayre compresso para dilatarse, saldrá con suma velocidad por el cañon VD, arrojando con gran furia la bala, ò saeta, y formando un pequeño estallido.

*Modo 2.* Hagase de hierro, ò otra materia firme el cañon AB, como bastantemente le expresa la *figura 67.* el qual por dentro estè torneado con estrias concavas à modo de rosca, en que ajusten perfectamente las convexas de la rosca KG. Entrando pues esta bien ajustada dentro

tro

tro del cañon, todo el ayre que antes havia en AC, se reducirà al pequeño lugar DEC, con que padecerà una gran compresion; y al passo de ella ferà la furia, con que buelta la llave C, arrojarà la bala, ò faeta por el cañon CB.

## PROBLEMA II.

*Disponer un cañon, que sin polvora, ni compresion de ayre arroje las balas, ò granadas à muy distante trecho. (fig. 68.)*

**E**Ste instrumento discurrió el P. Lanis, y le trae en el tomo 1. trat. 3. cap. 4. probl. 3. y es como se sigue. Hagase de acero, que sea puro, y muy bueno, un muelle FM, que sea muy fuerte, y enroscado en forma espiral; èste se ha de encerrar dentro de un cañon IH de hierro, ò bronce, cuyo cabo I se unirá firmemente à un lado de la basa de dicho cañon, como en I; y el otro cabo M del muelle, se unirá con una quasi media esfera, que por arriba sea concava, y por abaxo sea convexa, como se ve en la figura: la concavidad de esta media esfera ha de ser capaz de recibir la bala, ò granada que se pretende arrojar; y en su parte convexa, como en M, se pondrà una argolla de hierro, donde se ate la cuerda MF, la qual ha de passar por un agujero F, hecho en el fondo del cañon, para que rollandose en el exe QP, se pliegue, y comprima el muelle al fondo del cañon: rodando pues las ruedas, y exe QP, se complicará el muelle, y baxará juntamente la bala: con esto quedará dicho muelle con una violentissima compresion, y apenas se le dará libertad, se restituirà à su estado conatural, con tal fuerza, que arrojarà la bala, ò granada con gran velocidad à muy distante trecho. El modo de tener el muelle complicado, y de disparar la maquina, se podrá disponer como en las ballestas.

PRO,

## PROBLEMA III.

*Dado el lado de un monton ordenado de balas , hallar la suma de todas.*

**E**S ordinario estilo disponer las balas de artilleria en montones piramidales , quadrilateros , ò triangulares , assentando unas sobre otras , de forma , que las superiores se coloquen en los angulos de contingencia de las inferiores : de que se sigue , que las series que forman los lados , se van excediendo en la unidad ; esto es , el lado de la serie inferior tiene una bala mas que el lado de la inmediata superior , y èste una mas que el de la siguiente , y así en los demás , hasta terminar en la unidad. De esto se infiere , que si la basa de la piramide , ò monton es quadrada , se compone de muchos quadrados , cuyos lados , ò raices se exceden en la unidad , y tantos en numero como hay unidades , ò balas en el lado del quadrado inferior ; y si la basa es quadrilonga , es todo el monton una serie de quadrilongos , cuyos lados correspondientes se van excediendo en la unidad ; y son tantos , quantas unidades , ò balas en el lado menor inferior : y si la basa es triangulo equilatero , todo el monton se compone de progresiones arithmeticas naturales , cuyo mayor termino en cada una , excede al de su inmediata en la unidad : conque el monton es una progresion de tantas progresiones , quantas hay unidades en el lado de la planta , menos la unidad.

Aqui se ve claramente , que en la piramide quadrada si se multiplica cada lado por sí mismo , y se suman los quadrados producidos , se tendrá el numero de las balas que la componen ; y si es quadrilonga , si se multiplica en cada serie el lado mayor por el menor , y se suman los productos , se tendrá el numero de todo el monton ; y si es triangulo , si se suma cada progresion , y despues todas juntas , se tendrá la suma de todo : pero porque este modo de obrar es prolixo , se procederá con grande atajo por las reglas siguientes.

*Dada*

- 1 *Dada una serie de cuadrados desde la unidad, cuyas raíces se excedan en la unidad, hallar la suma.*

*Operacion.* Sumese el lado del quadrado mayor con el lado del otro quadrado mayor, que inmediatamente le seguiria al sobredicho, y guardese la suma: multipliquense los lados sobredichos entre sí; y el producto, multipliquese por la suma que se reservò. Partase el ultimo producto siempre por 6. y el quociente será la suma que se pide.

*Exemplo.* Sea la serie de los quadrados 1. 4. 9. 16. 25. 36. 49. 64. 81. 100. que componen un monton de balas: sus raíces son 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. que se exceden en la unidad. El lado del quadrado mayor, es 10. el que se le seguiria inmediatamente, es 11. la suma de entrambos, es 21. que se reserva. Multipliquense los mismos lados 10. por 11. y es el producto 110. multipliquense 110. por 21. que se reservaron, y es el producto 2310. que partido por 6. da en el quociente 385. y esta es la suma de dicha serie, y la de todas las balas que se dispusieren en forma de piramide quadrada, dandole 10. balas à la basa por lado.

- 2 *Dada en numeros una serie de quadrilongos, cuyos lados desde los que forman linea successivamente se excedan en la unidad, hallar la suma.*

*Operacion.* Saquese por la regla sobredicha la piramide de balas, que tiene por basa el quadrado del lado menor de la basa de toda la piramide propuesta, y guardese à parte. Hecho esto, dicho lado menor de la basa restese del lado mayor de la misma, y reservese el residuo: al mismo lado menor sobredicho añadasele la unidad; y esta suma multipliquese por la mitad del numero de los terminos, el qual numero, siempre es igual al lado menor de la basa: multipliquese este producto por el residuo arriba dicho, que se guardò à parte. Sumese este nuevo producto con la piramide quadrada que se sacò al principio, y la suma será la de las balas que se desea.

*Exemplo.* Sea un monton piramidal de balas, cuya basa sea quadrilonga, y su lado mayor tenga 15. balas

y

y el menor 10. Saquese pues la serie de 10. quadrados, de los quales, el mayor tiene 10. de lado, lo que se hará por la regla arriba dicha, y se hallará ser 385. como antes. Quitado el lado menor 10. del mayor, que es 15. sobran 5. que refervo: al mismo lado menor 10. añado le 1. y es 11. Multiplico 11. por la mitad del numero de los terminos, que es 5. y es el producto 55. y porque el exceso del lado mayor, y menor de la basa tambien es 5. multiplico 55. por 5. y es el producto 275. que sumados con la piramide quadrada 385. que se facò al principio, hacen la suma de 660. y este es el numero de las balas que se pide.

3 *Dada desde la unidad una serie de progresiones naturales continuas; esto es, que el mayor termino de cada una exceda al de su inmediata en la unidad, hallar la suma de todas.*

Sean las progresiones siguientes expressadas en puntos, cuyas

o	o	o	o	o
	oo	oo	oo	oo
		ooo	ooo	ooo
			oooo	oooo
				ooooo

sumas en numeros, son 1. 3. 6. 10. 15. Pídesse la suma de todas.

*Operacion.* Porque la mayor tiene por mayor termino 5. saquese (n. 1.) la piramide, ò serie de quadrados, de los quales, el mayor, que sirve de basa, tiene por lado 5. y se hallará ser 55. La mayor progresion de las dadas es 15. sumese ésta con el 55. y ferà la suma 70. y tomando su mitad 35. ferà la suma de las progresiones dadas entendiendo, aunque con menos propiedad, por una de ellas la unidad.

*Exemplo.* Sea dada una piramide de balas, cuya basa es un triangulo equilatero, que tiene por lado 10. y se pide la suma de todas las balas que la componen. Saquese, como en el num. 1. el numero de balas, que entra en la piramide quadrada, que tiene por lado de su basa

10.

10. y se hallará ser 385. Saquese aora el numero de las balas que entran en el triangulo, que sirve à la piramide propuesta, cuyo lado es 10. lo que se hace añadiendo la unidad al lado 10. y multiplicando la suma 11 por la mitad de 10. que es 5. y se hallará ser el producto 55. añadase este producto à la piramide quadrada 385. que se hallò, y será la suma 440. cuya mitad 220. es el numero de balas que entran en la piramide triangular, y así en las demás.

### ADVERTENCIA.

**L**A suma importancia de la conformidad que debe haver en los calibres, que sirven para la Artilleria, se colige de los grandes, è inevitables inconvenientes, que resultan de la poca, ò ninguna uniformidad que tienen regularmente. Es el calibre el principio, y fundamento de todo el sistema de esta Arte, regulandose por èl todo quanto à ella conduce: por èl se conoce el peso de las balas, las especies, è individuos de los tres generos de Artilleria; por el calibre da la debida simetria el Fundidor à los cañones; y el Artifice, ò Carpintero à sus montages; y segun èl, se hacen los moldes para vaciar las balas en las Fabricas, ò Herrerias.

No puede pues haver duda, que siendo diferente el calibre, de que se vale el Fundidor, y el que usa el Herrero en la Fabrica de las balas, han de salir éstas fuera de la proporcion, y medida conveniente, è inutiles, y de ningun servicio; y si el que corta los montages tiene diferente calibre del que dirigiò en la fundicion de la pieza al Fundidor, ha de haver gran desproporcion de las cureñas à la pieza para quien se fabricaron, ni podrá el Artifice lograr su acierto, menos que teniendo presente el cañon para quien han de servir.

Estos, y otros innumerables inconvenientes, que se originan de la desigualdad de los calibres, son bien notorios, por lo que parece conduciria en gran manera al servicio del Rey nuestro Señor, se procurasse con todo cuidado su exactitud, y uniformidad. Para lo qual sería

Tom. V.

Qq

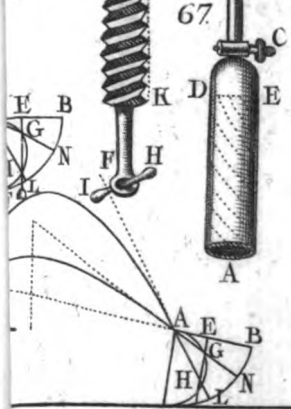
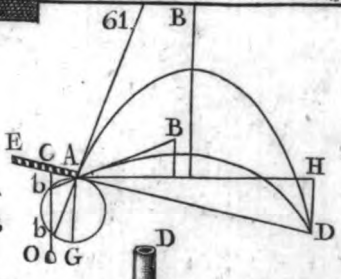
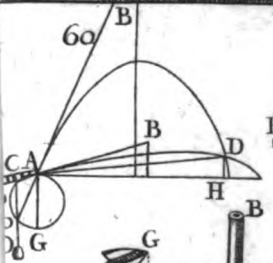
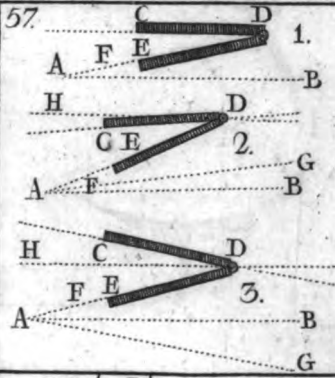
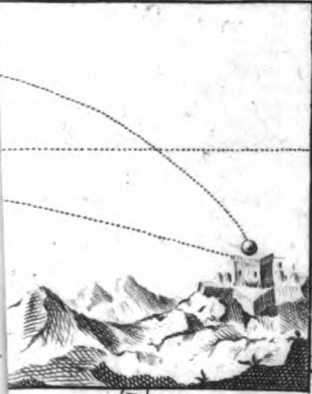
con-



## §10 TRAT. XVII. DE LA PIROTECHNIA., &c.

conveniente determinar con autoridad Real el diametro de la bala de una libra de peso , asì de hierro , como de plomo , y piedra ; y segun èste , mandar fabricar con la precaucion , pòsible un gran numero de calibres à Artifices diestros determinados , y señalados para ello , y sellando con las Armas Reales los nuevamente fabricados , recoger todos los demàs ; prohibiendo juntamente , que en adelante , ni en las Fabricas de los cañones , ni en las de las balas , y montages se use de otros calibres ; y mandando asimismo à todos los Oficiales de la Artilleria , se valgan de èstos , y no de otros en sus funciones. Y aunque es mas que moralmente imposible señalar el diametro de la bala de una libra , de forma , que todas las que le tuvieren , pesen justamente una libra ; pero determinado una vez con autoridad Real , se supondrà siempre ser dicho diametro de una libra , sirviendo siempre de unico fundamento , y universal para graduar los calibres , que es de lo que en la practica se necesita.

# F I N.



H. Ricarte sculp<sup>t</sup>









