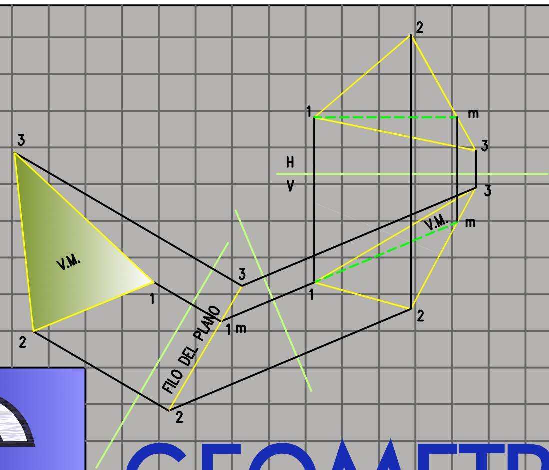
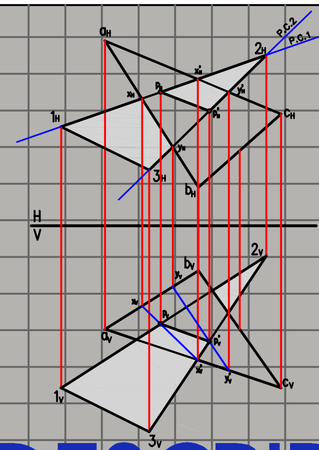


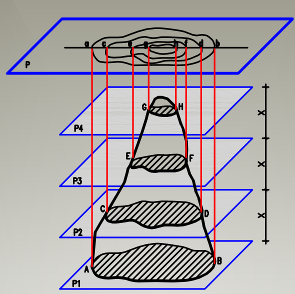


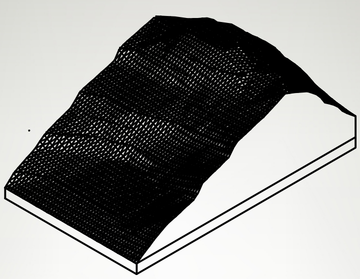
GEOMETRIA DESCRIPTIVA

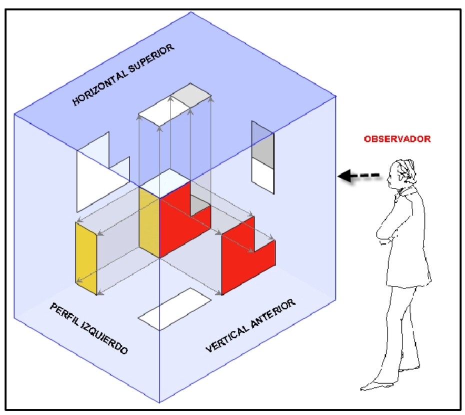
APLICADA A LA

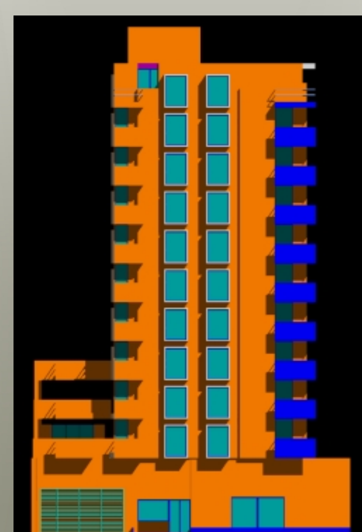
ARQUITECTURA

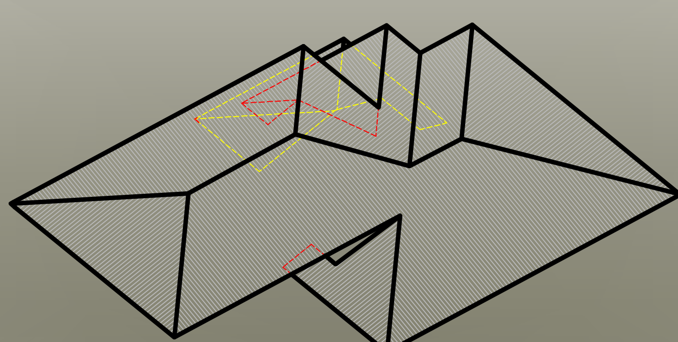
Arq. Nestor E. Duque M.











INDICE

INTRODUCCION

"La geometría descriptiva existía antes de ser inventada. La complejidad de los cortes de la piedra o la madera ha requerido siempre el uso de proyecciones ortogonales, y sin embargo el sistema diédrico es relativamente moderno. La perspectiva cónica nació de un proceso artístico lento, anterior al concepto de «sección de la pirámide visual». Las axonometrías son utilizadas sistemáticamente mucho antes de quedar geométricamente explicadas por la teoría decimonónica.

Por eso, cuando en 1795 alguien decidió que esta denominación, geometría descriptiva, era conveniente para designar un conjunto de hábitos y conocimientos, estaba, en realidad, legalizando una situación existente. Quien tomó la decisión fue un revolucionario francés, de origen humilde, entusiasta defensor de la racionalización, protagonista de la organización del calendario republicano, del sistema de pesas y medidas, y principal inspirador de la Escuela Normal y de la Escuela Politécnica, que consiguió extender su organización de la enseñanza por todo el continente. La expresión escogida para designar a esta materia, *geometría descriptiva*, perseguía aprovechar el prestigio de la llamada geometría analítica, contrastando con ella.

Desde entonces y durante todo el siglo XIX los responsables de la producción teórica y la docencia de la geometría descriptiva, los *profesionales* de la geometría descriptiva, entendieron que la perfección de esta disciplina consistiría en alcanzar una organización ideal al modo de las diversas ramas de la matemática. Como cualquier cosa se puede forzar hasta conseguir que se parezca al álgebra, consiguieron su objetivo, y al final del siglo ya existía un aparato teórico ideal, la llamada geometría proyectiva, que se constituía en abstracción de los procedimientos de la geometría descriptiva y permitía olvidar la realidad histórica y colgar los diversos modos de representar, de las ramas de un árbol taxonómico ideal. Esto no era útil al usuario, pero dejaba a los profesionales de la geometría descriptiva muy satisfechos, casi tanto como cuando los matemáticos consiguieron convencer a todo el mundo de que los niños debían conocer la teoría de conjuntos.

Sin embargo la geometría descriptiva no podía dejar de ser lo que era, una actividad intrínseca al trabajo del diseñador, una reflexión sobre las posibilidades del espacio sensible y sobre los criterios, más o menos convencionales, que empleamos para su representación plana.

Y para el arquitecto sigue siendo necesario cierto conocimiento de lo que es o no es geométricamente posible al emplear formas materiales; y es también necesario -con el uso del ordenador es más necesario que nunca- el conocimiento critico de los modos de proyección plana que hemos decidido utilizar. De manera que el curioso aparato montado por nuestros predecesores aparece obsoleto y cada vez más es evidente que la geometría descriptiva se constituye y se debe enseñar a partir de un conjunto de modos de hacer muy adheridos a la realidad.

No ha terminado la adaptación de la asignatura al Plan 96, y probablemente no termine nunca. Porque, lejos de la comodidad institucional de las asignaturas de antes, se entiende como una exigencia la mejora continua; pero también porque la empresa es en sí misma difícil. Parece que un estudiante de arquitectura debe saber lo que es la perspectiva y cómo cambia al alterar sus elementos; debe ser capaz de resolver gráficamente algunos sencillos problemas espaciales; debe controlar la variedad de las axonometrías (y no sólo lo que le ofrece el mercado del CAD); debe leer con soltura una topografía definida por sus curvas de nivel; debe conocer las propiedades y posibilidades de conos, cilindros, superficies de revolución, esfera, y algunos menos comunes, como elipsoides y paraboloides, superficies regladas (y conocer significa poder representar y emplear, prever las consecuencias de lo que se propone, es decir, *hacer*). Quizá no estaría mal que, además, supieran para qué sirve la proyección estereográfica, que conocieran la geometría del movimiento del sol, etc., pero aunque prescindamos de estos últimos temas, sólo lo más elemental antes enunciado es, evidentemente, demasiado para cien horas, y en cuatro meses."[1]

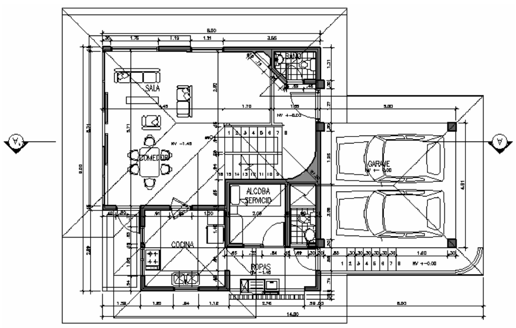
[1] **Enrique Rabasa**, ***Proyección y representación: conceptos intuitivos***

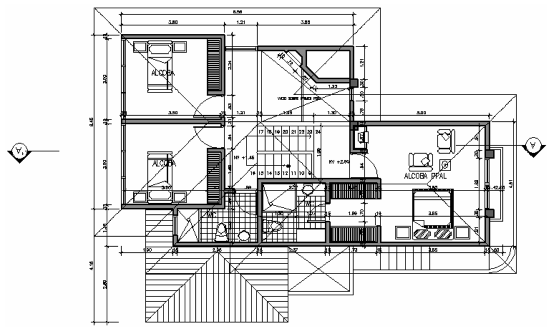
DEFINICION

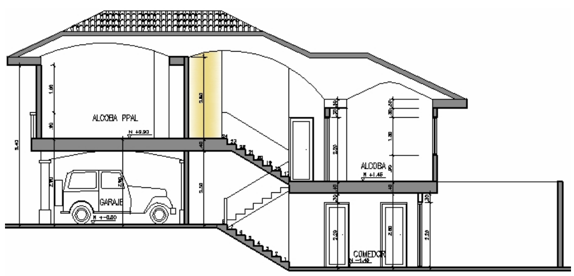
Geometría descriptiva: Ciencia que tiene por objeto resolver y representar los problemas de la geometría del espacio por medio de operaciones efectuadas en un plano.

También podemos decir que la geometría descriptiva es una ciencia por medio de la cual podemos representar en dos dimensiones (papel) los objetos del espacio (punto, línea, plano o cuerpos sólidos).

La geometría descriptiva aplicada a la Arquitectura, permitirá ejercitar la lectura espacial, capacidad de percibir el espacio tridimensional a partir de registros planos. Estimular la aprehensión espacial o "ver el espacio".







Capítulo 1

SISTEMAS DE PROYECCION

En este capítulo se hace una breve descripción de los sistemas de proyección mas utilizados en Arquitectura, describiendo el fundamento básico de la ejecución de proyecciones en estos sistemas y su aplicación directa en la representación de los proyectos.

El objetivo del capitulo no esta orientado a conocer en detalle la forma como se proyectan los objetos del espacio en cada uno de los sistemas, en los siguientes capítulos de desarrollan cada uno de ellos con todos los procedimientos y aplicaciones concretas.

Conceptos básicos

Los sistemas de proyección son el medio utilizado por el Arquitecto para comunicar sus ideas. Tales sistemas permiten la representación bidimensional (sobre una superficie) de objetos tridimensionales ubicados en el espacio (proyectos arquitectónicos).

En una proyección intervienen cinco (5) elementos: \Fig. 1.1:

a) **Objeto.** Es el objeto que se desea representar. Puede ser un punto, recta, plano, superficie, sólido, etc.; en fin cualquier elemento geométrico ú objeto en si.

b) **Punto de observación.** Punto desde el cual se observa el objeto que se quiere representar. Es un punto cualquiera del espacio.

c) **Plano de proyección.** Es la superficie sobre la cual se proyectará el objeto. Generalmente es un plano; aunque también puede ser una superficie esférica, cilíndrica, cónica, etc.

d) **Rayos de proyección.** Son rectas imaginarias parten del punto de observación y van hacia el objeto.

e) **La proyección**. Que es en sí la representación bidimensional.

La proyección (P') de cualquier punto (P) del objeto se obtiene interceptando su proyectante con el plano de proyección.

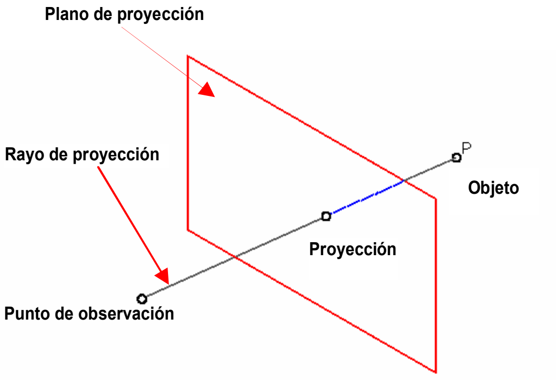
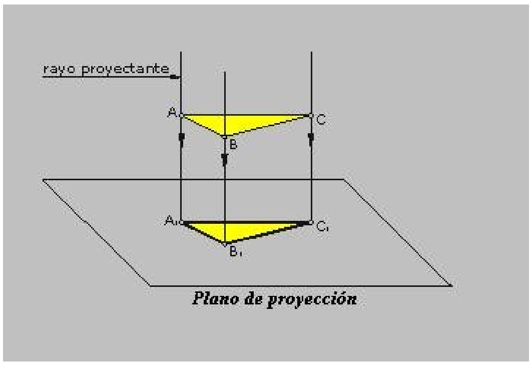


Fig. 1.1\ Sistema de proyección

Clasificación de los sistemas de proyección

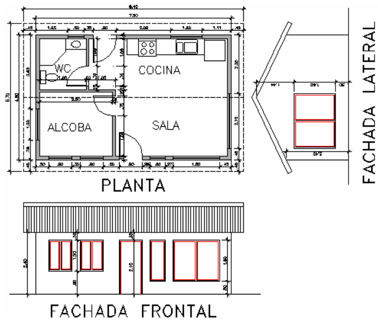
Si el origen de los rayos proyectantes es un punto del infinito, lo que se denomina punto impropio, todos los rayos serán paralelos entre sí, dando lugar a la que se denomina, **proyección cilíndrica**. Si dichos rayos resultan perpendiculares al plano de proyección estaremos ante la **proyección cilíndrica ortogonal** \Fig. 1.2, en el caso de resultar oblicuos respecto a dicho plano, estaremos ante la **proyección cilíndrica oblicua** \Fig. 1.3.

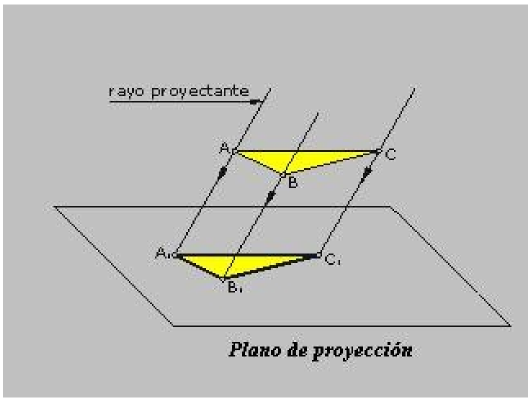
Si el origen de los rayos es un punto propio, estaremos ante la **proyección central** o **cónica** \Fig. 1.4.



\Fig. 1.2 **Proyección cilíndrica ortogonal**

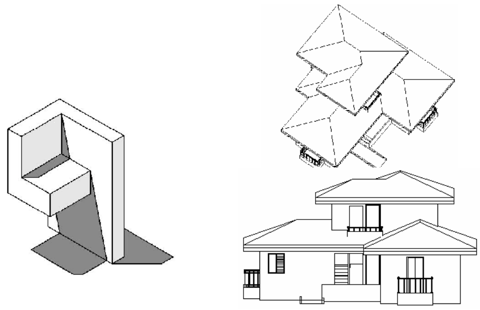
En la arquitectura este sistema es de gran utilidad ya que nos permite la representación de los proyectos en forma de planos técnicos necesarios para llevar a cabo su construcción, también podemos utilizarlo en la representación a través de axonometrías.

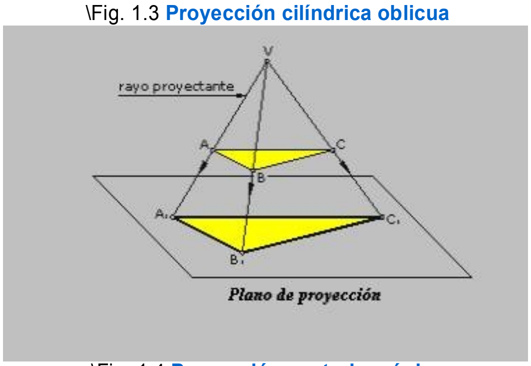




\Fig. 1.3 **Proyección cilíndrica oblicua**

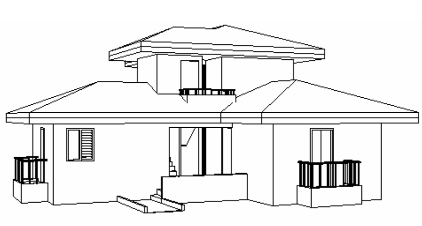
Algunas de las aplicaciones de la proyección cilíndrica oblicua es la obtención de la sombra de los cuerpos sólidos, la perspectiva militar y la perspectiva caballera.





\Fig. 1.4 **Proyección central o cónica**

Este sistema de representación es el que más se acerca a la percepción real del ojo humano, con lo cual podemos obtener unas vistas más cercanas a lo que veríamos cuando el objeto arquitectónico llegue a su concreción final.



A su vez, en el sistema de proyección cilíndrica ortogonal se pueden destacar las siguientes categorías:

1. El Sistema Diédrico o Doble Ortogonal
2. El Sistema Axonométrico
3. El Sistema Acotado

Capítulo 2

SISTEMA DIEDRICO O DOBLE ORTOGONAL

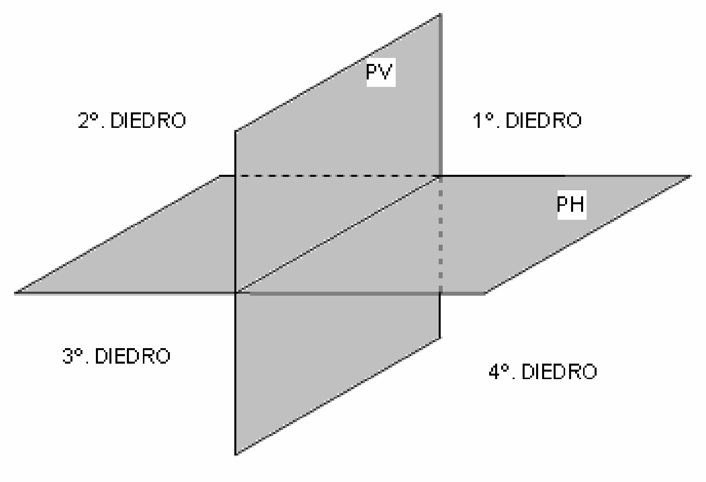
En este capítulo desarrollaremos de manera completa el sistema de proyección diédrico (dos planos) puesto que este es el instrumento fundamental de comunicación en el ámbito de la arquitectura, su empleo es obligado en la elaboración de planos que nos sirvan para la construcción del modelo arquitectónico diseñado.

El objetivo de este capítulo es no solamente entender los fundamentos del mismo, sino además su notación y la representación en proyecciones de los diferentes elementos del espacio (punto, recta, plano y cuerpos sólidos) y la relación de dichos elementos, que nos permiten entender conceptos muy importantes como el paralelismo, la perpendicularidad, elementos que se cruzan o se intersectan espacialmente.

La aparición de los sistemas CAD (Programas para el dibujo y diseño asistido por computador), ha generado una serie de posturas con respecto de los procesos de enseñanza de la Geometría descriptiva, desde los que consideran que se deben mantener los métodos tradicionales de la enseñanza de esta, pasando por posiciones intermedias donde lo que cambian es la forma y contenido de los programas de la geometría descriptiva, hasta aquellos que consideran que deberíamos llegar al punto en que solamente se utilice el computador en los procesos de representación de los proyectos.

Estoy de acuerdo con la posición que sin desconocer los avances tecnológicos que permiten una mayor rapidez y facilidad para la representación y comprensión de los objetos del espacio, no los ven de manera excluyente en tanto el estudiante necesita además aprender a reconocerlos y representarlos por medio del croquis o dibujo de mesa. Lo que si me parece conveniente en este sentido es cambiar los contenidos temáticos de tal manera que solo se aborden los temas fundamentales que aseguren dicho conocimiento, sin llegar al desarrollo de procesos muy complejos que bien podríamos resolver en pocos minutos con la ayuda del computador y los mencionados programas de CAD, de esta forma se pude conseguir una retroalimentación de manera reversible entre los conocimientos obtenidos a través del dibujo manual y las posibilidades que nos brinda por su parte el la modelización y visualización través del computador.

Fundamentos del sistema diédrico



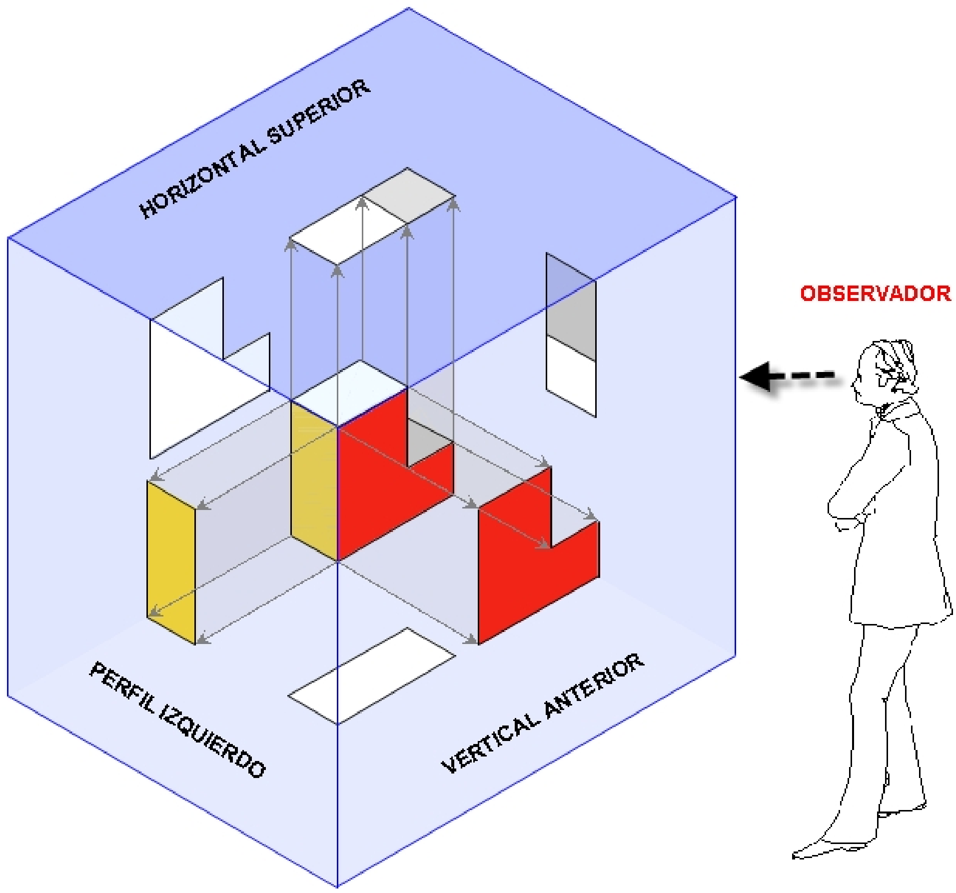
\Fig. 2.1 Diedros

En el sistema diédrico el espacio queda dividido en cuatro partes iguales, por medio de dos planos perpendiculares entre sí, llamados plano de proyección **VERTICAL** y plano de proyección **HORIZONTAL**. Estos dos, como cualquier par de planos que no presenten la particularidad de ser paralelos entre sí, se cortarán en una recta, recta conocida por **LINEA DE TIERRA (LT)**.

El espacio debido ha estos dos planos queda dividido en cuatro partes iguales, cada una de las cuales recibe el nombre de **DIEDRO ó CUADRANTE**. \Fig. 2.1:

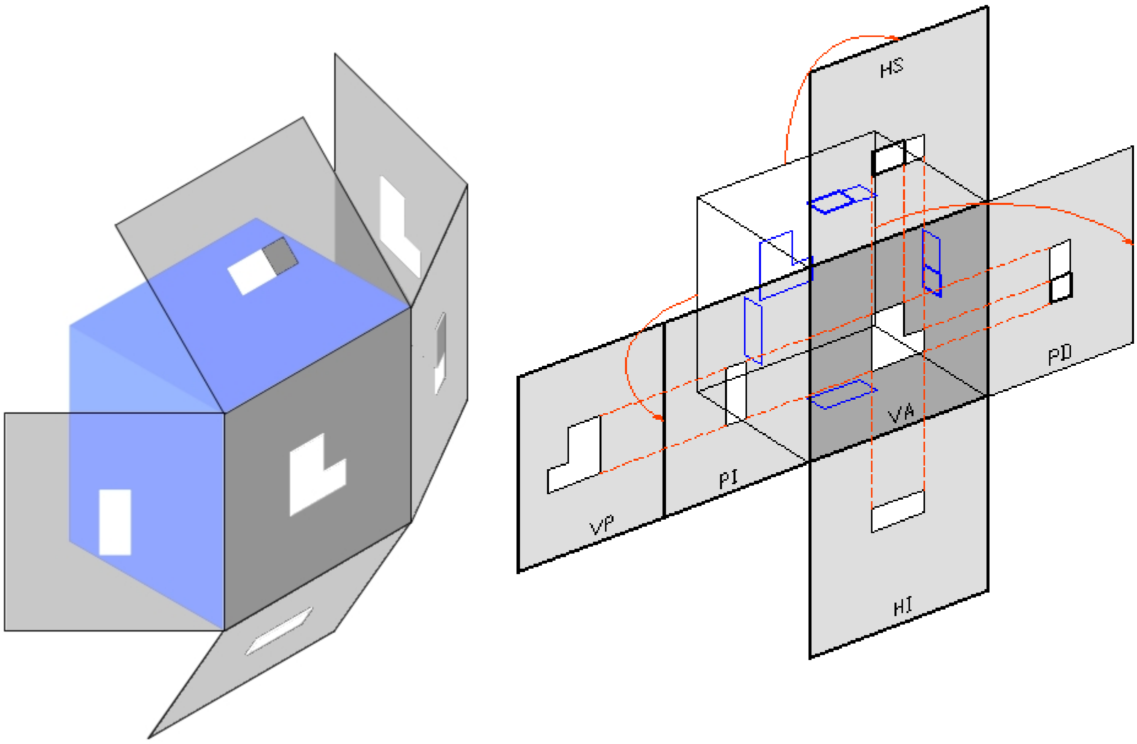
En este sistema de proyección vamos a utilizar el 3º. Triedro, completamos las caras que faltan para conformar un cubo, de esta forma tenemos 6 planos de proyección principales: HS=Horizontal superior, HI= Horizontal inferior, VA= Vertical anterior, VP=Vertical posterior, PD=Perfil derecho y PI=Perfil izquierdo. \Fig. 2.2

La figura siguiente muestra un sólido colocado dentro del cubo y las proyecciones ortogonales (perpendiculares) de cada una de sus caras sobre los 6 planos de proyección.



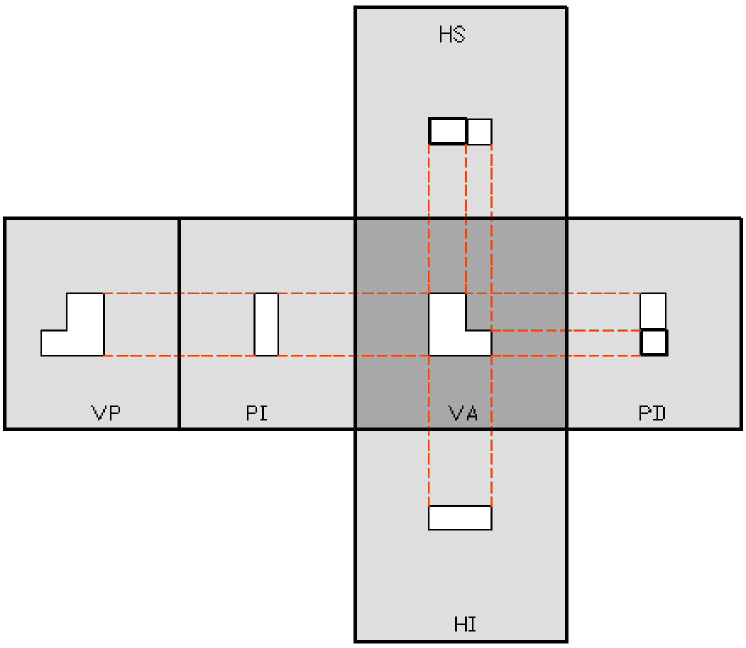
\Fig. 2.2 **Planos de proyección principales en el 3º. triedro**

Como el objetivo es obtener proyecciones sobre una superficie plana, a continuación, haremos un abatimiento o giro de los planos de proyección (caras del cubo) alrededor de el plano VA (vertical anterior) y utilizando como articulación las aristas o intersecciones de los planos hasta lograr que todas las caras del cubo queden sobre un mismo plano. Al tiempo que se giran los planos, también se giran las proyecciones del sólido. El resultado final es como aparece en la \Fig. 2.3



\Fig. 2.3 **Abatimiento de los planos de proyección**

La vista bidimensional de los planos abatidos queda como en la \Fig. 2.4

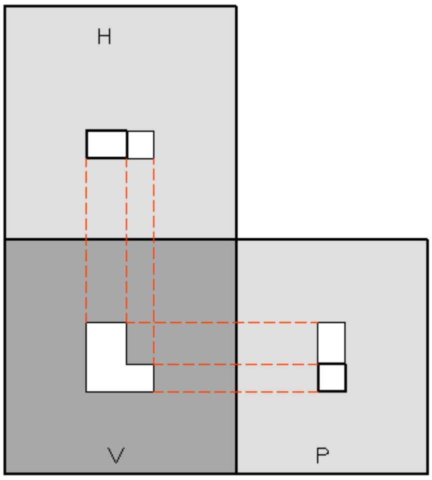


\Fig. 2.4 **Vista bidimensional de las proyecciones principales**

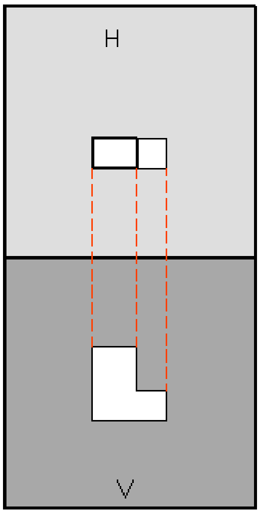
En ocasiones es suficiente con tres proyecciones (HS, VA y PD) para conocer todas las dimensiones y características del objeto, cuando esto ocurre, los planos se denominaran **PLANOS DE PROYECCION FUNDAMENTALES** y su nombre cambia así:
H=Horizontal, V=Vertical y P=Perfil. \Fig. 2.5

Si se emplean solamente el Horizontal y el Vertical, diremos que son los **PLANOS DE PROYECCION BASICOS.** \Fig. 2.6

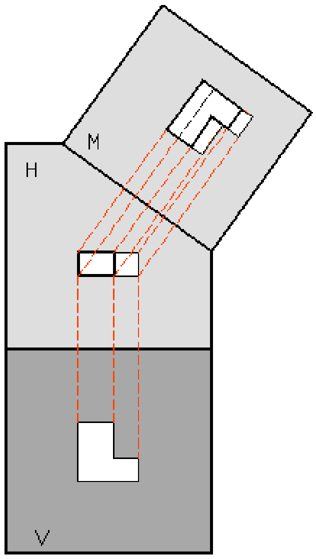
En los capítulos siguientes cuando se estudian los diferentes elementos del espacio partiremos de las proyecciones básicas y si fuera necesario otros (s) plano (s) de proyección que no estén en el grupo de los planos de proyección principales (las 6 caras del cubo), los llamaremos **PLANOS DE PROYECCION AUXILIARES.** \Fig. 2.7



\Fig. 2.5 **Planos de proyección fundamentales**



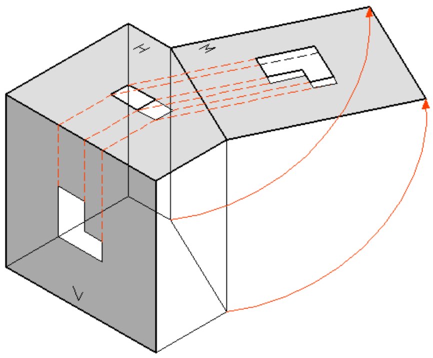
\Fig. 2.6 **Planos de proyección básicos**



\Fig. 2.7 **Planos de proyección auxiliares**

La utilización de proyecciones auxiliares ya sea a partir de proyecciones básicas o de otras proyecciones auxiliares se denomina **SISTEMA DE PROYECCIONES MULTIPLES o VISTAS MULTIPLES**, el estudio de los objetos del espacio (punto, línea, planos y cuerpos sólidos), así como la posible relación entre ellos, requiere del empleo de las proyecciones auxiliares.

Nótese como en la Fig. 2.8 la proyección auxiliar (M), tomada a partir de la proyección (H) es un plano de elevación o vertical que se ha abatido 90º. Hasta colocarlo de manera coplanar con los otros dos planos de proyección y es por tanto perpendicular al plano (H). Este análisis es muy importante pues en el sistema de proyección de vistas múltiples tenderemos que cada plano de proyección que sea adyacente a otro será perpendicular al mismo, quiere decir, que si construyéramos un nuevo plano de proyección (N) auxiliar, a partir del plano (M), este sería un nuevo plano horizontal y por tanto perpendicular al plano (M).



\Fig. 2.8 **Vista axonométrica proyección auxiliar**

Códigos habituales de notación

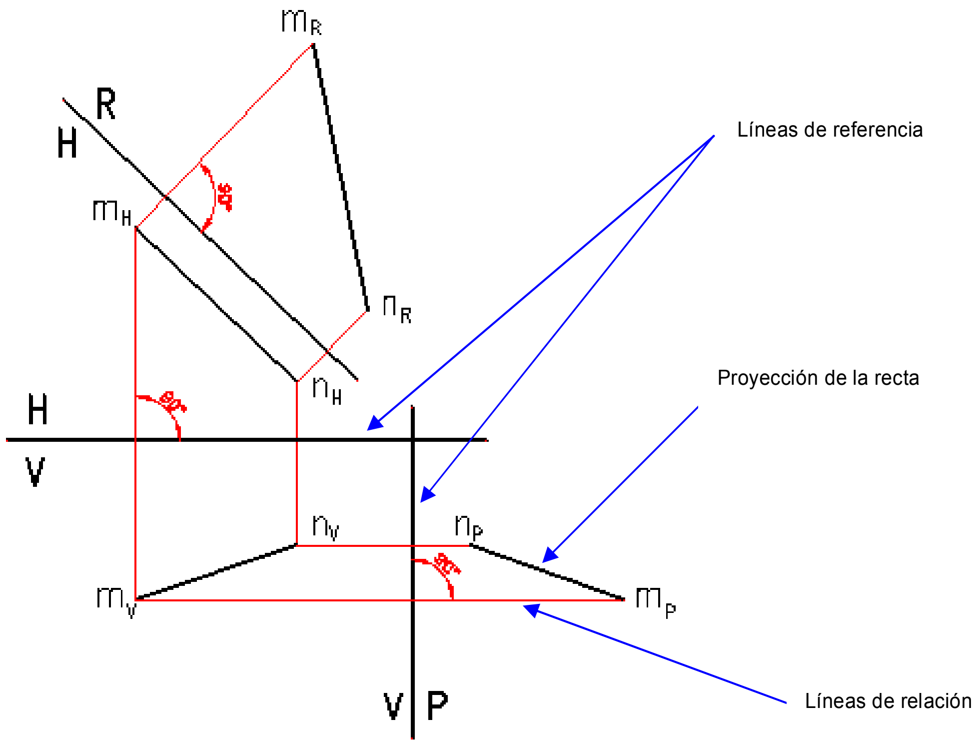
Los planos de proyección se consideran ilimitados, por esta razón no es necesario delimitarlos con líneas, excepto la intersección entre dos planos de proyección adyacentes, la cual representaremos con una línea fuerte y en adelante se llamará **Línea de referencia**.

La nomenclatura del punto en proyecciones a través de letras mayúsculas, diferenciando si se trata de una proyección horizontal (mediante el subíndice **H**, de una proyección vertical mediante el subíndice **V**, o de una tercera proyección, la de perfil mediante el subíndice **P**.

La nomenclatura de las rectas mediante letras minúsculas, diferenciando como en el caso del punto si se trata de una proyección horizontal, vertical o de perfil mediante los subíndices H, V y P respectivamente, si se utiliza una proyección auxiliar, el subíndice será una letra diferente a las 3 anteriores (por ejemplo: M, N, R, S, T. etc.)

Dos proyecciones adyacentes de un punto se unirán con una recta continua de menor intensidad y la denominaremos **Línea de relación.**

Puesto que se trata de un sistema de proyección ortogonal en donde los rayos de proyección son perpendiculares al plano de proyección y paralelos entre sí, las líneas de relación serán por tanto perpendiculares a las líneas de referencia (véase clasificación de los sistemas de proyección).



\Fig. 2.9 **Notación en proyecciones diédricas.**

NOTA: Algunos autores de libros de geometría descriptiva prefieren utilizar subíndices numéricos para denotar los planos de proyección con la siguiente equivalencia: (1) para el plano horizontal, (2) el plano vertical y (3) el plano de perfil. También pueden cambiar los nombres de los planos (en el caso de autores de habla inglesa), T= Top (plano superior, F=Front (plano frontal) y R=Right (plano lateral derecho).

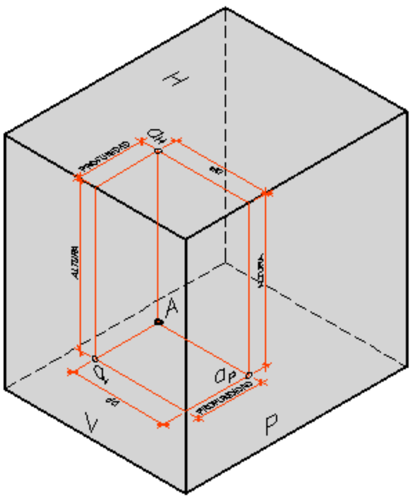
En todo caso, independiente de la nomenclatura adoptada, el concepto es el mismo y el sistema queda definido por las características explicadas anteriormente.

Capítulo 3

PROYECCION DIEDRICA DE PUNTOS

En este capítulo estudiaremos la proyección diédrica o doble proyección ortogonal del "objeto" mas simple que puede ser considerado "**el punto**".

El estudio del punto nos ayudará a entender como se representa la distancia del mismo hacia los diferentes planos de proyección y la posición relativa de este con otros puntos, de esta forma se establecen las bases para poder proyectar más adelante otros objetos del espacio como la recta, el plano y los cuerpos sólidos.



\Fig. 3.1 **Proyección diédrica de puntos**

El punto A pude definirse en base a la distancia hacia los tres planos de proyección:

PROFUNIDAD: Distancia al plano de proyección vertical
ALTURA: Distancia al plano de proyección horizontal
DP: Distancia al plano de proyección de perfil.

En la Fig. 3.1 podemos observar como la profundidad es igual de la proyección horizontal (aH) a la línea de referencia H/V y de la línea de referencia V/P a la proyección de perfil del punto (aP).

Dado que el plano de proyección (H) es adyacente al plano de proyección (V) y a su vez (V) es adyacente a (P), podemos concluir que las distancia que se deben tomar para cada nueva proyección, se medirán en el plano anterior al adyacente (en el ejemplo sería (H) es el anterior al adyacente de (P) es decir (V).

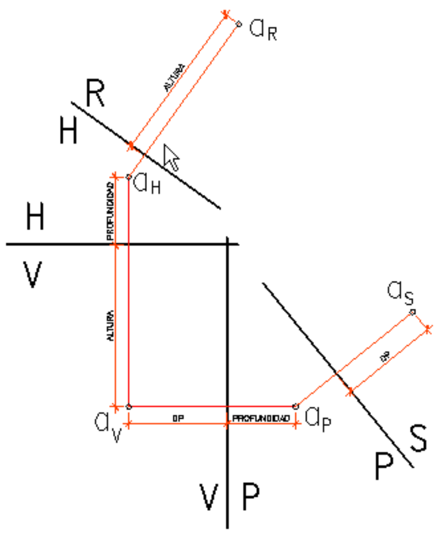
Esta es la regla básica en la construcción de proyecciones múltiples, tanto con planos de proyección principales como planos de proyección auxiliares.

La representación definitiva del punto (A) en proyecciones de acuerdo a lo estudiado en el capitulo anterior (véase Fig. 13) queda entonces como en el gráfico adjunto \Fig. 3.2. en donde omitimos la extensión de los planos de proyección y solamente representamos las intersecciones entre ellos (líneas de referencia).

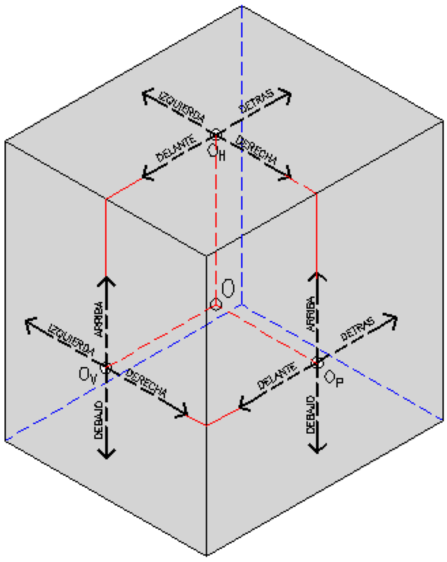
El punto (A) en éste ejemplo está referenciado por su posición en el espacio con respecto de los planos de proyección (H, V, P y R), sin embargo, otra manera de determinar la posición de un punto será con respecto de un punto base o punto origen. Esta referencia determina las posiciones DELANTE, DETRÁS, ARRIBA, DEBAJO, IZQUAIERDA o DERECHA del punto dado.

A continuación tenemos los gráficos que explican este concepto y algunos problemas propuestos para el tema de la posición de u punto en relación a otro dado.

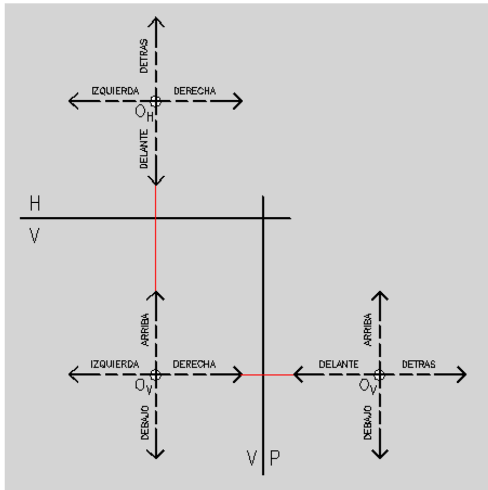
Ver Figuras. \3.3 y 3.4



\Fig. 3.2 **Proyecciones múltiples de puntos**

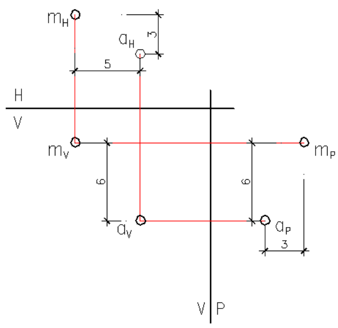


\Fig. 3.3



\Fig. 3.4

EJERCICIO RESUELTO



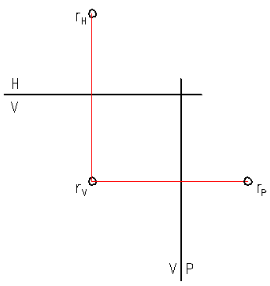
\Fig. 18

Dadas las proyecciones H, V y P del punto (M), localizar el punto (A) que se encuentra 5 cms a la derecha, 3 cms delante y 6 cms debajo de (M). \ Fig. 18

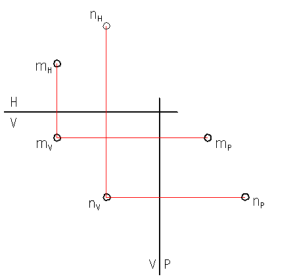
En la proyección (H) medimos los 5 cms a la derecha y 3 cms delante de m_P. En la proyección (V) medimos los 6 cms debajo de m_V.

La proyección (P) se completa por construcción a partir de las proyecciones (H) y (V).

PROBLEMAS PROPUESTOS



\Fig. 3.5



\Fig. 3.6

Figura 3.5.

3.1 Dibujar las proyecciones H,V y P del punto (A) localizado 3 cm arriba, 2 cms a la derecha y 2 cms delante de (R).

3.2 El punto (B) está localizado 4 cms detrás, 5 cms a la izquierda y 1 cm debajo de (R).

3.3 El punto (C) se localiza 3.5 cms a la derecha, 4 cms delante y 2.5 cms debajo de (R).

Figura 3.6.

3.4 Dadas las proyecciones de los puntos (M) y (N), dibujar las proyecciones de los puntos D, E y F.

El punto (D) está a 2 cms delante de (M), 3 cms arriba y a la derecha de (N).

El punto (E) 4 cms a la izquierda, a la misma altura de (N) y 1 cm detrás de (M).

El punto (F) se encuentra 3 cms a la izquierda, 2 cms debajo y 5 cms detrás de (E).

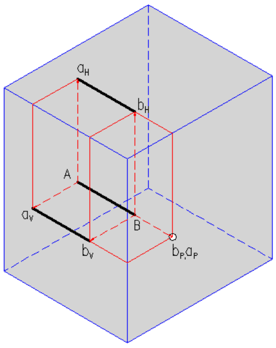
Capítulo 4

PROYECCION DE LA RECTA

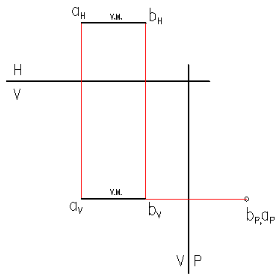
Una recta puede estar definida por dos puntos (Ej. Recta A-B), de acuerdo a la posición que ocupa en espacio las rectas pueden tener posiciones relativas o posiciones generales.

Posiciones relativas de las rectas

Recta horizontal frontal. Es una recta paralela a los planos horizontal y vertical de proyección; por lo tanto, se proyecta sobre estos planos en verdadero tamaño (V.M.); las proyecciones horizontal y vertical son paralelas a la línea de referencia H/V y su proyección de perfil (P) la muestra como un punto.

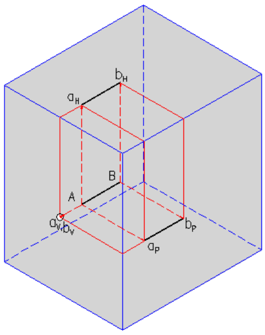


\Fig. 4.1

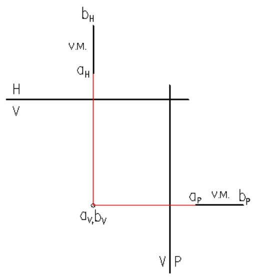


\Fig. 4.2

Recta horizontal de punta. Es una recta paralela a los planos horizontal y perfil de proyección; por lo tanto, se proyecta sobre estos planos en verdadero tamaño (V.M.); la proyección horizontal es perpendicular a la línea de referencia H/V, la proyección de perfil es perpendicular a la línea de referencia V/P y la proyección vertical la muestra como un punto.

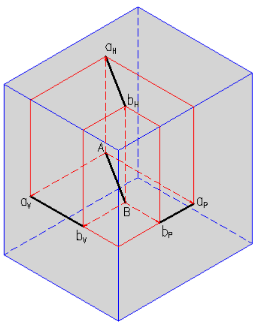


\Fig. 4.3

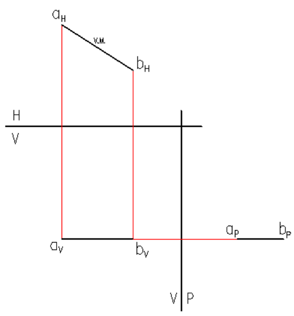


\Fig. 4.4

Recta horizontal cualquiera. Es una recta paralela al plano horizontal de proyección; por lo tanto, se proyecta sobre este plano en verdadero tamaño (V.M.); la proyección vertical es paralela a la línea de referencia H/V.

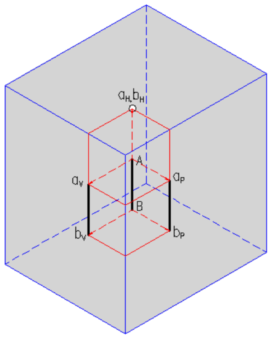


\Fig. 4.5

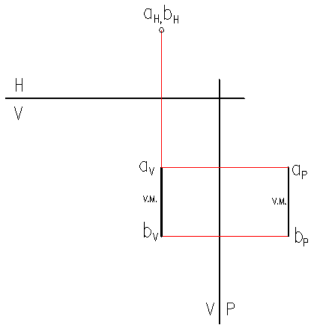


\Fig. 4.6

Recta vertical. Es una recta perpendicular al plano horizontal de proyección; por lo tanto, se proyecta sobre este plano como un punto y es paralela al plano vertical, allí se proyecta en su verdadero tamaño (V.M.)

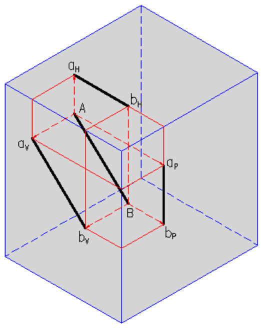


\Fig. 4.7

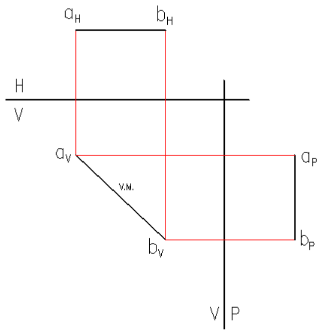


\Fig. 4.8

Recta oblicua frontal. Es una recta paralela al plano vertical de proyección; por lo tanto, se proyecta sobre este plano como en su verdadero tamaño (V.M.), las proyecciones horizontal y de perfil la muestran en un tamaño menor, la proyección horizontal es paralela a la línea de referencia H/V.

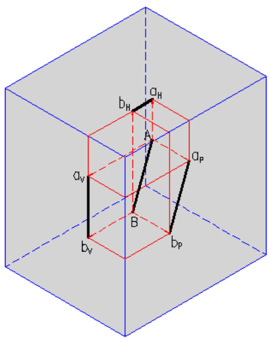


\Fig. 4.9

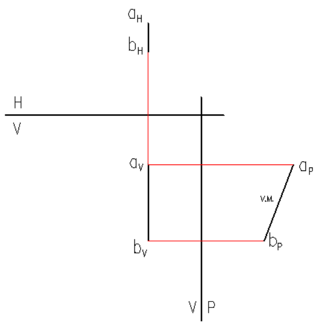


\Fig. 4.10

Recta oblicua de perfil. Es una recta paralela al plano de perfil, en este plano se proyecta en su verdadero tamaño (V.M.), la proyección vertical es paralela a la línea de referencia V/P. En las proyecciones horizontal y vertical aparece en un tamaño menor.

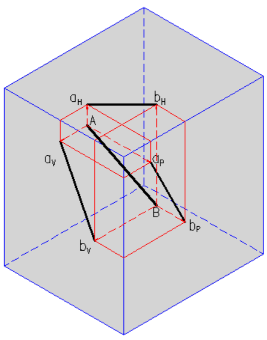


\Fig. 4.11

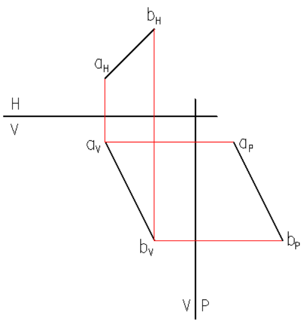


\Fig. 4.12

Recta oblicua total. Es una recta no paralela a los planos horizontal, vertical y perfil de proyección; por lo tanto, no se proyecta sobre estos planos en su verdadero tamaño.



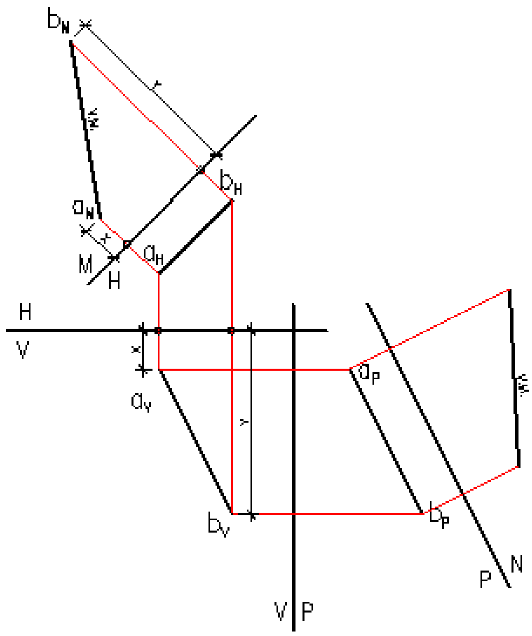
\Fig. 4.13



\Fig. 4.14

Verdadera magnitud de la recta oblicua total

Como se aprecia en la figura 4.14, las proyecciones horizontal, vertical y perfil de la recta oblicua total no se muestra en su tamaño verdadero (V.M.), por tanto, es necesario una proyección auxiliar sobre un plano que sea paralelo a la recta y que en este caso se puede tomar desde cualquiera de las proyecciones existentes. Un plano de proyección es paralelo a la recta cuando la línea de referencia también lo es a una de sus proyecciones.



\Fig. 4.15 **Verdadera magnitud de la recta oblicua total**

PROCEDIMIENTO

Trazamos la línea de referencia H/M paralela a la proyección a_H-b_H de la recta.

Construimos las líneas de relación perpendiculares a la línea de referencia de a_H y bH respectivamente.

Medimos la distancia (x) desde a_V hasta la línea de referencia H/V y la trasladamos de la línea de referencia H/M sobre la línea de relación que parte de a_H, así obtenemos la nueva proyección a_M. Repetimos el mismo procedimiento llevando la distancia (y) para la proyección b_M.

Unimos a_M con b_M y esta será la proyección en verdadera magnitud de la recta A-B.

Si realizáramos la construcción con un plano auxiliar paralelo a la proyección a_P-b_P, el resultado sería la misma verdadera magnitud. La diferencia consiste en que el plano (M) es vertical, mientras que el plano (N) es horizontal. Esta diferencia puede servir más adelante cuando sea necesario obtener alguna respuesta adicional de los datos de la recta y que solo puede leerse en un tipo de proyección especifica, es decir, horizontal o vertical.

Rumbo de una recta

Es la dirección que sigue la recta en la proyección horizontal y se mide con respecto de la línea NORTE-SUR, su valor se expresa como un ángulo menor de 90º (Ej. N 45º E) , si el rumbo coincide con un punto cardinal se expresa simplemente como N (Norte), E (Este), W (Oeste) y S (Sur).

En la figura 4.16 se muestran las rectas O-A, O-B, O-C y O-D respectivamente, nótese como el rumbo de O-A es N 30º E, lo que significa que la recta tiene una desviación de 30º con respecto de la línea NORTE-SUR y su dirección está en el cuadrante NORTE-ESTE, para las otras rectas se interpretará de la misma forma indicando el ángulo de desviación y las letras del cuadrante correspondiente, la notación correcta es indicando primero el norte o el sur y luego el este u oeste.

En proyecciones ortogonales el rumbo siempre se mide el la proyección horizontal colocando las coordenadas en el punto origen de la recta, quiere decir, que no es lo mismo el rumbo de la recta O-A que el de la recta A-O.

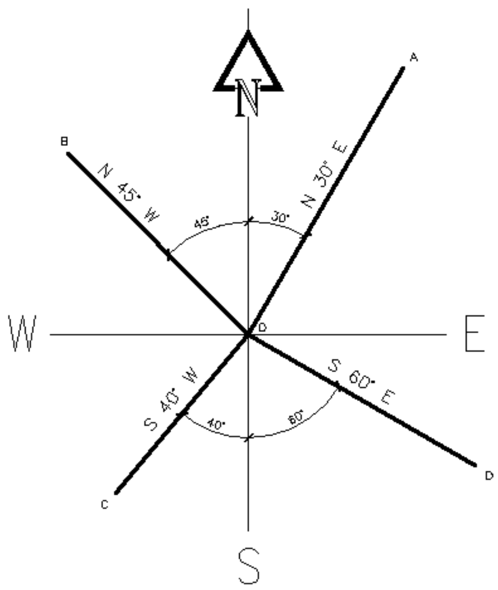


Fig. 4.16

Angulo de inclinación de una recta oblicua

Es el ángulo agudo que la línea forma con el plano horizontal, su valor se expresa en grados y se mide en una proyección vertical donde la línea se proyecte en su verdadera magnitud (V.M.).

PROCEDIMIENTO

En el ejemplo de la fig. 4.17 dadas las proyecciones H y V de la recta A-B, trazamos una línea de referencia H/M paralela a la proyección a_H-b_H, de forma que la nueva proyección de la recta sea su verdadera magnitud y el nuevo plano de proyección (M) un plano vertical.

A partir de la proyección a_M trazamos una línea paralela a H/M que represente la vista de filo del plano horizontal y medimos el Angulo que forma la proyección a_M-b_M con dicho plano (54.24º).

Podemos decir entonces que la recta A-B tiene una ángulo de inclinación descendente (la proyección a_M se encuentra más cerca de H/M, por lo tanto, el punto (A) está más cerca del plano horizontal y desciende hacia el punto (B)), su valor medido en grados es entonces de 54.24º .

Las rectas horizontales no tienen inclinación y la recta vertical tendría una inclinación de 90º .

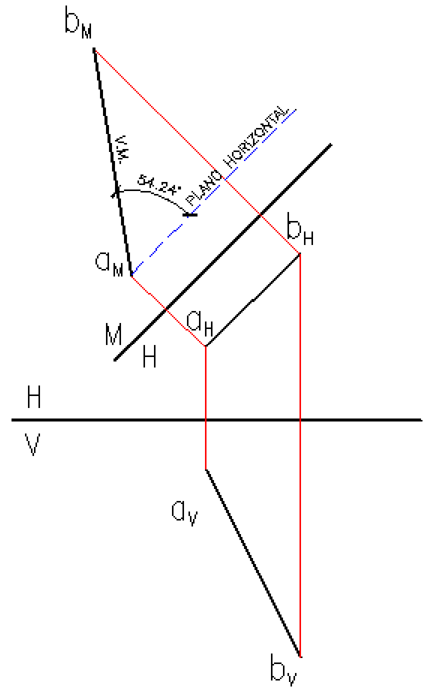
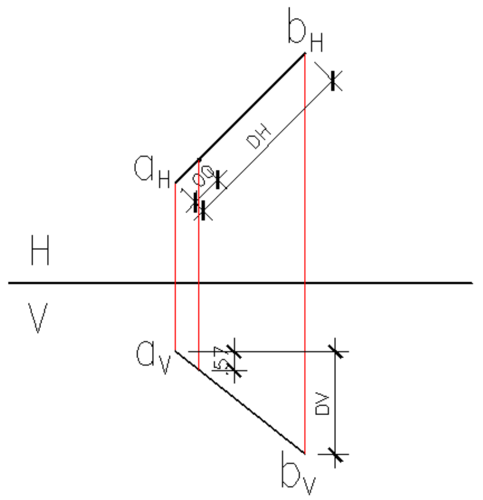


Fig. 4.17 **Angulo de inclinación de la recta oblicua total**

Pendiente de una recta oblicua



$$\frac{DV \times 100}{DH} = 57\%$$

Fig. 4.18 **Pendiente de la recta oblicua total**

La pendiente de una línea no es diferente al ángulo de inclinación, lo que cambia es la forma como se expresa su valor, la pendiente se expresa en porcentaje (%) de la relación entre DISTANCIA HORIZONTAL (Distancia medida en la proyección horizontal y en dirección de la recta) y DISTANCIA VERTICAL (diferencia de altura ente sus puntos extremos, medida en la proyección vertical).

La formula se establece como PDTE=DV/DH*100

Pendiente es igual a DISTANCIA VERTICAL divida por la DISTANCIA HORIZONTAL multiplica por 100 para que se defina en %.

Si empleamos como DH la unidad de medida, solo es necesario que se mida el valor de la DV entre los puntos y ya podemos saber cual es la pendiente.

En la figura 4.18 podemos observar el procedimiento para calcular el porcentaje de pendiente de una recta oblicua. Medimos DV (diferencia de altura entre a_V y b_V) y D_H (distancia de a_H-b_H), multiplicando por 100 tenemos el valor en %.

Si para 1.00 metro de distancia horizontal tenemos una diferencia de altura de 0.57, significa que la pendiente de la recta A-B es del 57%. El mismo resultado lo obtenemos dividiendo DV/DH y multiplicando por 100.

Proyección de la recta como punto

Una recta puede proyectarse como punto sobre un plano que sea perpendicular a ella, lo anterior se obtiene proyectando primero la recta sobre un plano paralelo a la misma para que aparezca en su verdadera magnitud y luego una proyección perpendicular a esta verdadera magnitud, el resultado mostrará la recta como un punto.

PROCEDIMIENTO:

Dadas las proyecciones horizontal y vertical de la recta del espacio MN, hallar su proyección como un punto. /Fig. 4.19

1. Trazamos una línea de referencia H/R paralela a la proyección horizontal de la recta (m_H-n_H).
2. Construir la nueva proyección m_R-n_R de la recta siguiendo el procedimiento explicado en capítulos anteriores, con lo cual obtenemos la verdadera magnitud de la recta (V.M.).
3. Trazar una nueva línea de referencia R/S que sea perpendicular a m_R-n_R, la nueva proyección (m_S-n_S) mostrará la recta como un punto.

El procedimiento anterior también puede aplicarse construyendo en nuevo plano de proyección a partir de la proyección vertical de la recta, sin embargo, si el problema planteado solicita o suministra datos adicionales de la recta como su ángulo de inclinación o pendiente, conviene realizar la proyección auxiliar desde (H), así obtenemos una nueva proyección vertical en la cual se puede medir el verdadero ángulo de inclinación de la recta. (Véase: Angulo de inclinación de la recta oblicua. Fig. 4.17)

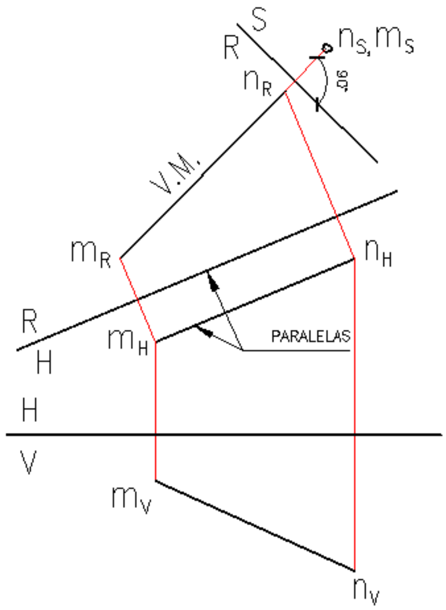


Fig. 4.19 **Proyección de la recta como punto**

Rectas en el espacio

Dos rectas en el espacio se pueden relacionar siguiendo la posición de una con respecto de la otra de la siguiente forma: Ser **paralelas, intersectarse ó cruzarse**.

A continuación estudiaremos las características principales de cada una de las anteriores relaciones de rectas en el espacio.

Rectas paralelas.

Dos rectas paralelas en el espacio se mostrarán en todas sus proyecciones igualmente paralelas (Fig. 4.20), la excepción a esta regla se presenta cuando en la proyección de las rectas las muestra como un punto (Fig. 4.21), en este caso se refuerza en concepto del paralelismo pues si dos rectas son perpendiculares a un mismo plano, serán por ende, paralelas entre sí. El otro caso especial se presenta cuando las proyecciones de las dos rectas son perpendiculares a una misma línea de referencia, por ejemplo, dos líneas oblicuas de perfil, se hace necesario entonces realizar un cheque de paralelismo construyendo una tercera proyección auxiliar, si allí las proyecciones aparecen paralelas, significa dichas rectas son paralelas en el espacio (Fig. 4.22), de lo contrario no lo son. (Fig. 4.23)

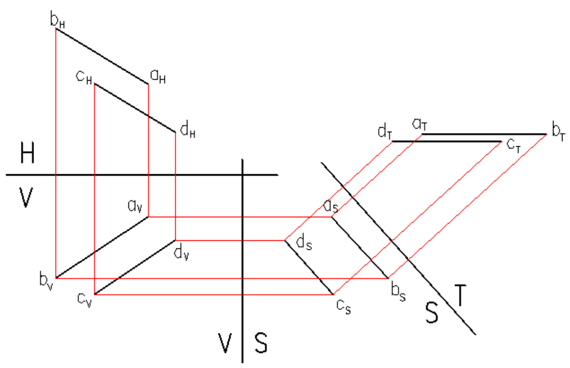


Fig. 4.20 **Rectas oblicuas paralelas**

En la figura 4.20 podemos observar como tanto las proyecciones principales H, V y S muestran las rectas paralelas, al igual que la proyección auxiliar (T) donde las rectas aparecen igualmente paralelas, así:

$$a_H\text{-}b_H \parallel c_H\text{-}d_H$$
$$a_V\text{-}b_V \parallel c_V\text{-}d_V$$
$$a_S\text{-}b_S \parallel c_S\text{-}d_S$$
$$a_T\text{-}b_T \parallel c_T\text{-}d_T$$

Podemos concluir entonces que la recta AB es paralela a la recta CD.

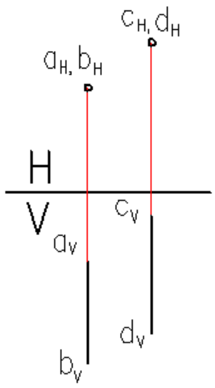


Fig. 4.21 **Rectas paralelas perpendiculares a un plano**

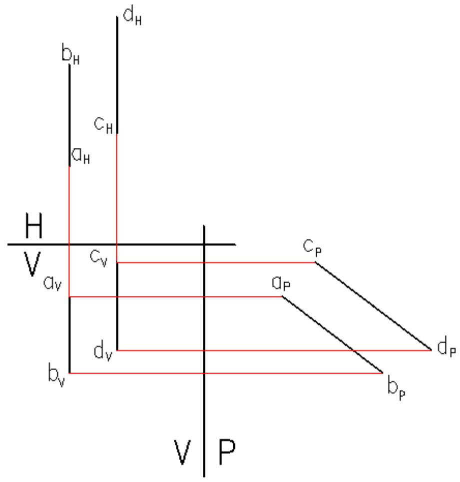


Fig. 4.22 **Rectas oblicuas de perfil paralelas**

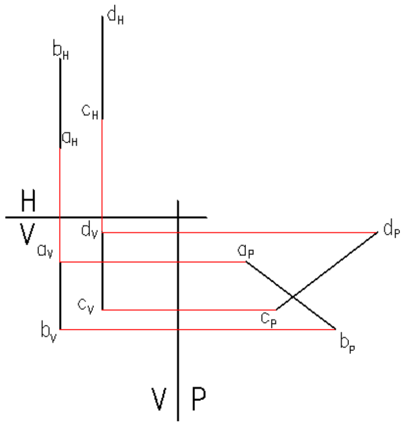


Fig. 4.23 **Rectas no paralelas**

En la figura 4.23 se puede observar como en las proyecciones horizontal y vertical las rectas A-B y C-D aparentemente son paralelas, sin embargo, al construir la proyección de perfil, las dos rectas se cruzan, por lo tanto, podemos concluir que dichas rectas no son paralelas en el espacio pues no cumple la condición de aparecer paralelas en todas las proyecciones.

Rectas que se intersectan.

Dos rectas se intersectan en espacio cuando tienen un punto en común. Estas rectas mostrarán dicho punto sobre una misma línea de relación en dos proyecciones adyacentes. (Fig. 4.24)

Si en las proyecciones no se muestran puntos comunes entre dos rectas, éstos se determinan prolongando las rectas en cada proyección, si el nuevo punto de la prolongación se une en una misma línea de relación de las proyecciones adyacentes, podemos entonces decir que dichas rectas se intersectan. (Fig. 4.25)

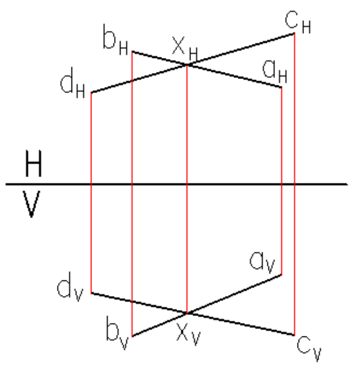


Fig. 4.24 **Rectas intersectadas**

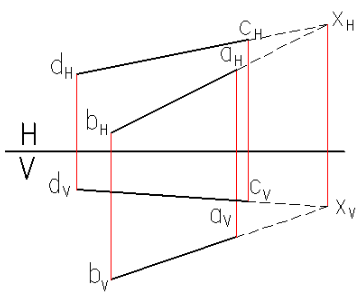


Fig. 4.25 **Rectas intersectadas en su prolongación**

Rectas que se cruzan.

Si dos rectas no tienen un punto común (no se intersectan) y tampoco son paralelas, entonces diremos que dichas rectas se cruzan en el espacio. (Fig. 4.26)

VISIBILIDAD
Es conveniente identificar en las proyecciones la posición de un a recta con respecto de la otra, es decir si se encuentra encima ó debajo, delante ó detrás, a la izquierda ó a la derecha, esta posición relativa es lo que llamaremos VISIBILIDAD en la intersección aparente en cada proyección.

El procedimiento consiste en proyectar el aparente punto de intersección hacia una proyección adyacente, por medio de una línea de relación, la primera línea que toque dicha línea de relación será la visible, el mismo paso se lleva a cabo desde cada una de las proyecciones.

A partir del punto x_H se construye una línea de relación hacia la proyección vertical, la primera recta que toca es C-D, por tanto esta recta se encuentra encima de A-B. Repetimos la construcción a partir del punto y_V y tenemos que la recta visible en la proyección vertical es A-B, es decir, dicha recta se encuentra delante de la recta C-D.

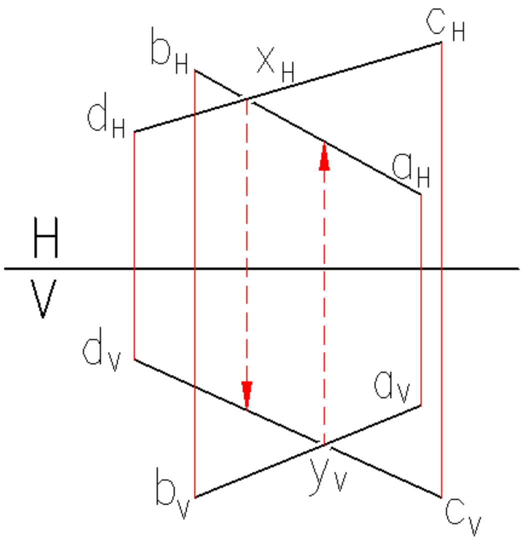


Fig. 4.26 **Rectas cruzadas con su visualización**

Al igual que en el caso de las rectas que se intersectan, si estas no presentan un punto común en las proyecciones, se prolongan hasta que se intersecten y se analiza si dicho punto se encuentra unido por una misma línea de relación en dos proyecciones adyacentes, si no es así, entonces dichas rectas se cruzan en el espacio.

En la figura 4.27 se aprecia como las rectas no tienen un punto común y al prolongarlas en sus proyecciones, dicho punto no esta unido por una misma línea de relación de esta forma tenemos que las rectas A-B y C-D se cruzan.

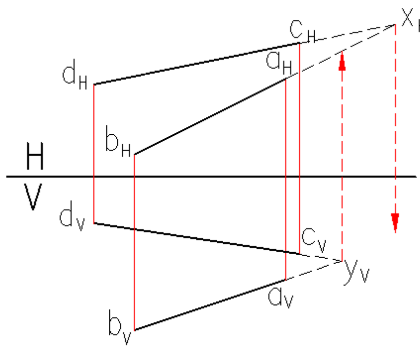


Fig. 4.27 **Rectas cruzadas**

CASO ESPECIAL DE RECTAS QUE SE CRUZAN

Si una de las rectas es oblicua de perfil (A-B) ó simplemente aparece en la proyección de manera perpendicular a la línea de referencia (En la figura 4.28 H/V), para poder determinar si las dos rectas se intersectan o se cruzan, es necesario construir una tercera proyección, en este caso proyectó sobre el plano de perfil, si al devolver el punto común a las dos rectas, no se unen en la misma línea de relación, significa que las rectas se cruzan, de lo contrario se intersectan.

En el ejemplo podemos ver que A-B y C-D son líneas cruzadas y además después de visualizar tenemos que A-B se encuentra a la derecha de C-D.

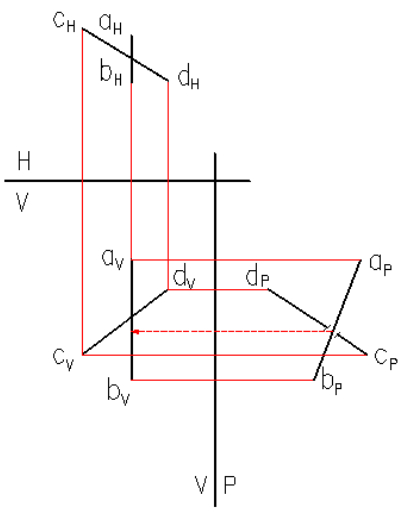


Fig. 4.28 **Rectas cruzadas**

Menor distancia entre dos rectas paralelas.

La menor distancia entre dos rectas paralelas en el espacio está dada por la perpendicular común a las dos rectas. Esta distancia aparece proyectada en verdadera longitud en una proyección en la cual las dos rectas se muestren como un punto. La recta que une los dos puntos será la mínima distancia entre las rectas dadas.

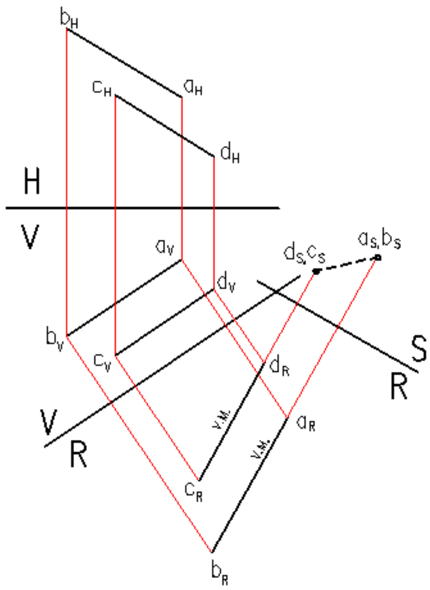


Fig. 4.29 **Menor distancia entre dos rectas paralelas**

PROCEDIMIENTO:

Dadas las proyecciones H y V de las rectas paralelas en el espacio A-B y C-D, hallar la menor distancia entre ellas.

1. Trace la línea de referencia V/R paralelas a la proyección vertical de las rectas (a_V-b_V y c_V-d_V) para conseguir una nueva proyección que muestre las rectas en su verdadera magnitud (V.M.)
2. Construya una nueva línea de referencia R/S perpendicular a la proyección R de las rectas(a_R-b_R y c_R-d_R) de tal forma que el resultado sea las rectas proyectadas como puntos (a_S,b_S y c_S,d_S).
3. Una las proyecciones del plano (S) donde las rectas aparecen como puntos, el segmento de recta resultante será la menor distancia entre las dos rectas paralelas.

NOTA: En este ejemplo la proyección auxiliar para encontrar la V.M. de las rectas, se construyó a partir de la proyección vertical (V), sin embargo, también se puede hallar la distancia requerida si la primera proyección auxiliar se toma a partir de la proyección horizontal (H). Si una de las dos proyecciones dadas (H ó V) muestra las rectas en verdadera magnitud, solo es necesario una proyección auxiliar para hallar la proyección de las rectas como puntos.

Menor distancia entre dos rectas que se cruzan.

La menor distancia entre dos rectas que se cruzan en el espacio está dada por la perpendicular común a las dos rectas. Esta distancia aparece proyectada en verdadera longitud en una proyección en la cual una de las dos rectas se muestre como un punto. La perpendicular trazada desde la recta vista como punto hacia la otra recta permite determinar la mínima distancia entre las rectas dadas.

PROCEDIMIENTO:

Dadas las proyecciones H y V de las rectas que se cruzan A-B y C-D, hallar la menor distancia entre ellas.

1. Dibuje una línea de relación H/M paralela a la proyección a_H-b_H y construya la nueva proyección auxiliar de las dos rectas, el resultado será la proyección de la recta A-B en V.M. (a_M-b_M)
2. Construya una proyección auxiliar (N) perpendicular a la proyección a_M-b_M para obtener una proyección de la recta A-B como punto (a_N,b_N)
3. Desde el punto a_N,b_N trace una perpendicular a la proyección c_N-d_N y defina el punto x_N. La perpendicular trazada será la menor distancia entre las dos rectas.
4. Para completar las proyecciones de la menor distancia, devuelva los puntos X y Y hacia sus respectivas rectas.

NOTA: En la figura 4.30 se observa como la proyección x_M-y_M es paralela a la línea de referencia M/N, por tanto dicha recta en la proyección (N) se muestra en su verdadera magnitud.

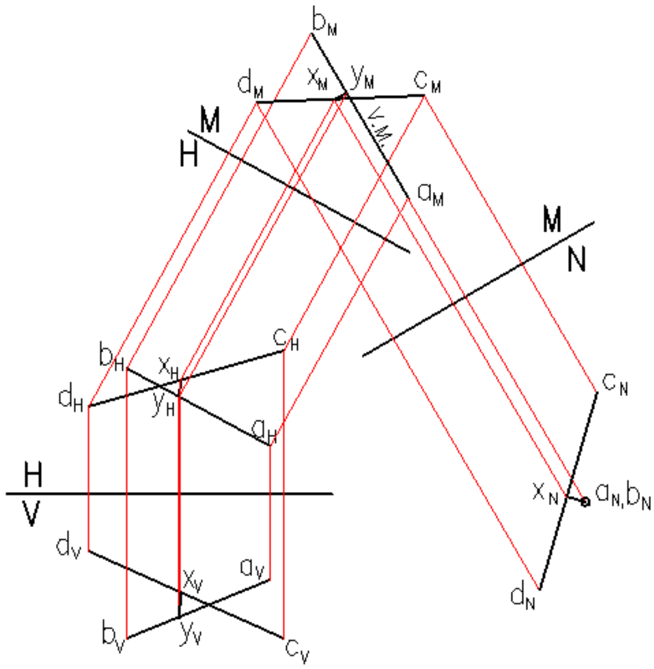


Fig. 4.30 **Menor distancia entre dos rectas que se cruzan**

Angulo formado por dos rectas en el espacio.

Cuando dos rectas se intersectan o se cruzan en el espacio, forman entre sí un ángulo determinado. La verdadera magnitud del éste ángulo se observa en una proyección en la cual dichas rectas se proyectan en verdadera magnitud.

PROCEDIMIENTO: (Figura 4.31)

Dadas las proyecciones H y V de las rectas que se cortan en el espacio, hallar el ángulo que forman.

1. Trace una línea de referencia V/R paralela a la proyección b_V-a_V proyecte las dos rectas en el plano de proyección auxiliar (R), como resultado de esta proyección, la recta A-B se mostrará en su verdadera magnitud (V.M.)
2. Construya una proyección auxiliar (S) donde la línea de referencia R/S sea perpendicular a la proyección a_R-b_R, la recta A-B se proyecta entonces como un punto.
3. Dibuje la línea de referencia S/T de tal forma que sea paralela a la proyección c_S-d_S, la proyección (T) resultante mostrará las dos rectas en su verdadera magnitud (V.M.)
4. El ángulo formado por las dos rectas en la proyección auxiliar (T) será la verdadera magnitud del ángulo que forman las dos rectas en el espacio.

NOTA: El procedimiento para hallar en <u>ángulo formado por dos líneas que se cruzan en el espacio</u> es el mismo aplicado a las dos rectas que se intersectan, la diferencia radica en que la proyección que muestra una de las dos rectas como punto, presenta el punto exterior a la otra recta, es decir que no es un punto común a ellas. Figura 4.32

Los casos especiales pueden presentarse cuando en las proyecciones dadas, una de las dos rectas ó ambas se muestran en verdadera magnitud, en este caso, se sigue el mismo procedimiento pero se requiere de menos proyecciones auxiliares ó aún es posible que se pueda medir directamente en dichas proyecciones (Ej. Ángulo formado por una línea horizontal frontal y una línea vertical) en cuyo caso el ángulo en verdadera magnitud se presenta en la proyección vertical de las rectas y sería de 90º.

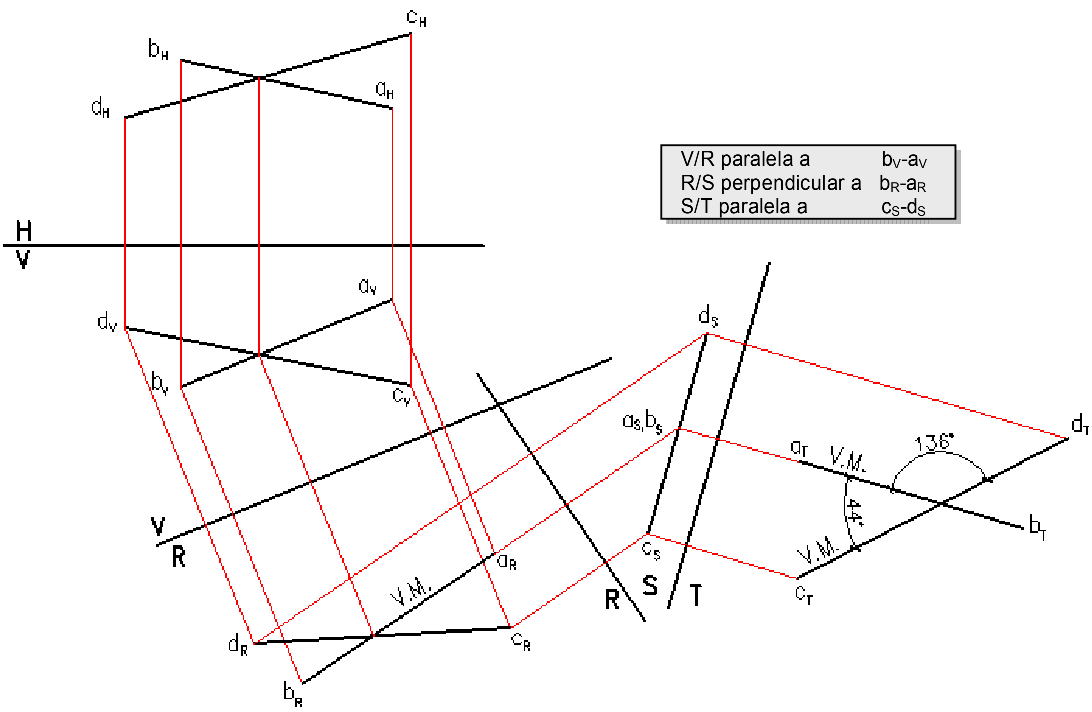
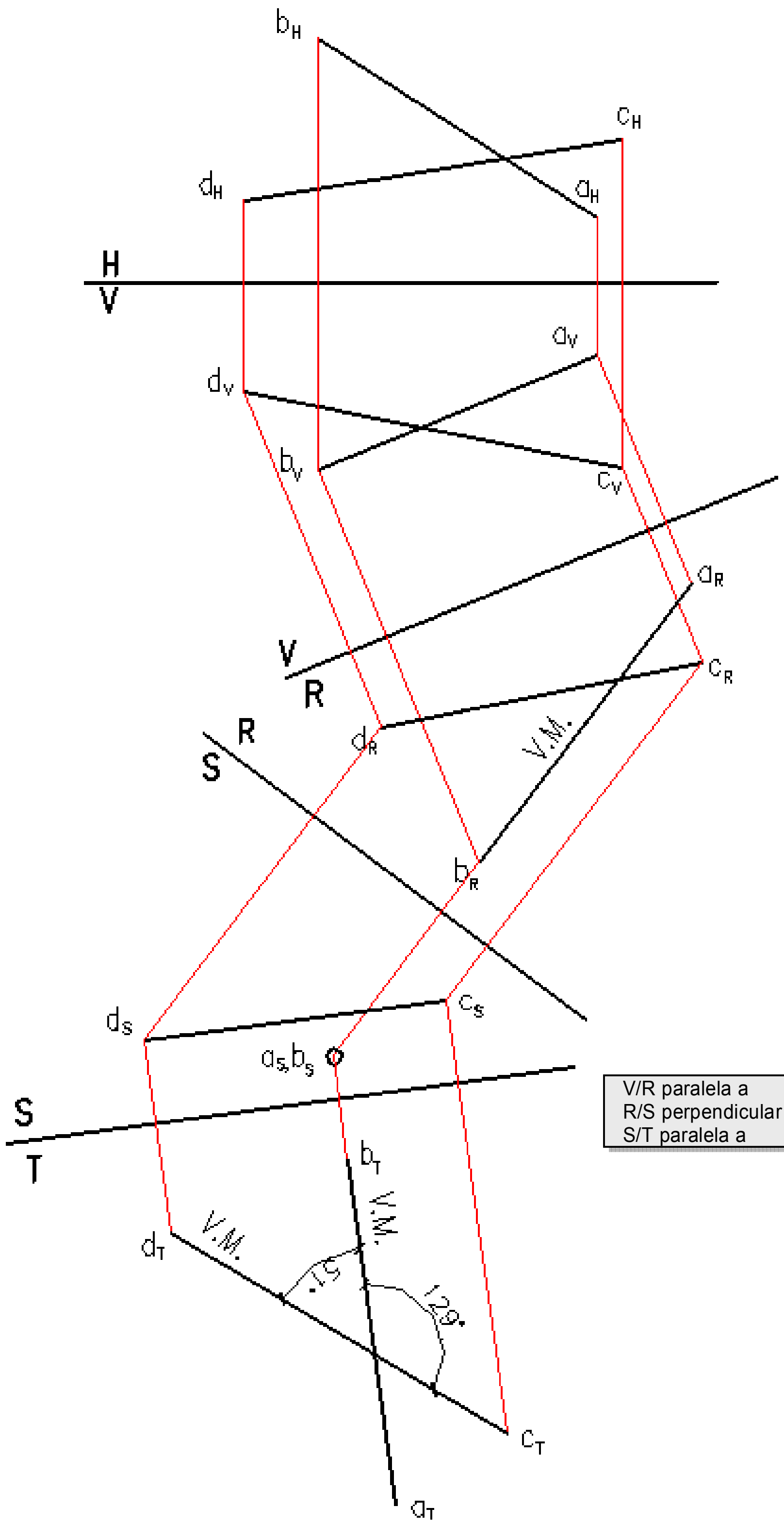


Fig. 4.31 **Angulo formado por dos rectas que se intersectan**



V/R paralela a	b_V-a_V
R/S perpendicular a	b_R-a_R
S/T paralela a	c_S-d_S

Fig. 4.32 **Angulo formado por dos rectas que se cruzan**

Rectas perpendiculares.

La perpendicularidad es uno de los casos especiales del ángulo formado por dos rectas que se intersectan o se cruzan en el espacio. En proyecciones se puede determinar sí dos rectas son perpendiculares, cuando cumplan una de las siguientes reglas:

1. Dos rectas perpendiculares se observaran como tales en cualquier proyección que muestre a una de ellas en su verdadera magnitud. (Fig. 4.33)
2. Sí una proyección de dos rectas muestra a una de ellas en su verdadera magnitud y la otra como un punto que queda dentro de la anterior, las rectas se intersectan perpendicularmente. (Fig. 4.34)
3. Sí una proyección de rectas muestra una de ellas en su verdadera magnitud y la otra como un punto exterior a la recta anterior, dichas rectas son perpendiculares y se cruzan en el espacio. (Fig. 4.35)

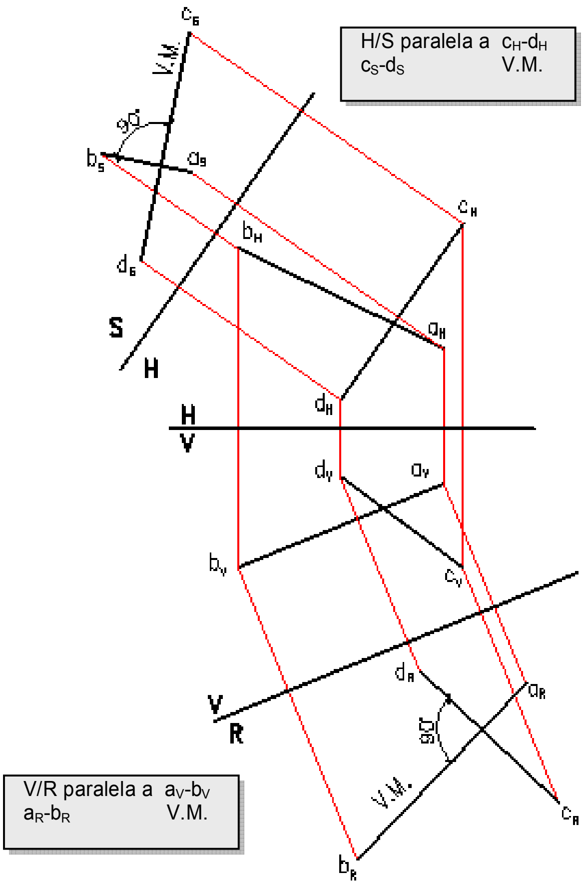


Fig. 4.33

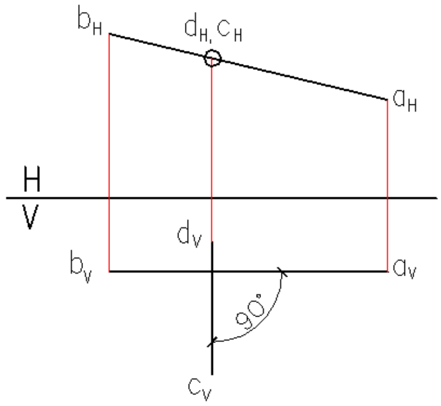


Fig. 4.34 **Rectas perpendiculares que se intersectan**

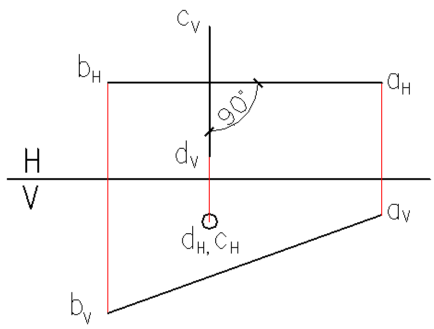


Fig. 4.35 **Rectas perpendiculares que se cruzan**

Problemas propuestos sobre proyección de la recta.

4.1. Escala: 1/1000. Dos túneles parten de un punto común A. El túnel AB tiene una longitud de 120 metros con una dirección de S 60º E y una pendiente descendente del 30%. El túnel AC tiene una longitud de 85 metros con un rumbo de N 60º E y un ángulo de inclinación descendente de 20º. ¿Cuál será la longitud, rumbo, ángulo de inclinación y pendiente de un nuevo túnel que una los puntos B y C?

4.2. Escala: 1/50**.** Un tramo de tubería de desagüe parte de un punto A con rumbo N 45º O y una pendiente del 10%. Desde otro punto B localizado 3 metros a la izquierda y al mismo nivel de A, se necesita llevar un tramo de tubería hacia la izquierda de A y que intersecte el primer tramo en el punto C con un ángulo de 45º. Construir las proyecciones H y V de los dos tramos y calcular la longitud y pendiente del tramo de tubería que parte de B.

4.3. Escala: 1/200. Una edificación de 16 metros de ancha por 24 metros de larga está protegida por una cubierta a cuatro aguas, con una cumbrera central de 8 metros de larga empezando a 6 metros desde el extremo del edificio en su ala derecha. Las limatesas de las esquinas en los extremos derechos tienen un ángulo de inclinación de 45º.
Construir las proyecciones horizontal y vertical del techo y calcular la altura de la cumbrera desde el plano horizontal de los aleros y hallar la longitud y ángulo de inclinación de las limatesas de los extremos izquierdos.

4.4. Las líneas AB, AC y AD, son las tres aristas adyacentes de un paralelepípedo. Trazar las proyecciones H, V y P del cuerpo sólido. Definir visibilidad de líneas en cada proyección.

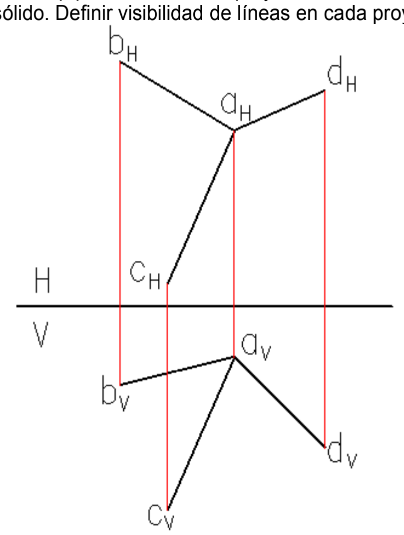


Fig. 4-a

4.5. Cuál es la verdadera distancia entre las líneas paralelas AB y CD?.

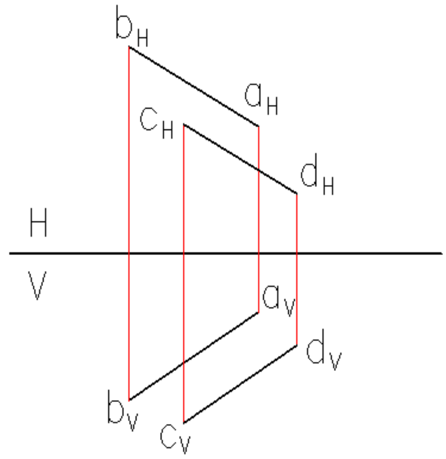


Fig. 4-b

NOTA: En el problema 4.4. , el paralelepípedo es un poliedro irregular cuyas caras se encuentran paralelas de 2 en 2, un ejemplo es el prisma recto y el prisma oblicuo.

4.5. Hallar la verdadera magnitud de la menor distancia entre las rectas dadas. (Fig. 4-c a 4-j)

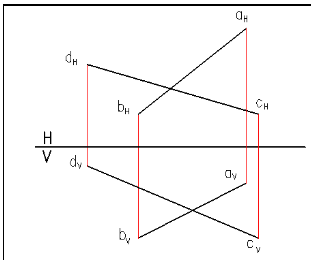


Fig. 4-c

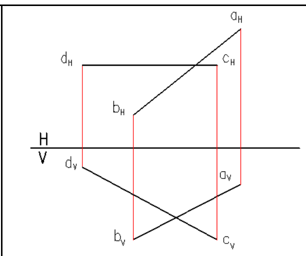


Fig. 4-d

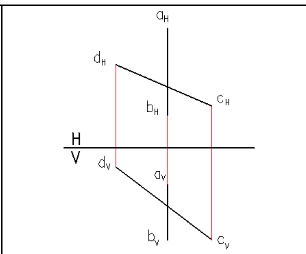


Fig. 4-e

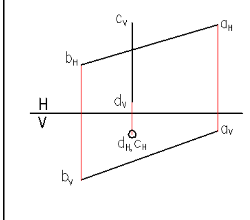


Fig. 4-f

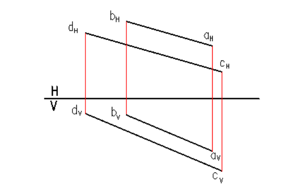


Fig. 4-g

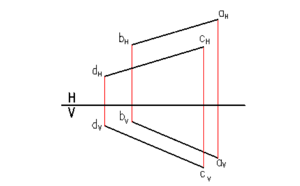


Fig. 4-h

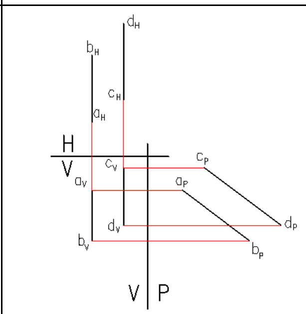


Fig. 4-i

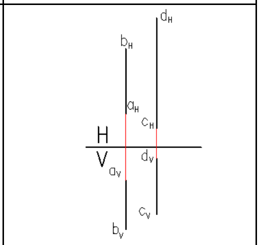


Fig. 4-j

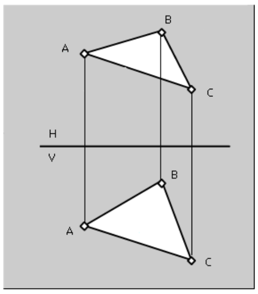
4.6. Hallar el ángulo que forman las rectas dadas. (Fig. 4-c a 4-f)
4.7. Fig. 4-g. Calcular el rumbo, ángulo de inclinación y pendiente de las rectas A-B y C-D
4.8. Figs. 4-c y 4-d. Graficar la correcta visualización de las rectas A-B y C-D
4.9. Fig. 4-e. Demostrar gráficamente si las rectas dadas se intersectan ó se cruzan
4.10. Fig. 4-j. Realizar el cheque que demuestre si las líneas dadas son ó no paralelas en el espacio

Capítulo 5

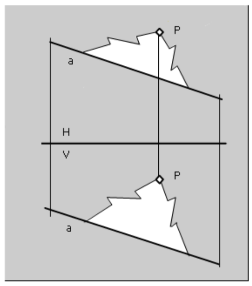
PROYECCION DEL PLANO

UN PLANO (α) PUEDE DEFINIRSE POR MEDIO DE:

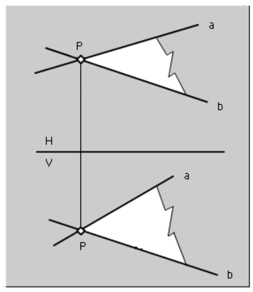
a) Tres puntos no alineados (A; B; y C)\ Fig.5.0.A
b) Una recta (a) y un punto (P) \ Fig.5.0.B
c) Dos rectas (a y b) que se cortan \ Fig.5.0.C
d) Dos rectas (a y b) paralelas \ Fig.5.0.D



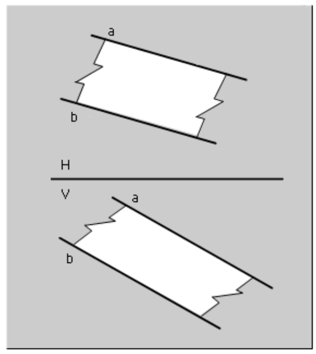
\Fig.5.0.A



\Fig.5.0.B



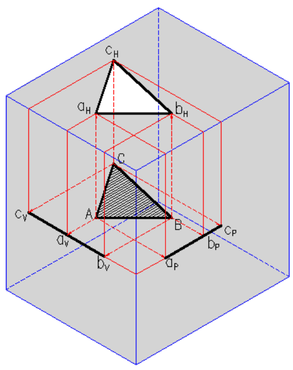
\Fig.5.0.C



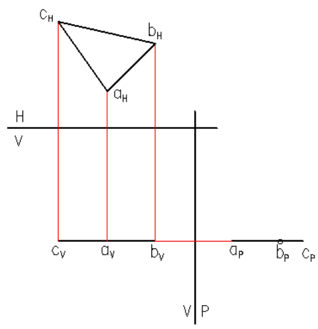
\Fig.5.0.D

Posiciones relativas de los planos

Plano horizontal. Es un plano paralelo al plano horizontal y perpendicular a los planos verticales y de perfil, se proyecta en verdadero tamaño (V.M.) en la proyección horizontal y en las proyecciones verticales y perfil aparece como una línea, siendo la proyección horizontal una línea paralela a la línea de referencia H/V.

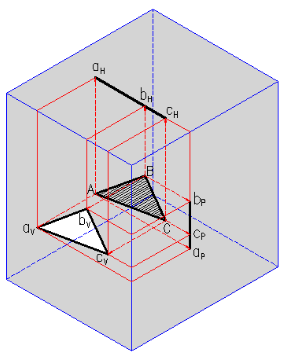


\Fig.5.1

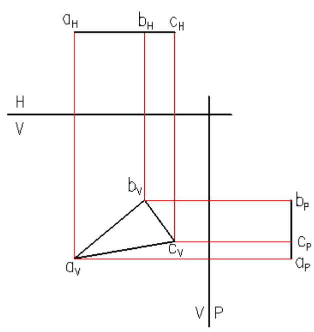


\Fig. 5.2

Plano vertical frontal. Es un plano perpendicular al plano horizontal, paralelo al plano vertical, en dicho plano se muestra en su verdadera magnitud, la proyección horizontal lo muestra como una línea paralela a la línea de referencia H/V y en la proyección de perfil aparece igualmente como una línea y paralela a la línea de referencia V/P.

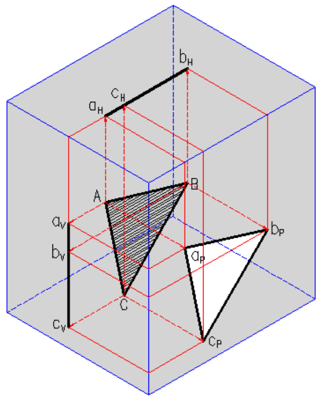


\Fig.5.3

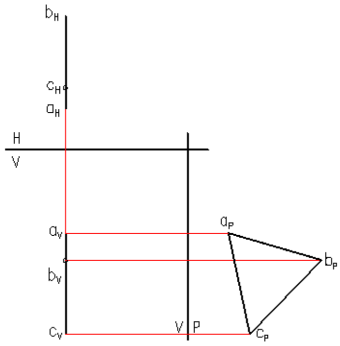


\Fig. 5.4

<u>Plano vertical de punta.</u> Es un plano perpendicular a los planos horizontal y vertical, en estos planos e muestra como líneas perpendiculares a la línea de referencia H/V. Con respecto del plano de perfil es paralelo y por tanto, su proyección presenta la verdadera magnitud del mismo.

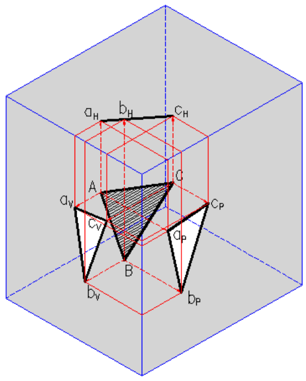


\Fig.5.5

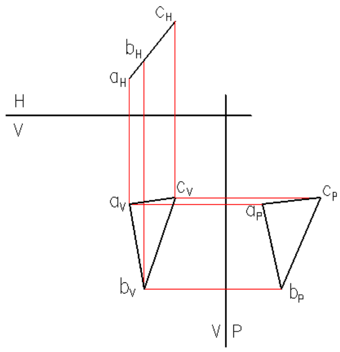


\Fig. 5.6

<u>Plano vertical cualquiera.</u> Es un plano perpendicular al plano de proyección horizontal, en este se muestra como una línea rotada, en las proyecciones, vertical y de perfil aparece como otro plano de menor dimensión.

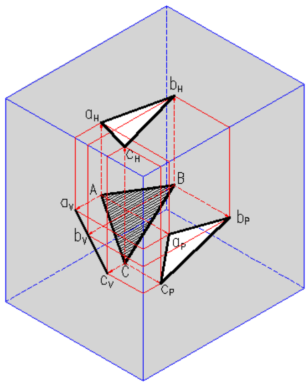


\Fig.5.7

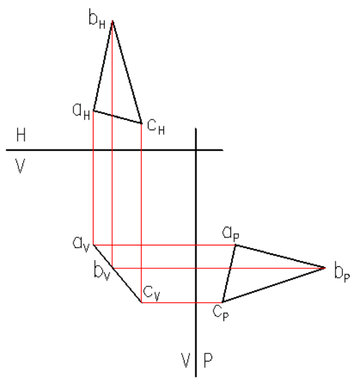


\Fig. 5.8

<u>Plano oblicuo perpendicular al plano frontal.</u> Es un plano con una inclinación en el espacio, perpendicular al plano de proyección vertical, allí aparece como una línea, las proyecciones horizontal y de perfil lo muestran como otro plano de menor dimensión.

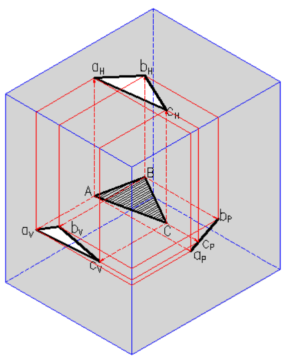


\Fig.5.9

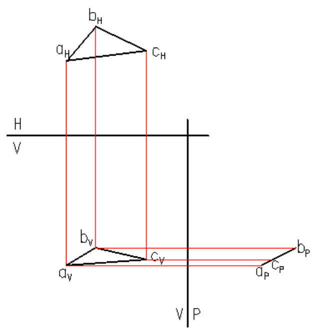


\Fig. 5.10

<u>Plano oblicuo perpendicular al plano de perfil.</u> Es un plano con una inclinación en el espacio, perpendicular al plano de proyección de perfil, allí aparece como una línea, las proyecciones horizontal y vertical lo muestran como otro plano de menor dimensión.

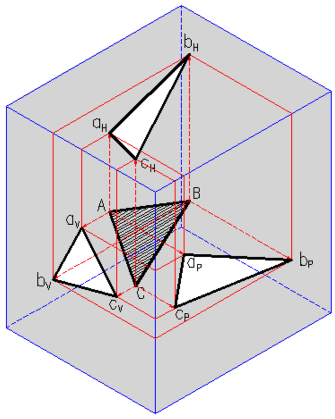


\Fig.5.11

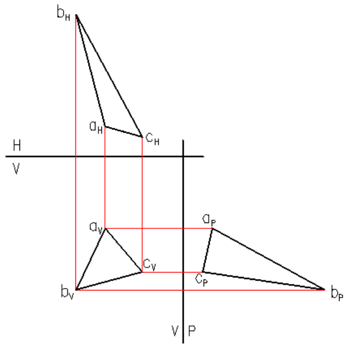


\Fig. 5.12

Plano oblicuo total. Este plano tiene una posición general en el espacio, en las proyecciones básicas (H, V y P) se proyecta como un plano de menor dimensión, por tanto, no tiene proyecciones como un filo ni en su verdadera magnitud en dichos planos.



\Fig.5.13



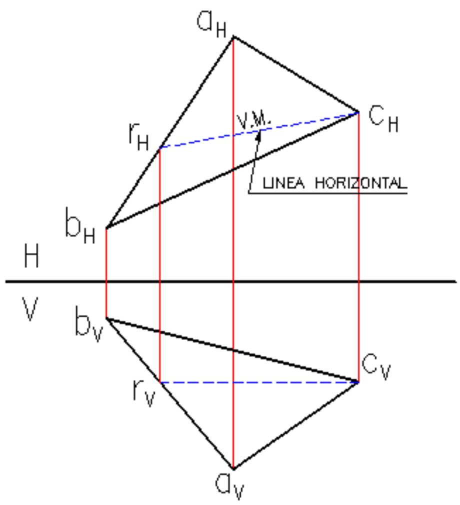
\Fig. 5.14

Líneas en posición especial contenidas en un plano

Una línea está contenida en un plano cuando los puntos de la misma están situados en las rectas del mismo. Si una de las proyecciones de la recta aparece paralela a la línea de referencia H/V, la proyección adyacente la mostrará en su verdadera magnitud (V.M.), de esta forma se puede situar líneas en un plano en posiciones especiales así:

1. **LINEAS HORIZONTALES** (\Fig.5.15)

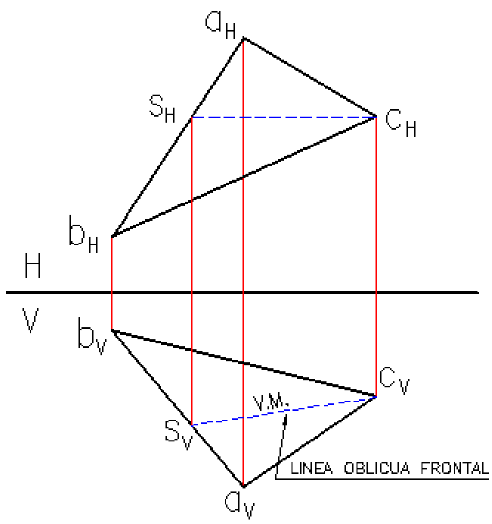
- A partir del punto c_V trazamos una recta auxiliar paralela a la línea de referencia H/V hasta que intersecte la recta a_V-b_V del plano ABC en el punto r_V.
- Se proyecta la el punto r_V al plano de proyección Horizontal (H) situándolo en la recta a_H-b_H (punto r_H).
- Se une el punto anterior con el punto c_H, la recta r_H-c_H resultante se mostrará en su verdadera magnitud y corresponde a una recta horizontal situada o contenida en el plano ABC.



\Fig.5.15

2. **LINEA OBLICUA FRONTAL** (\Fig.5.16)

- A partir del punto c_H trazamos una recta auxiliar paralela a la línea de referencia H/V hasta que intersecte la recta a_H-b_H del plano ABC en el punto s_H.
- Se proyecta la el punto s_H al plano de proyección Vertical (V) situándolo en la recta a_V-b_V (punto s_V).
- Se une el punto anterior con el punto c_V, la recta s_V-c_V resultante se mostrará en su verdadera magnitud y corresponde a una recta en posición oblicua frontal situada o contenida en el plano ABC.



\Fig.5.16

Verdadera magnitud del plano oblicuo total

Un plano se mostrará en su verdadera magnitud en una proyección que sea paralela al plano del espacio.

REGLAS DE LAS PROYECCIONES

- *Si una recta contenida en un plano se proyecta como un punto el plano se mostrará como una línea.*
- *Si un plano aparece en una proyección como una línea, la proyección adyacente paralela a esta, lo mostrará en su verdadera magnitud (V.M.)*

PROCEDIMIENTO PARA HALLAR LA VERDADERA MAGNITUD DE UN PLANO OBLICUO TOTAL

Dadas las proyecciones H y V del plano 1-2-3, hallar la proyección que lo muestre en su verdadera magnitud (V.M.) \Fig. 5.17

1. Dibuje la recta auxiliar 1_V-m_V paralela a la línea de referencia H/V
2. Proyecte el punto m_V en el plano horizontal (H) hasta que se corte con la recta 2H-3H en el punto m_H
3. Trace una línea de referencia H/R perpendicular a la recta 1_H-m_H y proyecte tanto la línea como los puntos del plano del espacio en el plano de proyección auxiliar (R), la recta 1_H-m_H se proyectará como un punto y el plano se mostrará como una línea (FILO DEL PLANO)
4. Dibuje una nueva línea de referencia R/S que sea paralela al filo del plano (3_R-1_R-2_R)
5. Proyecte el plano 1-2-3 en la nueva proyección auxiliar (S) y el resultado será una proyección del plano en su verdadera magnitud (V.M.)

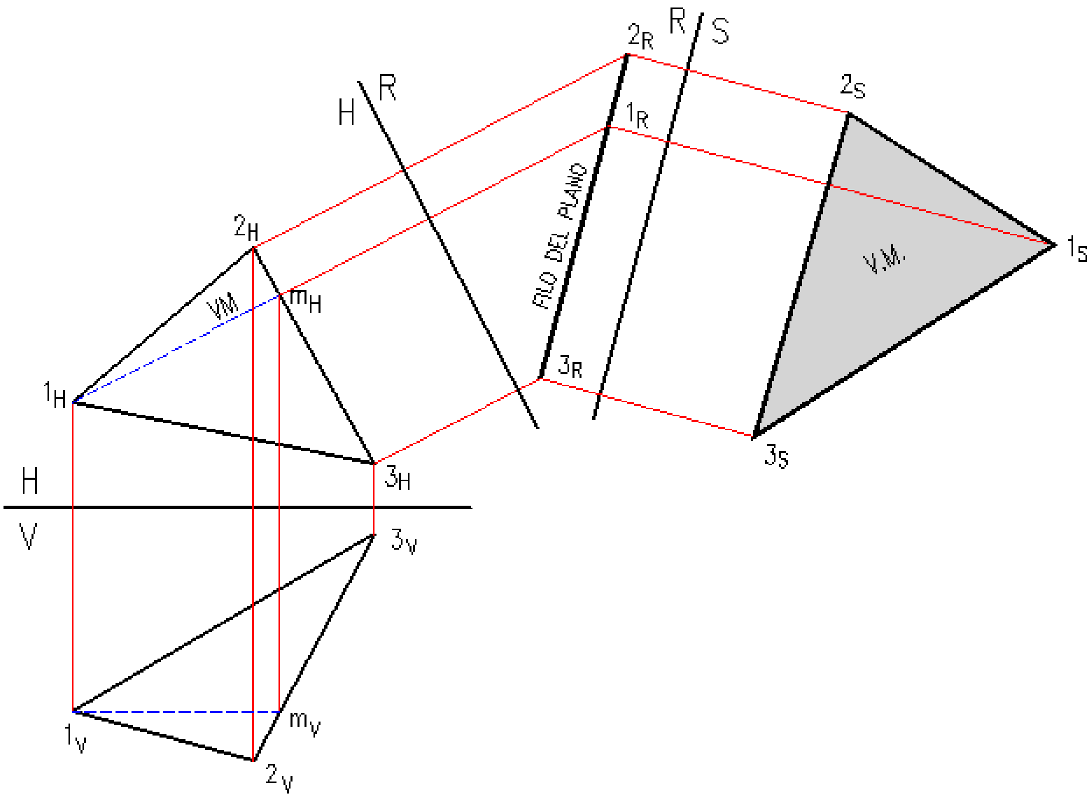


Fig. 5.17 **Verdadera magnitud del plano oblicuo total**

Intersección de una línea y un plano

Si una línea recta no pertenece a un plano, ni es paralela a él, le cortará, perteneciendo el punto a la línea y al plano.

PLANO DE PERFIL

Este es un caso en el cual el plano aparece de perfil (FILO DEL PLANO) en una de las proyecciones, por ejemplo, un plano Vertical o un plano Oblicuo perpendicular al plano de perfil.

En la figura 5.18 se da el plano vertical 1-2-3-4 y la recta oblicua A-B. El punto p_H es la proyección horizontal de la intersección entre la línea y el plano.

Se proyecta el punto p_H hacia la proyección vertical, situándolo en la línea a_V-b_V (p_V).

El tramo b_H-P_H está situado delante del plano 1-2-3-4, por tanto, en la proyección vertical dicho tramo es visible y se representa con trazo continuo (b_V-p_V) y el tramo p_V-a_V lo dibujamos con trazo punteado para representar la parte oculta de la línea A-B.

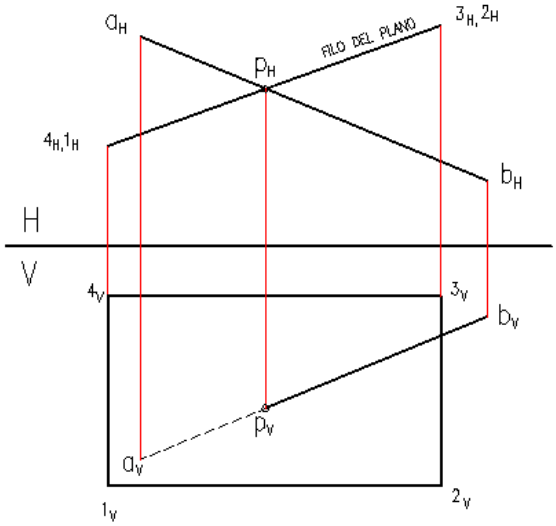


Fig. 5.18 **Intersección línea y plano vertical**

En la figura 5.19 tenemos un plano A-B-C, oblicuo perpendicular a la proyección vertical y una recta oblicua 1-2.

Para hallar la intersección entre el plano y la línea procedemos así:

- Se proyecta el punto pV a la proyección (H) hasta que corte la línea 1_H-2_H en el punto p_H. El punto anterior es la intersección ó punto de penetración de la línea en el plano.
- Realizamos el chequeo de la visibilidad utilizando el procedimiento explicado en el capítulo anterior (VISIBILIDAD DE LOS RECTAS QUE SE CRUZAN), para este ejemplo hemos tomado el cruce de las rectas 1_H-2_H y b_H-c_H, al trazar la línea de relación hacia el plano Vertical, vemos que dicha línea interfecta primero a 1_V-2_V, por tanto, el tramo 2_H-p_H es visible y lo representamos con línea continua, a partir del punto p_H se puntea el tramo de la recta que se encuentra debajo del plano ABC. Cuando la recta llega al límite del plano del espacio, vuelve a ser visible.

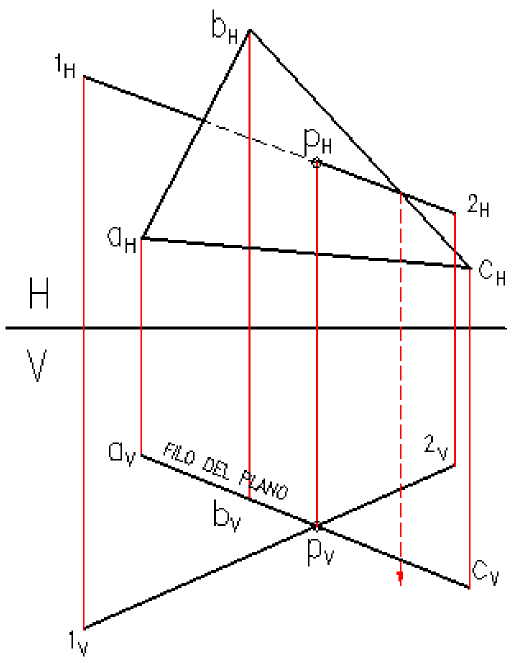
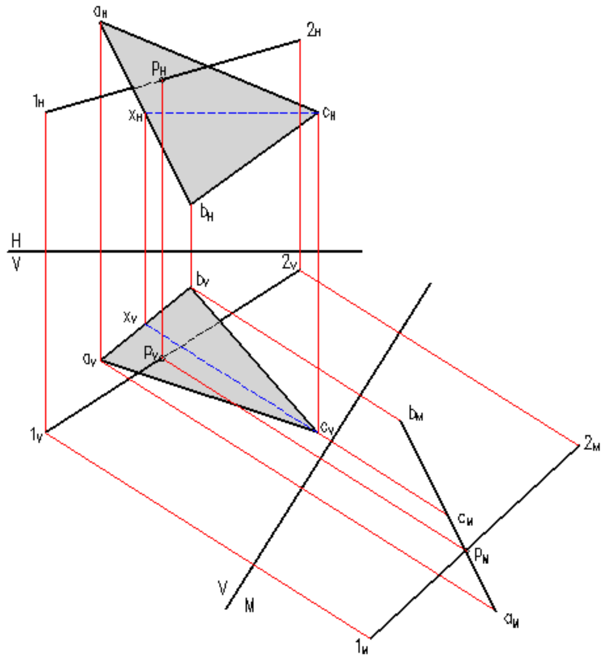


Fig. 5.19 **Intersección línea y plano perpendicular a la proyección vertical**

PLANO OBLICUO TOTAL



<u>Método del plano como filo</u>

En la figura 5.20 se da el plano oblicuo total ABC y la recta oblicua 1-2. Hallar la intersección del plano y la línea.

1. Dibuje la recta auxiliar c_H-x_H paralela a H/V
2. Proyecte el punto x_H sobre la recta a_V-b_V y únala con el punto c_V. La recta resultante x_V-c_V se mostrará en su verdadera magnitud.
3. Trace una nueva línea de referencia V/M perpendicular a x_V-c_V y proyecte todos los puntos del plano y la recta en la proyección auxiliar (M). En esta proyección el plano aparece como un filo y se intersecta con la recta en el punto p_M.
4. Se devuelve la proyección del punto p_M al plano vertical de tal manera que intersecte en la recta 1_V-2_V formando el punto p_V (intersección de la recta en el plano).
5. A partir del punto p_V trazamos una línea de relación hacia el plano (H), el punto p_H estará contenido en la recta 1_H-2_H.
6. Visualice la posición correcta del plano y la recta, utilizando el procedimiento explicado en los problemas anteriores.

Fig. 5.20 **Intersección línea y plano oblicuo total**

<u>Método del plano cortante vertical (fig. 5.21)</u>

1. Trazamos un plano vertical que contenga a la línea 1-2, el cual en la proyección horizontal aparece como una línea que coincide con 1_H-2_H (P.C.).
2. Hallamos la proyección vertical de la intersección del plano cortante vertical y el plano ABC, esta intersección corresponde a los puntos x_H y y_H en la proyección horizontal, proyectamos entonces el punto x_H hasta la recta a_V-b_V (x_V) y el punto y_H a la recta a_V-c_V, unimos los dos puntos y el resultado es la recta de construcción x_V-y_V que intersecta a la recta 1_V-2_V en el punto p_V (punto de penetración de la línea en el plano).
3. Se proyecta p_V al plano horizontal hasta que intersecte a 1_H-2_H en el punto p_H
4. Se procede a visualizar el ejercicio y el resultado es la intersección de la línea y el plano dado.

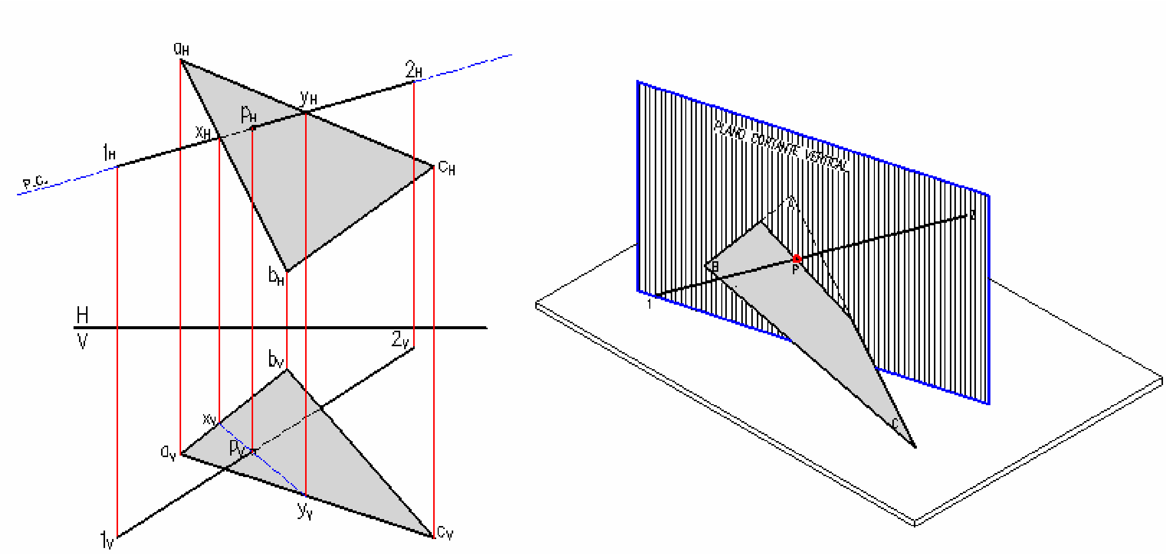


Fig. 5.21 **Intersección línea y plano oblicuo (método del plano vertical)**

Método del plano cortante perpendicular al plano vertical (fig. 5.22)

1. Trazamos un plano perpendicular al plano vertical que contenga a la línea 1-2, el cual en la proyección vertical aparece como una línea que coincide con 1_V-2_V (P.C.).
2. Hallamos la proyección horizontal de la intersección del plano cortante vertical y el plano ABC, esta intersección corresponde a los puntos x_V y y_V en la proyección vertical, proyectamos entonces el punto x_V hasta la recta a_H-c_H (x_H) y el punto y_V a la recta b_H-c_H, unimos los dos puntos y el resultado es la recta de construcción x_H-y_H que intersecta a la recta 1_H-2_H en el punto p_H (punto de penetración de la línea en el plano).
3. Se proyecta p_H al plano vertical hasta que intersecte a 1_V-2_V en el punto p_V
4. Se procede a visualizar el ejercicio y el resultado es la intersección de la línea y el plano dado.

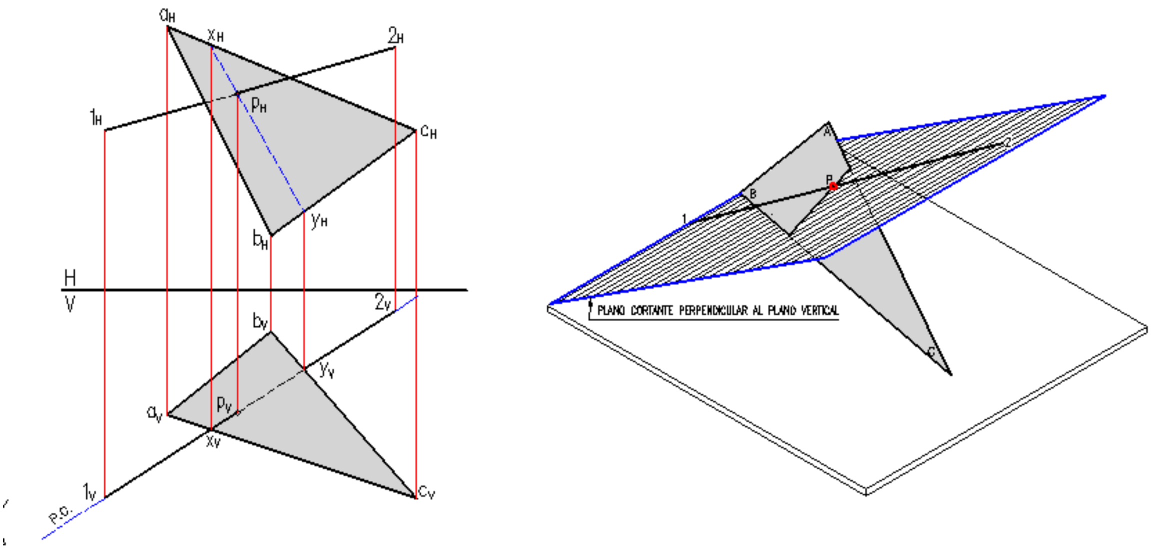


Fig. 5.22 **Intersección línea y plano oblicuo (método del plano cortante perpendicular al plano vertical)**

Ejercicios resueltos de intersección línea plano oblicuo por el método del plano cortante (figs. 5.23 y 5.24)

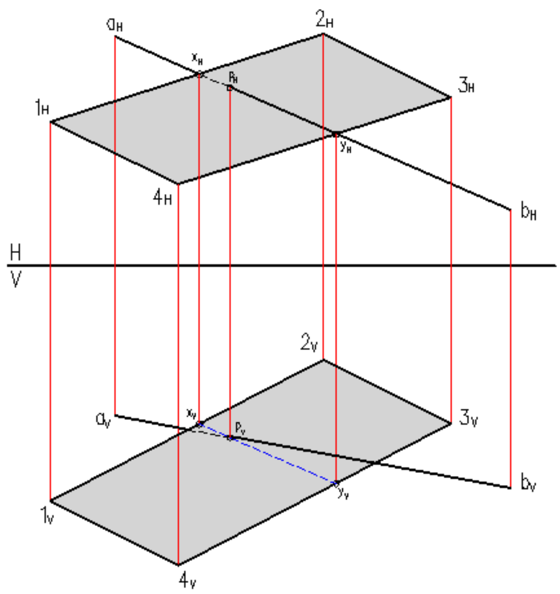


Fig. 5.23

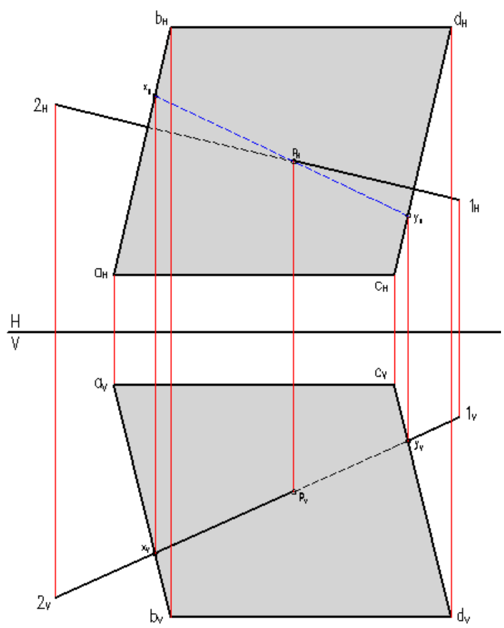


Fig. 5.24

Intersección de dos planos

En la figura 5.25 se dan las proyecciones H y V de un plano oblicuo 1-2-3-4 y un plano vertical ABCD, para hallar la intersección de los planos se procede de la misma forma que en la intersección de línea y plano, sin embargo, hay que hallar dos puntos de penetración, puntos que al unirlos nos da una recta y que corresponde a la intersección de los planos del espacio.

En este problema uno de los dos planos aparece como filo directamente en una de las proyecciones fundamentales, por tanto, la solución a dicha intersección puede construirse aplicando el ***método del plano como filo***.

1. El punto p_H corresponde a la intersección de la recta 1_H-2_H con el plano ABCD, se proyecta dicho punto hasta que corte la recta 1_V-2_V en la proyección vertical.
2. Aplicamos el mismo procedimiento con el punto p'_H para encontrar su proyección en el plano vertical (p'_V).
3. Unimos p_V-p'_V y el segmento resultante es la intersección de los planos dados.
4. Se visualiza el ejercicio para mostrar la parte visible y oculta de los planos. Es suficiente con encontrar la visibilidad de una de las rectas, en el ejemplo, si el segmento de recta 1V-pV es visible, también los será el segmento 4V-p'V. La recta de intersección de los planos siempre será visible.

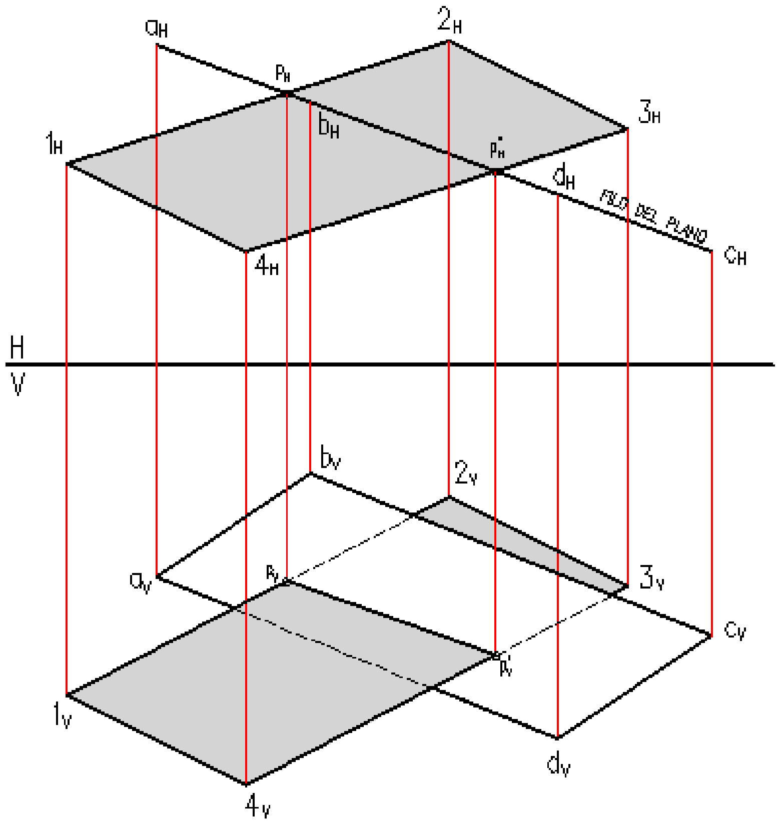


Fig. 5.25 **Intersección de un plano oblicuo y un plano vertical**

En la figura 5.26 se dan las proyecciones H y V de un plano oblicuo 1-2-3-4 y un plano ABCD, perpendicular al plano vertical, para hallar la intersección de los planos, aplicamos el método del plano como filo, explicado en el ejercicio anterior.

1. El punto p_V corresponde a la intersección de la recta 1_V-2_V con el plano ABCD, se proyecta dicho punto hasta que corte la recta 1_H-2_H en la proyección horizontal.
2. Se proyecta el punto p'_V para encontrar su proyección en el plano horizontal (p'_H).
3. Unimos p_H-p'_H y el segmento resultante es la intersección de los planos dados.

Se visualiza el ejercicio para mostrar la parte visible y oculta de los planos.

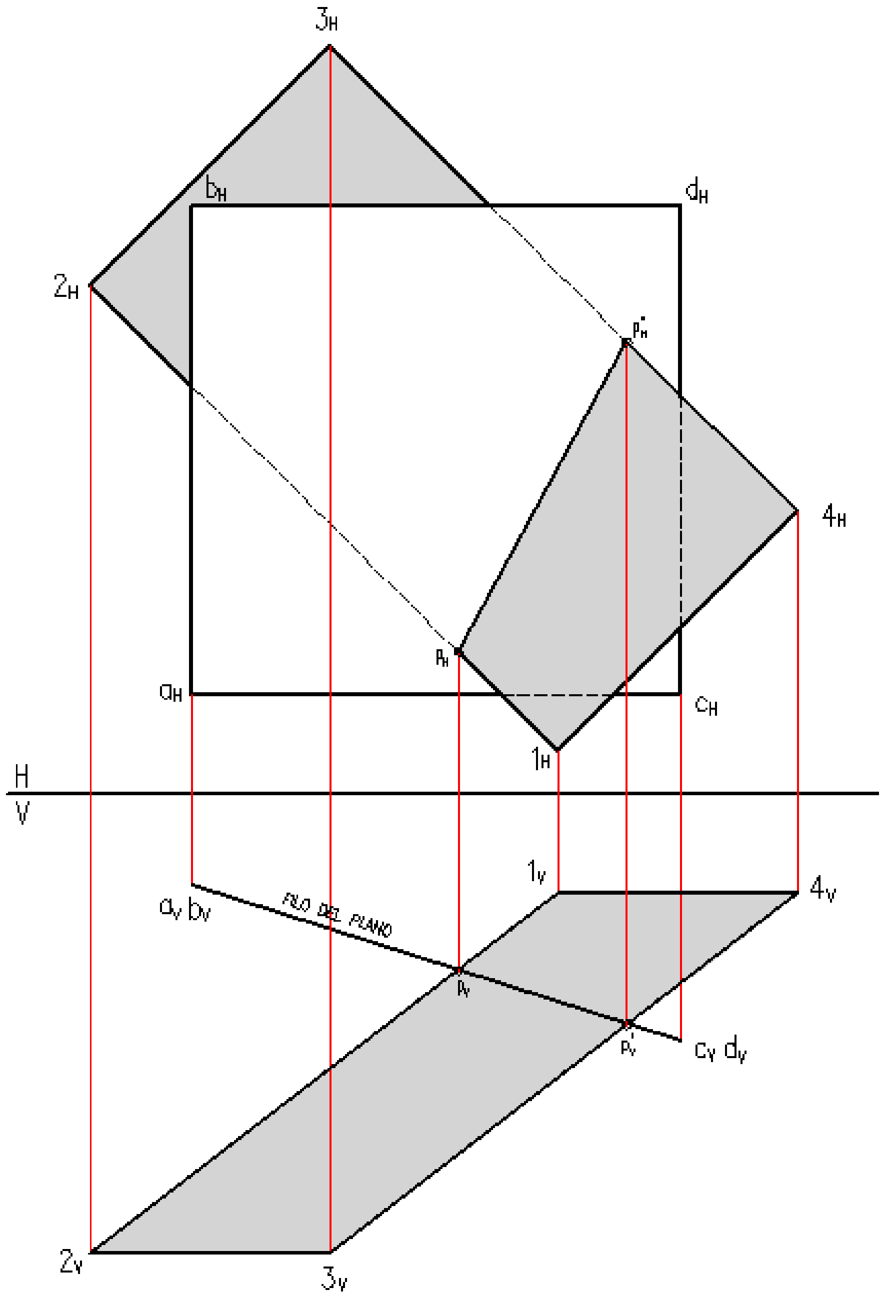
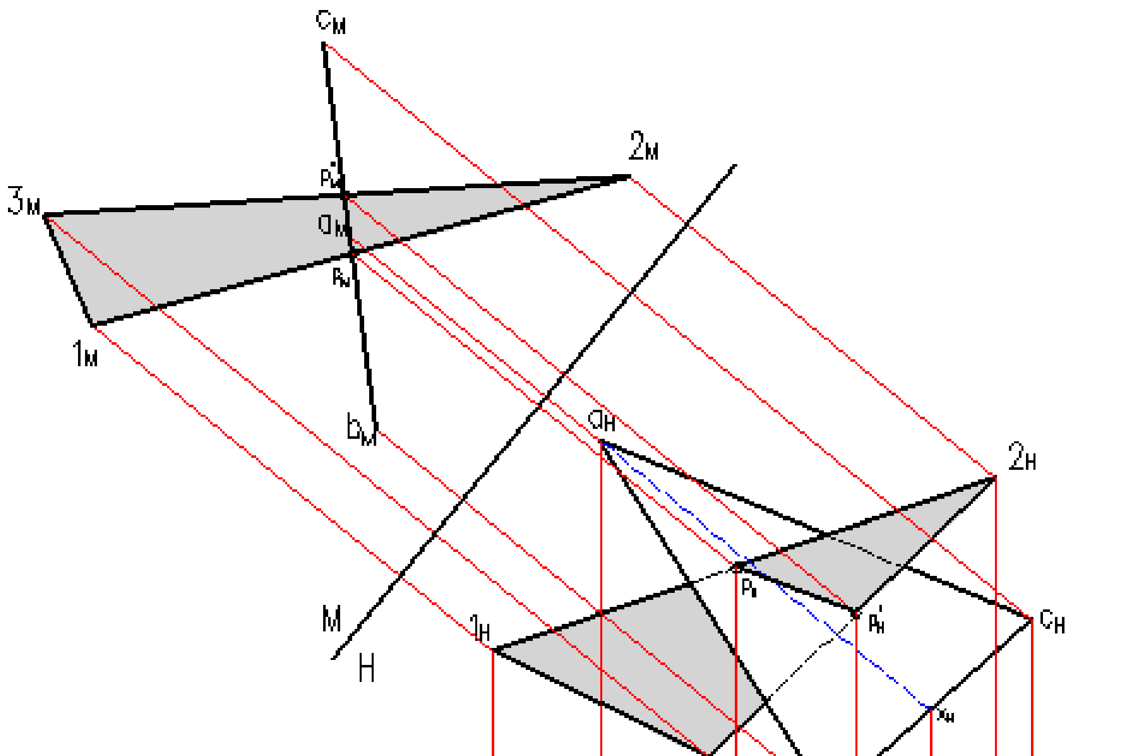


Fig. 5.26 **Intersección de un plano oblicuo y un plano perpendicular al plano vertical**

INTERSECCION DE DOS PLANOS OBLICUOS TOTAL

Método del plano como filo (fig. 5.27)



PROCEDIMIENTO:

1. Dibuje la línea auxiliar a_V-x_V paralela a H/V
2. Proyecte el punto x_V hasta la recta b_H-c_H y únala con el punto a_H
3. Trace una línea de referencia H/M perpendicular a a_H-x_H y proyecte todos los puntos de los planos en la nueva proyección auxiliar (M). El plano ABC se mostrará como una línea.
4. La intersección de la recta 1_M-2_M con el filo del plano y la recta 2_M-3_M respectivamente, serán los puntos p_M y p'_M, que al unirlos forman la intersección de los planos dados.
5. Devuelva los puntos anteriores a las proyecciones H y V, situándolos sobre sus correspondientes rectas del plano 1-2-3.
6. Visualice la solución del ejercicio.

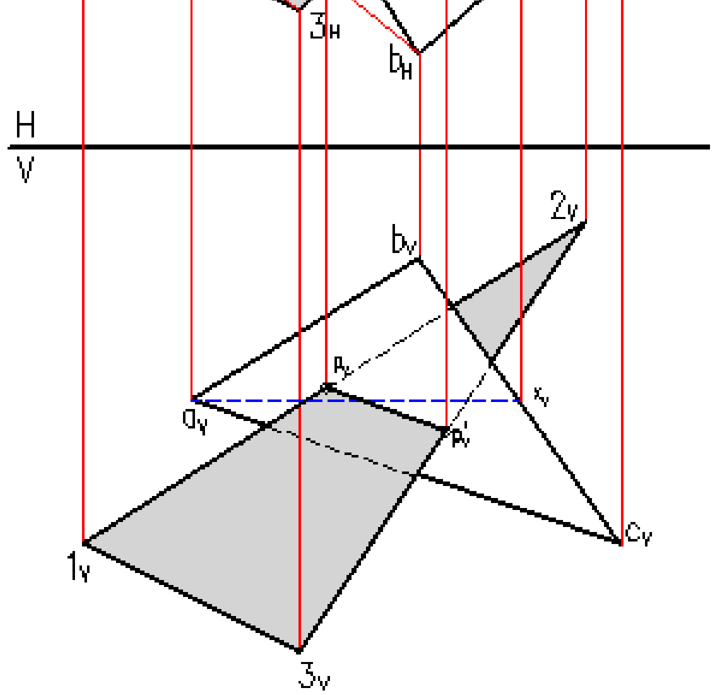


Fig. 5.27 **Intersección de dos planos oblicuos (método del plano como filo)**

Método del plano cortante (fig. 5.28)

DADOS LOS PLANOS OBLICUOS ABC Y 1-2-3 HALLAR SU INTERSECCION POR EL METODO DEL PLANO CORTANTE.

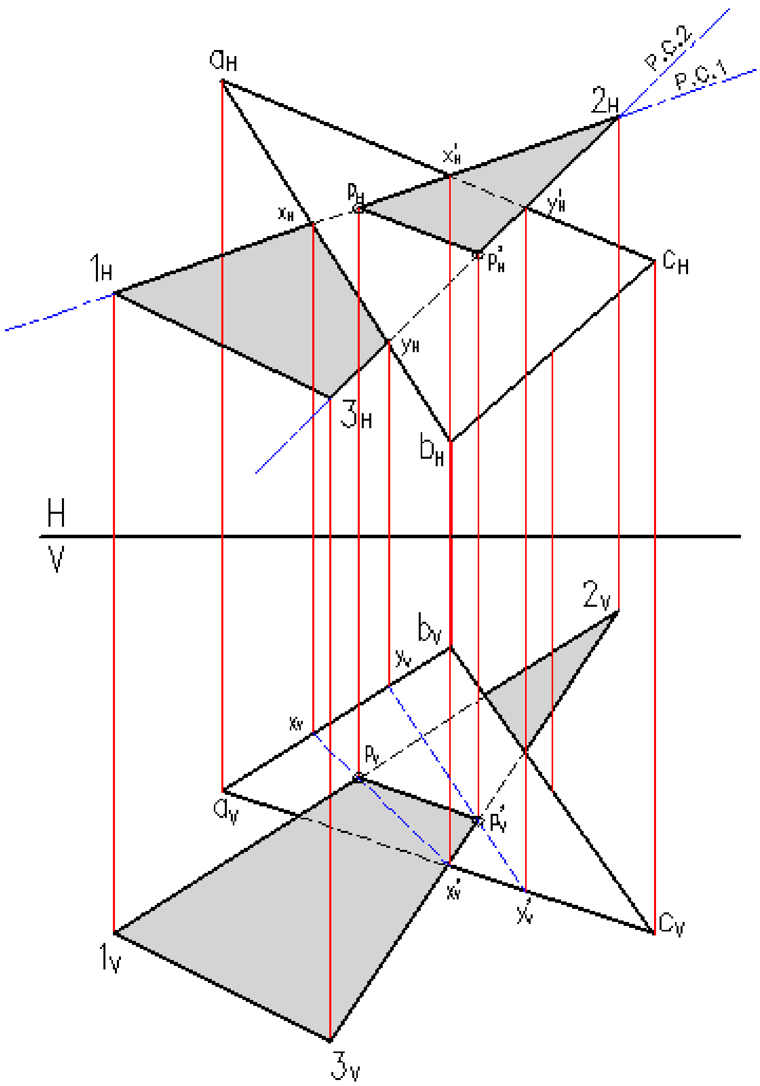


Fig. 5.28 **Intersección de dos planos oblicuos (método del plano cortante)**

PROCEDIMIENTO: (Fig-5.28)

1. Se traza el plano cortante vertical **P.C.1** que contenga la recta 1_H-2_H
2. Proyecte la intersección del plano **P.C.1** (x_H-x'_H) hacia la proyección vertical, el punto x_V sobre la recta a_V-b_V y el punto x'_V en la recta a_V-c_V.
3. Una los puntos anteriores con un segmento de recta, dicha recta corta a 1_V-2_V en el punto p_V (primer punto de intersección)
4. Dibuje un nuevo plano cortante vertical **P.C.2** haciéndolo coincidir con la recta 2_H-3_H
5. Proyecte la intersección de **P.C.2** (y_H -y'_H) hasta que corte las rectas a_V-b_V y a_V-c_V respectivamente
6. Dibuje el segmento de recta de dicha intersección en la proyección vertical (y_V-y'_V), el segmento anterior corta la recta 3_V-2_V en el punto p'_V (segundo punto de intersección)
7. La unión de p_V-p'_V es la proyección vertical de la intersección de los planos dados
8. Devuelva los puntos anteriores al plano de proyección horizontal, de tal manera que el punto p_H esté situado en la recta 1_H-2_H y el punto p'_H en la recta 3_H-2_H
9. Visualice el ejercicio

Problemas propuestos sobre proyección del plano

5.1. Dibuje la verdadera magnitud del plano (Figuras 5-a, 5-b, 5-c y 5-d)

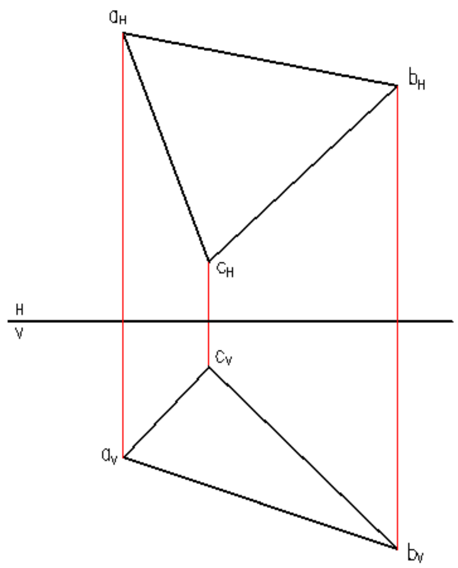


Fig. 5-a

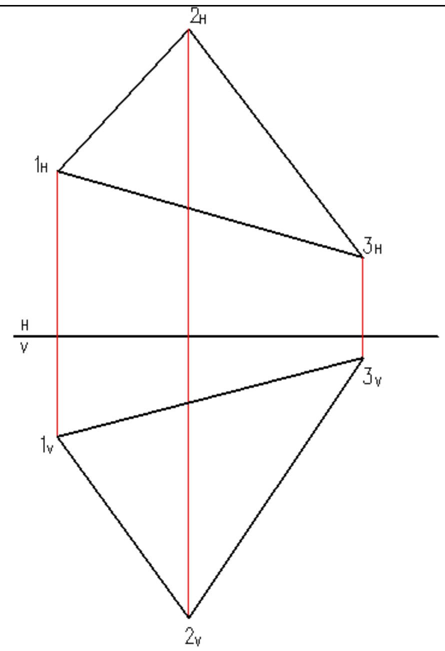


Fig. 5-b

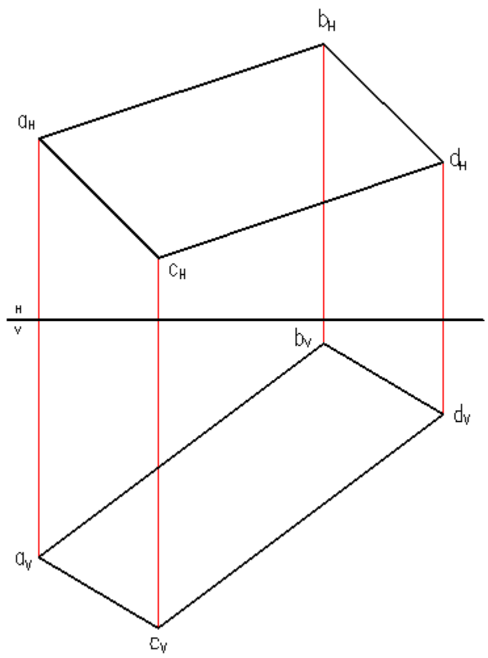


Fig. 5-c

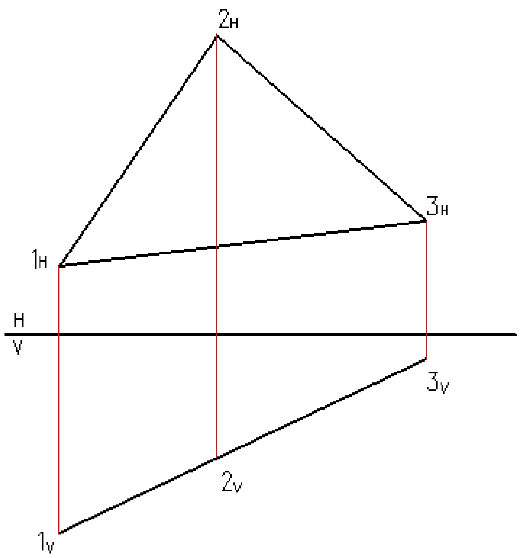


Fig. 5-d

5.2. Hallar la intersección entre de la línea y el plano, utilizando el <u>método del plano cortante</u>. Visualice el ejercicio (Figuras 5-e, 5-f, 5-g y 5-h)

5.3. Hallar la intersección entre de la línea y el plano, utilizando el <u>método del plano como filo</u>. Visualice el ejercicio (Figuras 5-i, 5-j)

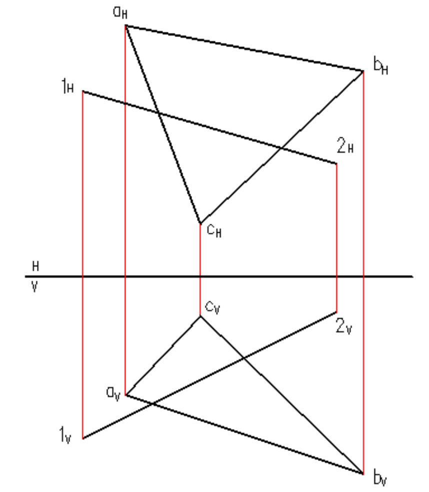


Fig. 5-e

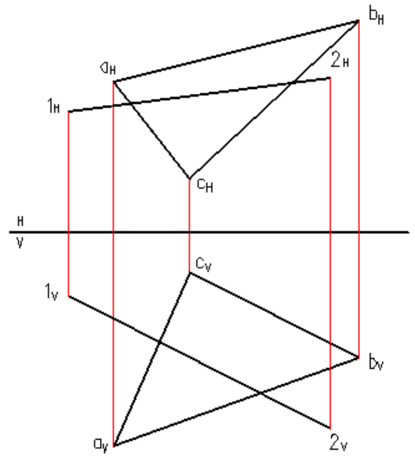


Fig. 5-f

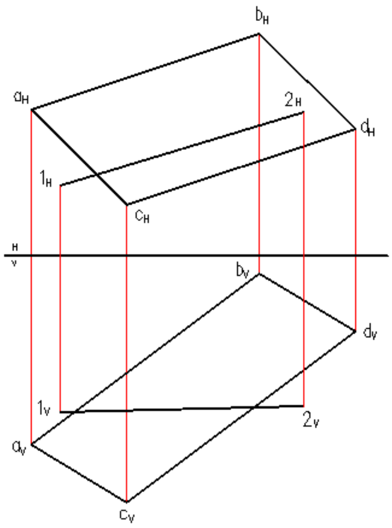


Fig. 5-g

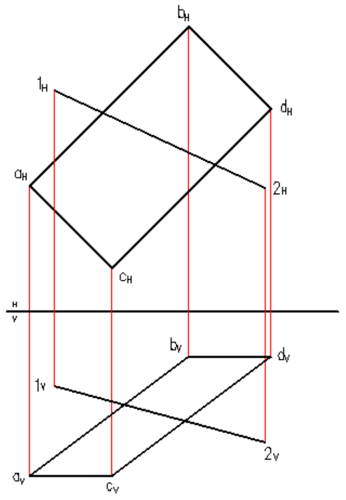


Fig. 5-h

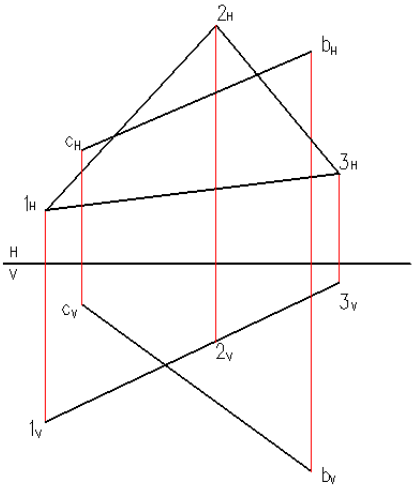


Fig. 5-i

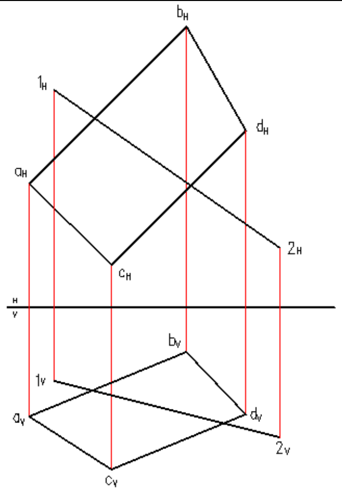


Fig. 5-j

5.4. Hallar la intersección de los planos dados, utilizando el método del plano como filo. Visualice el ejercicio (Figuras 5-k, 5-l)

5.5. Hallar la intersección entre de la línea y el plano, utilizando el método del plano cortante. Visualice el ejercicio (Figuras 5-m, 5-n)

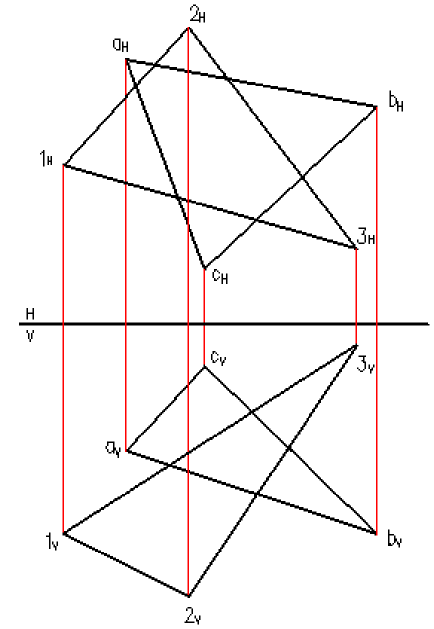


Fig. 5-k

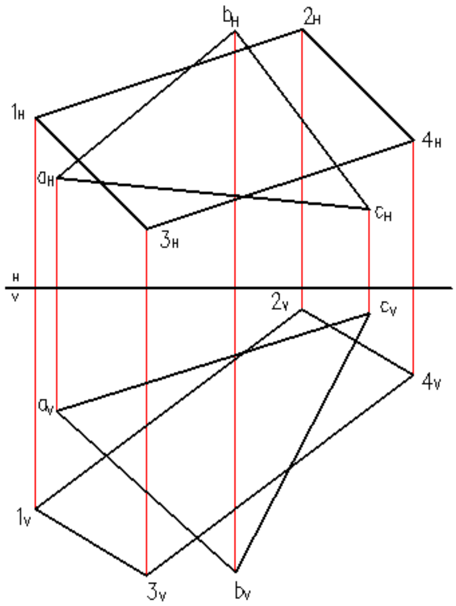


Fig. 5-l

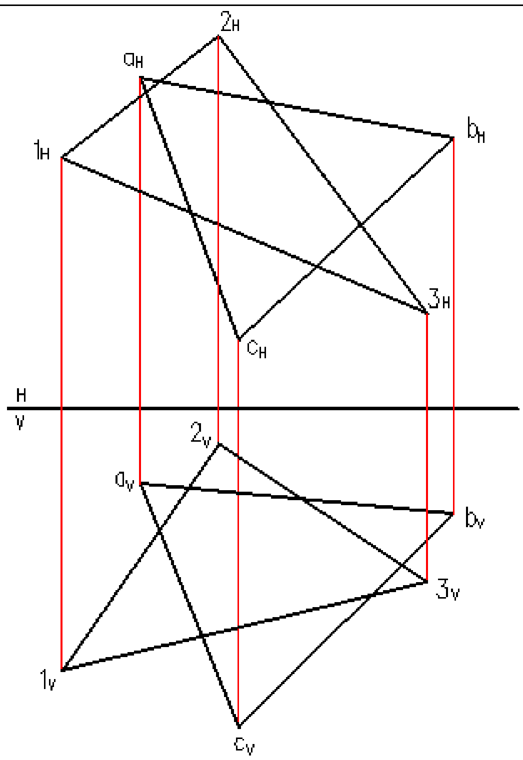


Fig. 5-m

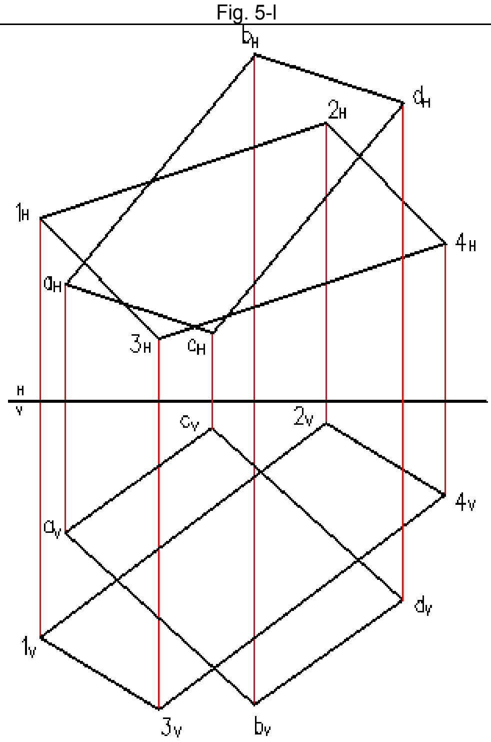


Fig. 5-n

5.6. Hallar la intersección entre de la línea y el plano, utilizando el método del plano cortante. Visualice el ejercicio (Figuras 5-o a la 5-r)

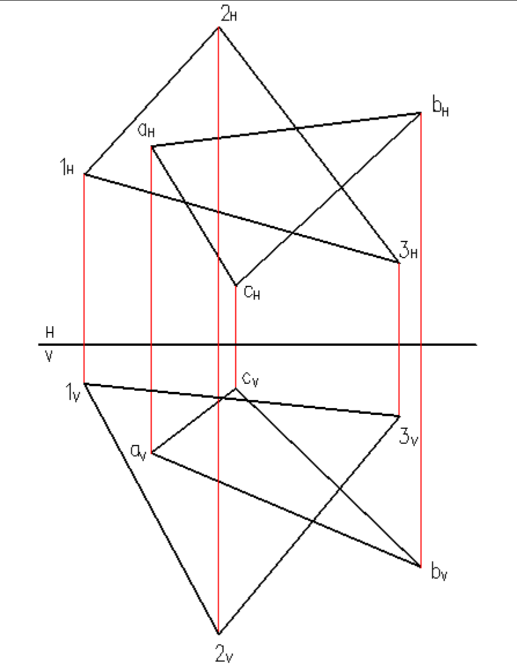


Fig. 5-o

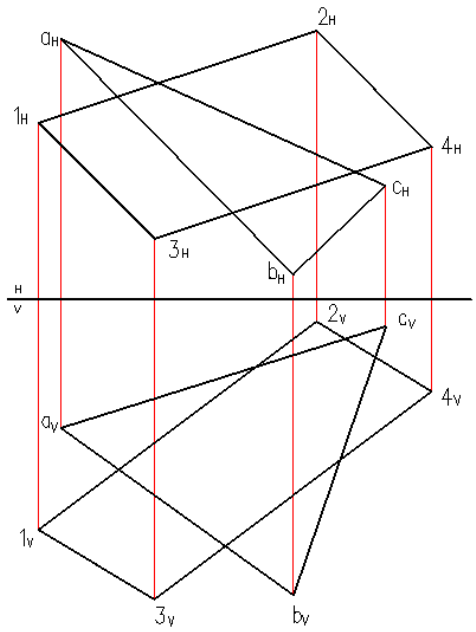


Fig. 5-p

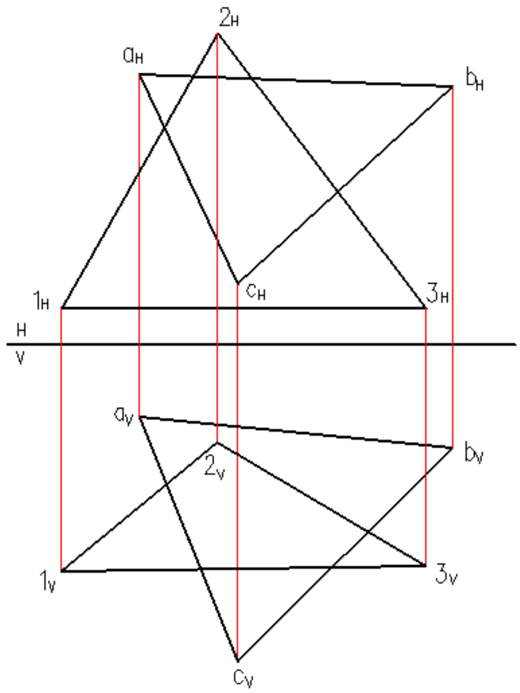


Fig. 5-q

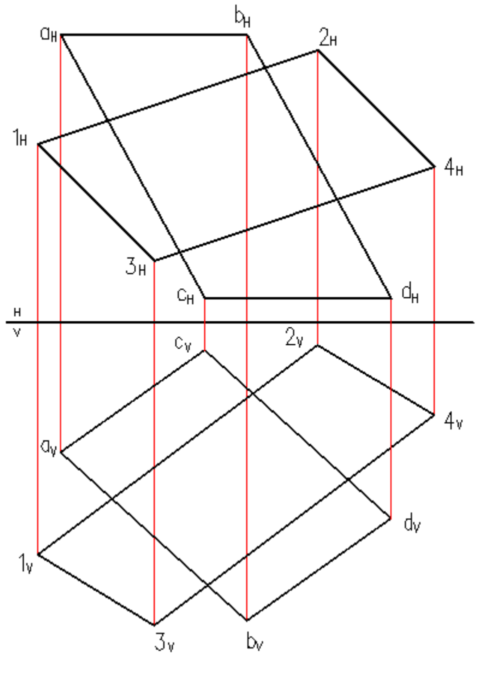


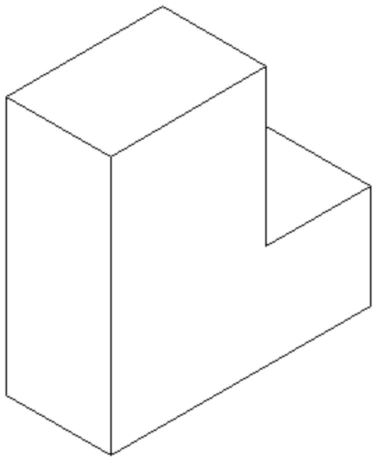
Fig. 5-r

Capítulo 6

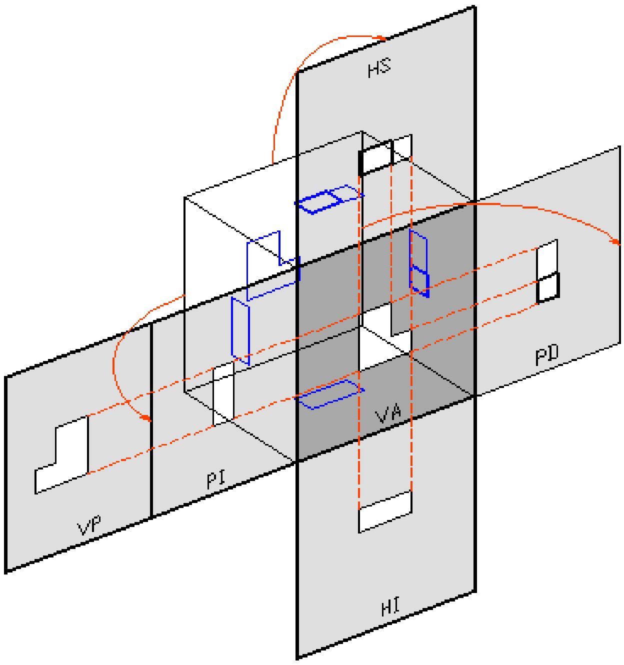
PROYECCION DE CUERPOS SÓLIDOS

En el capitulo 2 estudiamos los fundamentos del Sistema de proyección diédrico o doble ortogonal, a través de este sistema representamos los objetos del espacio sobre una misma superficie bi-dimensional, proyectando dichos objetos, llámese punto, línea, plano ó cuerpo sólido, sobre planos de proyección horizontales, verticales ó aún planos oblicuos, a los primeros los denominamos proyecciones principales y a los últimos proyecciones auxiliares. En los capítulos siguientes estudiamos y resolvimos problemas de la proyección del punto, la línea y el plano. En este capitulo veremos como se proyecta un sólido en su vistas principales e igualmente en proyecciones auxiliares, estas proyecciones permitirán conocer las características exactas del sólido y resolver problemas con el mismo. (Ver Figuras 6.1 y 6.2)

En el capitulo siguiente (Capitulo 7 – PROYECCION AXONOMETRICA), aprenderemos a realizar el proceso reversible, es decir, a partir de proyecciones principales, obtener un tipo de proyección especial, que si bien, sigue siendo ortogonal, permite una representación del sólido en el cual podemos ver todas sus dimensiones (VISTA VOLUMETRICA).



\Fig. 6.1 **Sólido**



\Fig. 6.2 **Proyecciones principales de un sólido**

Proyección ortogonal de sólidos

PROYECCIONES FUNDAMENTALES (H, V Y P)

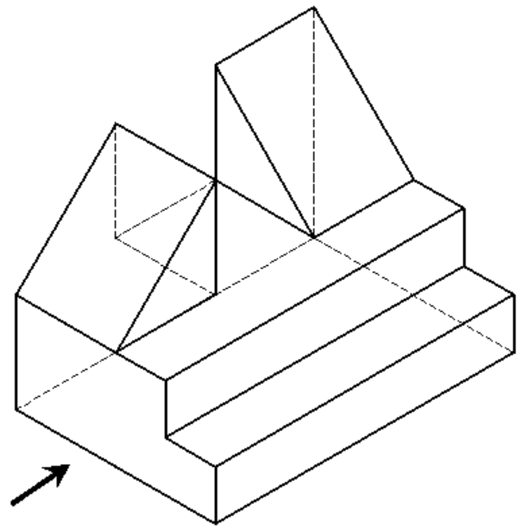
Dado el sólido de la figura 6.3, construir su proyecciones fundamentales (Horizontal, Vertical y Perfil).

En éste ejemplo y los siguientes del presente capítulo, tomaremos como posición del observador, la dirección marcada con la flecha, esto determina entonces la vista frontal ó proyección vertical del sólido, para efectos de la correcta representación del mismo en las tres proyecciones.

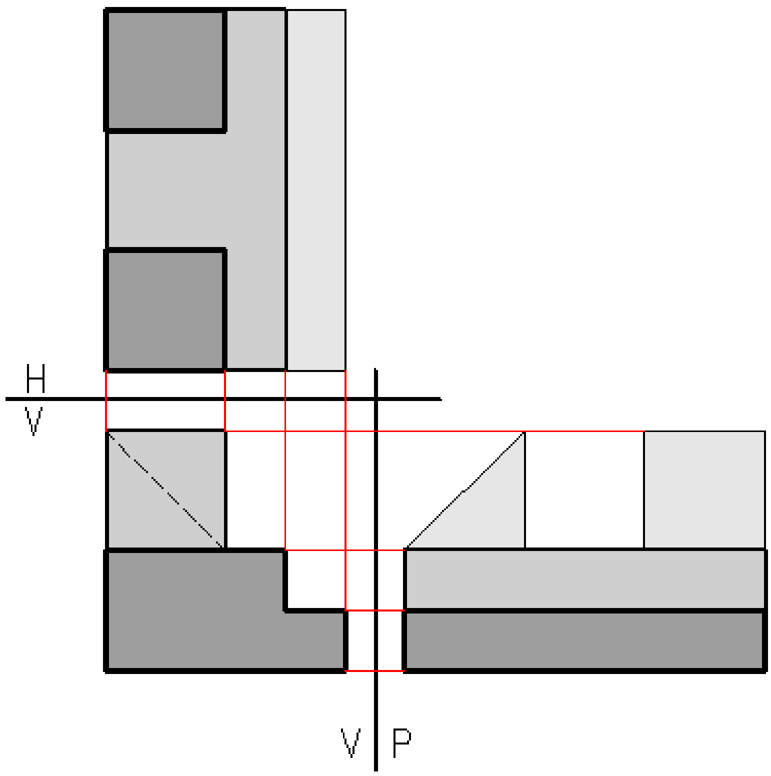
Los planos visibles en la cada proyección se dibujarán con líneas continuas, diferenciando su profundidad ó alejamiento del observador con una disminución de la intensidad de los trazos, los planos ubicados más cerca del observador, líneas de intensidad fuerte y los más lejanos con menor intensidad.

Las aristas de planos ocultos se deben representar con líneas punteadas de intensidad suave.

Ver Figura 6.4



\Fig. 6.3



\Fig. 6.4 **Proyecciones H,V,P del sólido**

Ejemplos resueltos de proyecciones ortogonales de sólidos

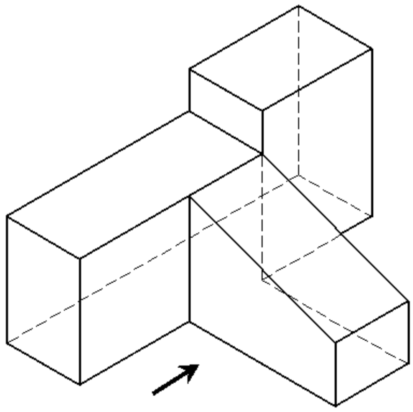


Fig. 6.5 **Sólido 1**

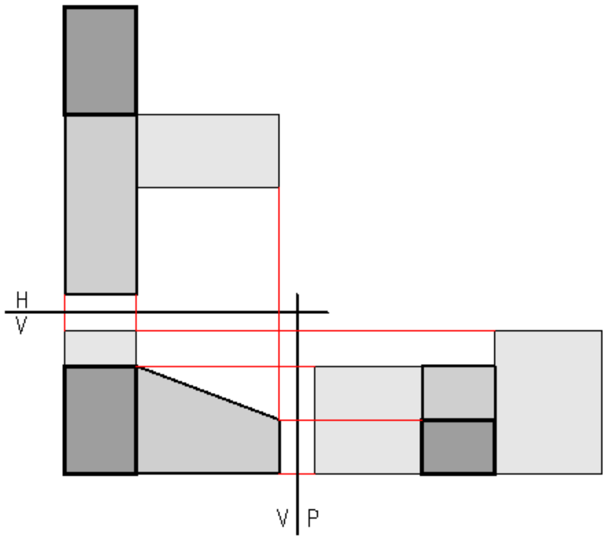


Fig. 6.6 **Proyecciones H,V,P del sólido 1**

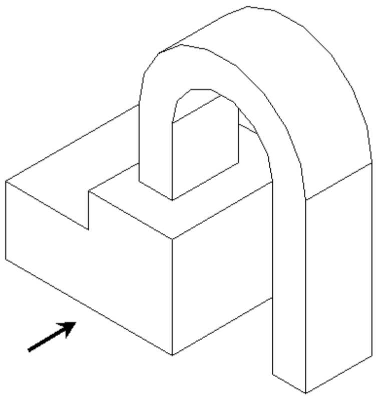


Fig. 6.7 **Sólido 2**

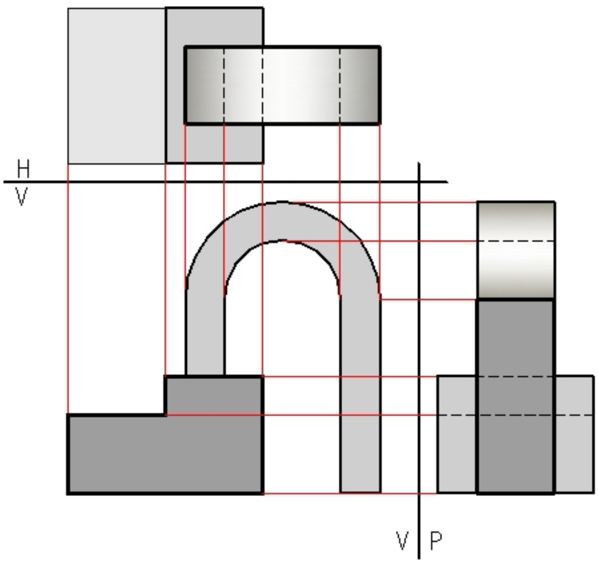


Fig. 6.8 **Proyecciones H,V,P del sólido 2**

Proyecciones ortogonales de objetos arquitectónicos

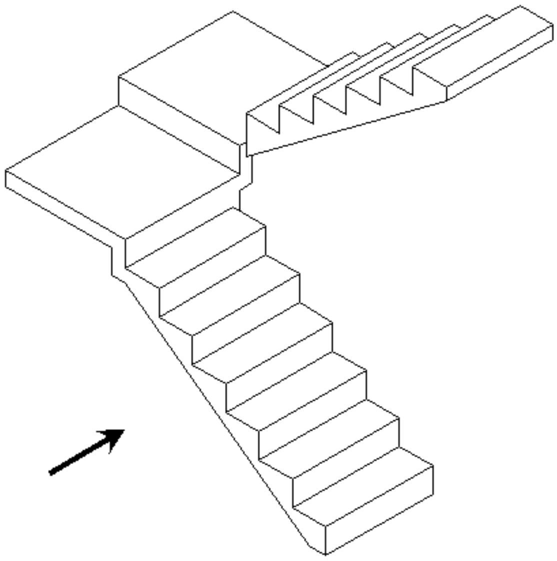


Fig. 6.9 **Escalera de dos tramos**

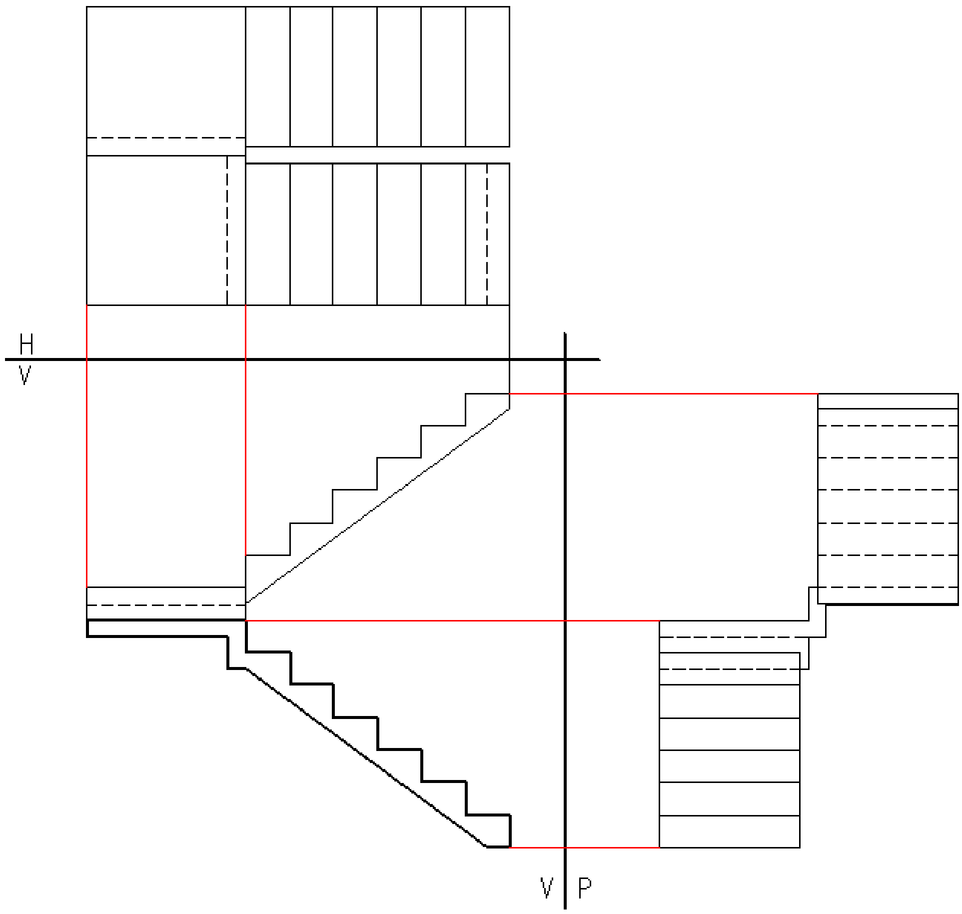


Fig. 6.10 **Proyecciones H,V,P - Escalera de dos tramos**

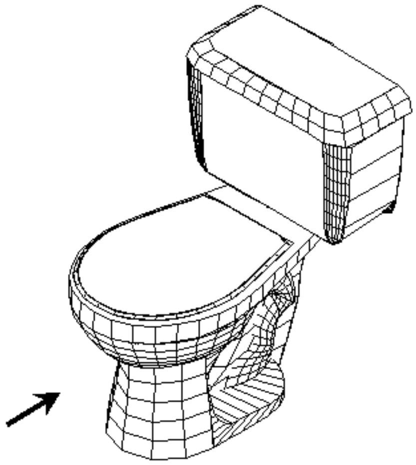


Fig. 6.11 **Sanitario**

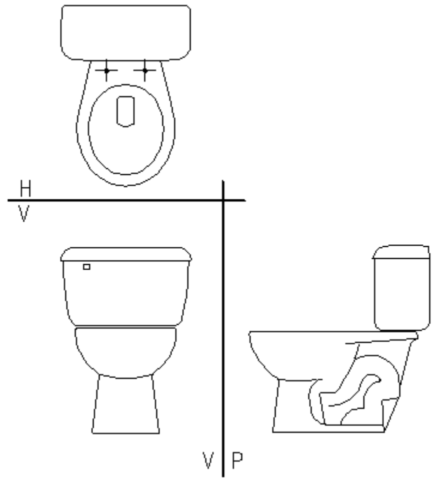


Fig. 6.12 **Proyecciones H,V,P - Sanitario**

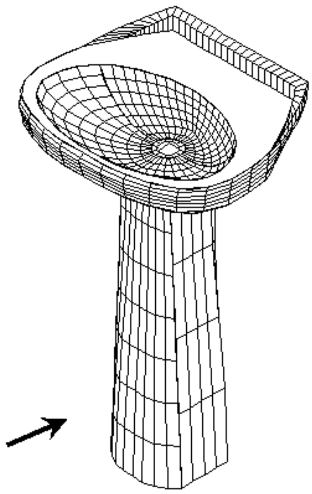


Fig. 6.13 **Lavamanos de pedestal**

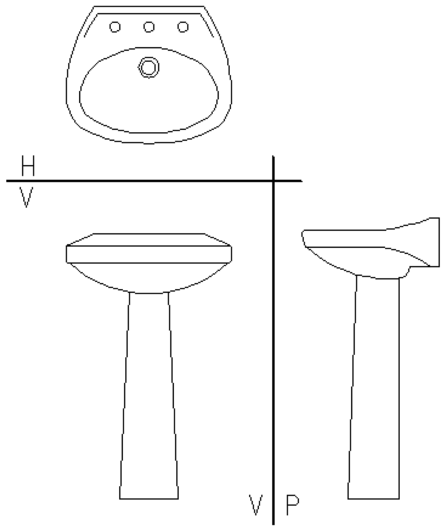


Fig. 6.14 **Proyecciones H,V,P – Lavamanos de pedestal**

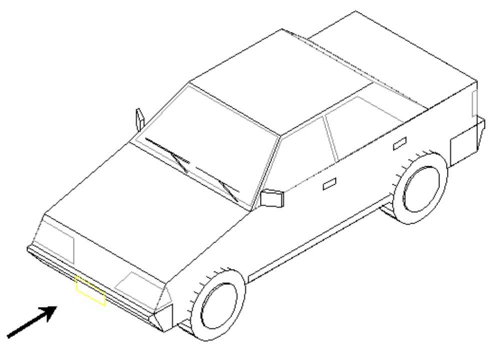


Fig. 6.15 **Carro**

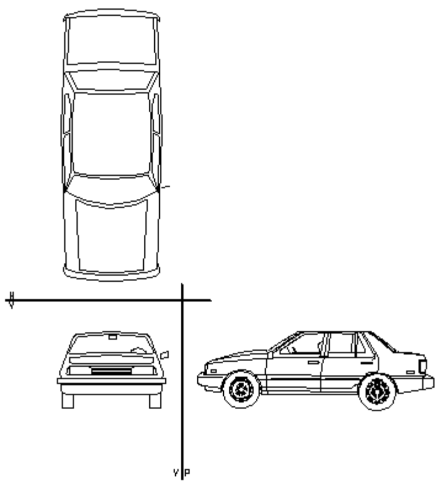


Fig. 6.16 **Proyecciones H,V,P – Carro**

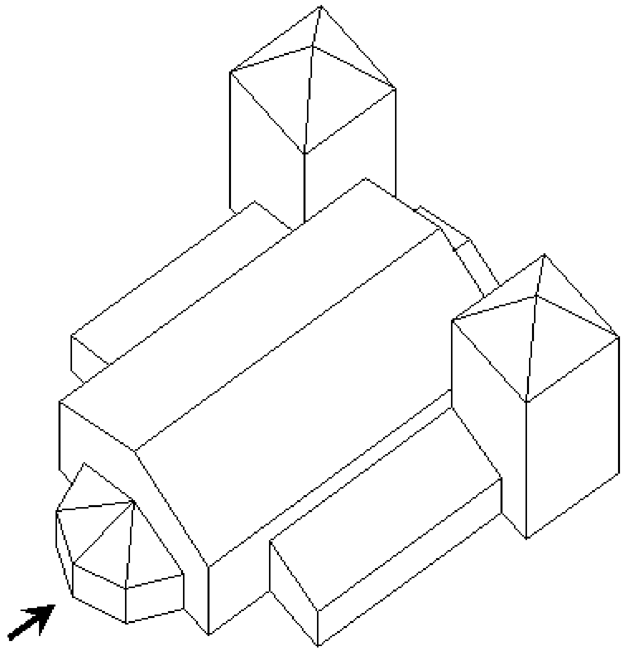


Fig. 6.17 **Volumen arquitectónico**

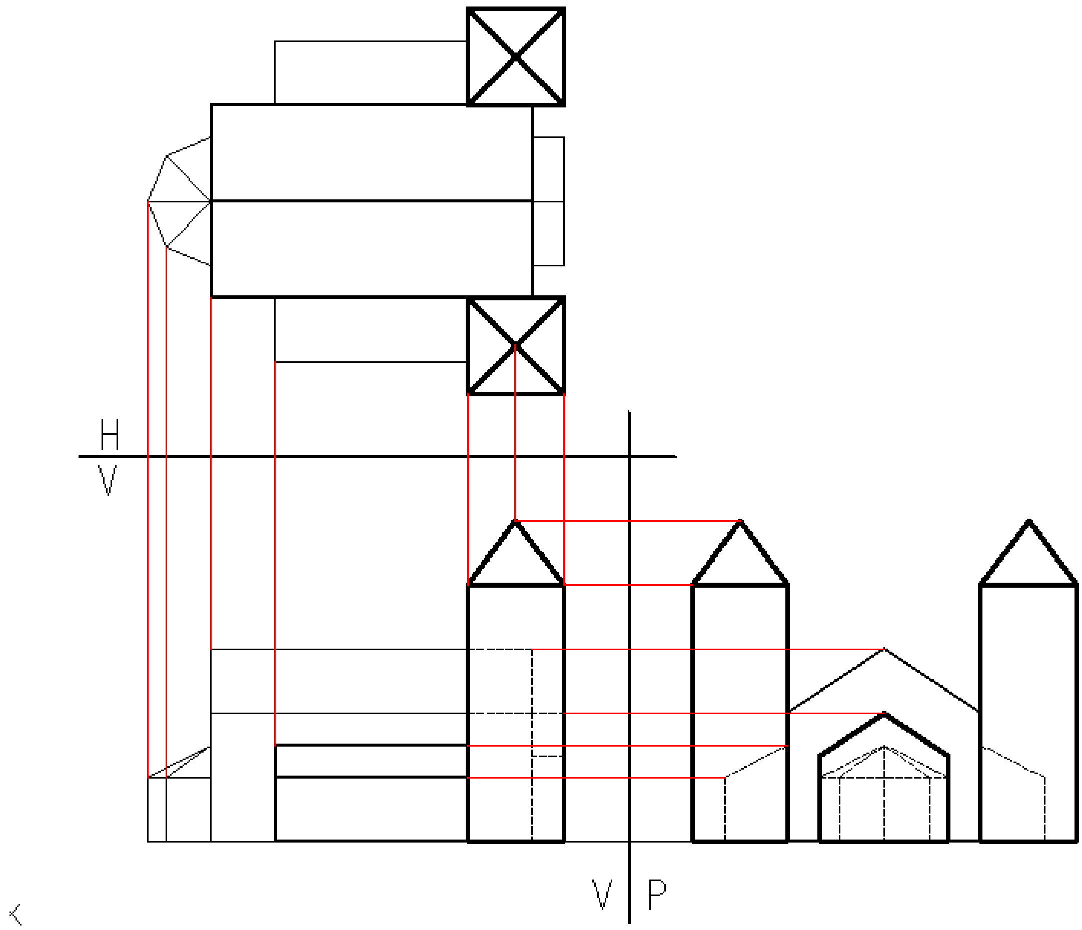


Fig. 6.18 **Proyecciones H,V,P – Volumen arquitectónico**

Proyecciones ortogonales de un proyecto arquitectónico

La representación en proyecciones ortogonales de un proyecto arquitectónico es el conjunto de proyecciones horizontales, verticales y auxiliares que muestren la verdadera magnitud de los elementos del mismo para su concreción final en obra. Este conjunto de proyecciones lo llamaremos **planos del proyecto**.

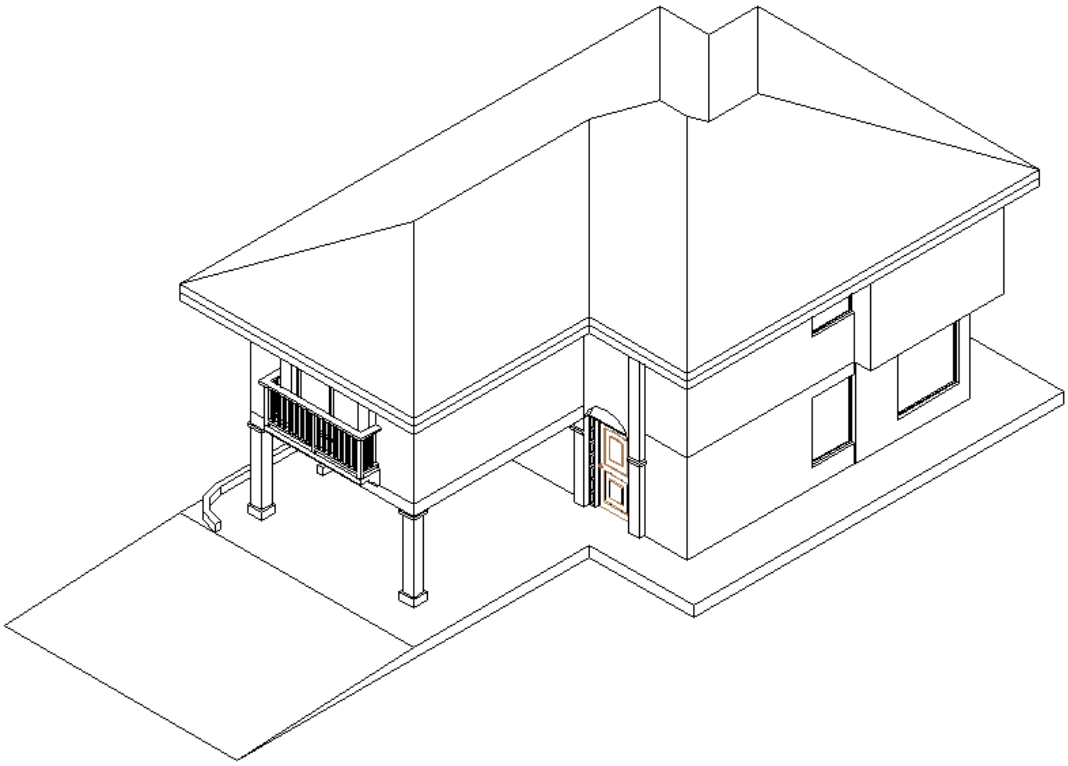


Fig. 6.19

PLANTA ARQUITECTONICA DE CADA PISO

Una planta arquitectónica es una proyección que resulta de cortar el volumen con un plano horizontal, tomado a una altura intermedia de los vanos de puertas y ventanas, si el proyecto tiene mas de un piso ó nivel, se deben realizar igual numero de secciones horizontales.

Cada una de las plantas arquitectónicas se dibuja separada, la posición del observador se asume siempre arriba del volumen. Los elementos que se cortan con el plano se representan con trazos de mayor intensidad y los visibles desde arriba, pero no seccionados se representan con menor intensidad.

En la figura 6.20 se aprecia el volumen arquitectónico de la figura 6.19, seccionado con dos planos horizontales, uno a la altura intermedia de vanos en primer piso y el otro pasando por los vanos del segundo piso. El resultado de cada sección es lo que llamamos planta arquitectónica.

En las figuras 6.21, 6.22 y 6.23 se muestran las plantas arquitectónicas de cada piso y también la planta de la cubierta, esta última, se asume con una proyección horizontal donde el plano de proyección está por encima del volumen. Nótese que además de los elementos proyectados en cada planta, hay una serie de datos adicionales (textos, cotas, especificaciones, convenciones), todas estas anotaciones y convenciones del dibujo son necesarias para la correcta interpretación del proyecto y su posterior construcción.

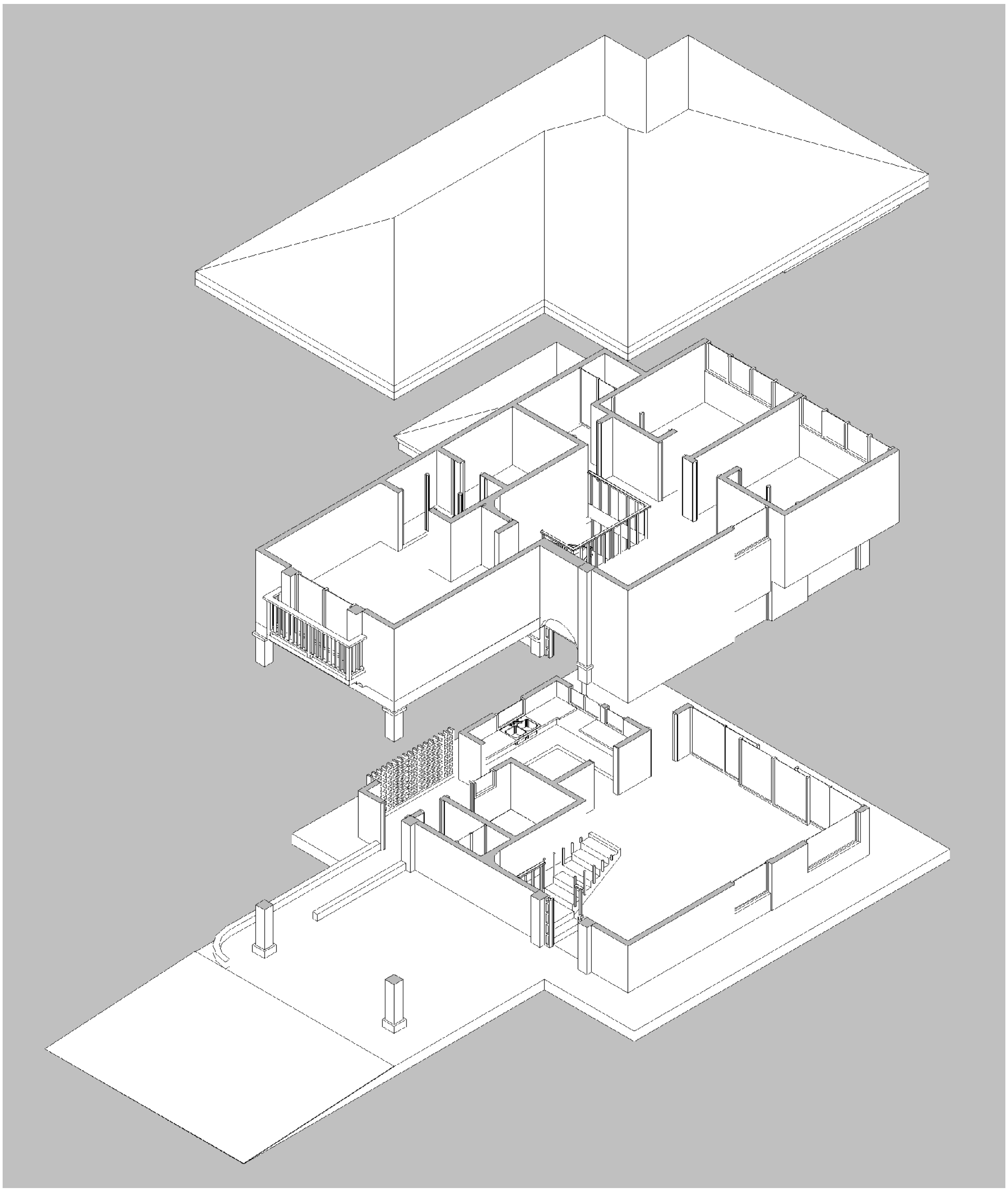
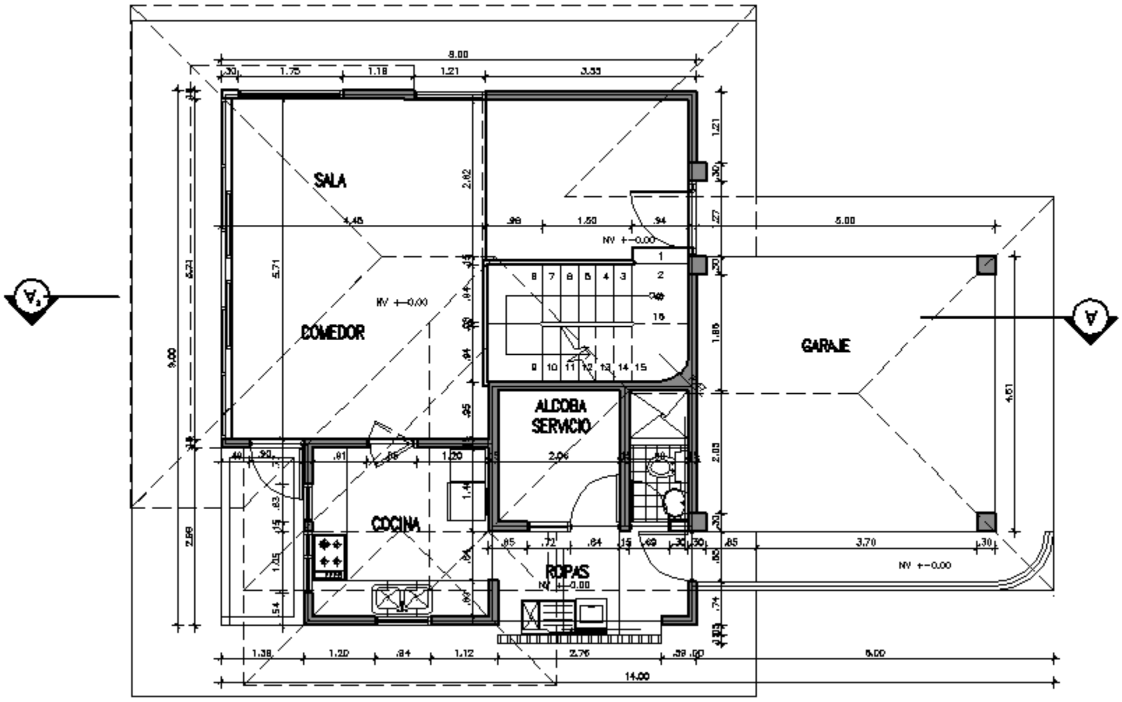
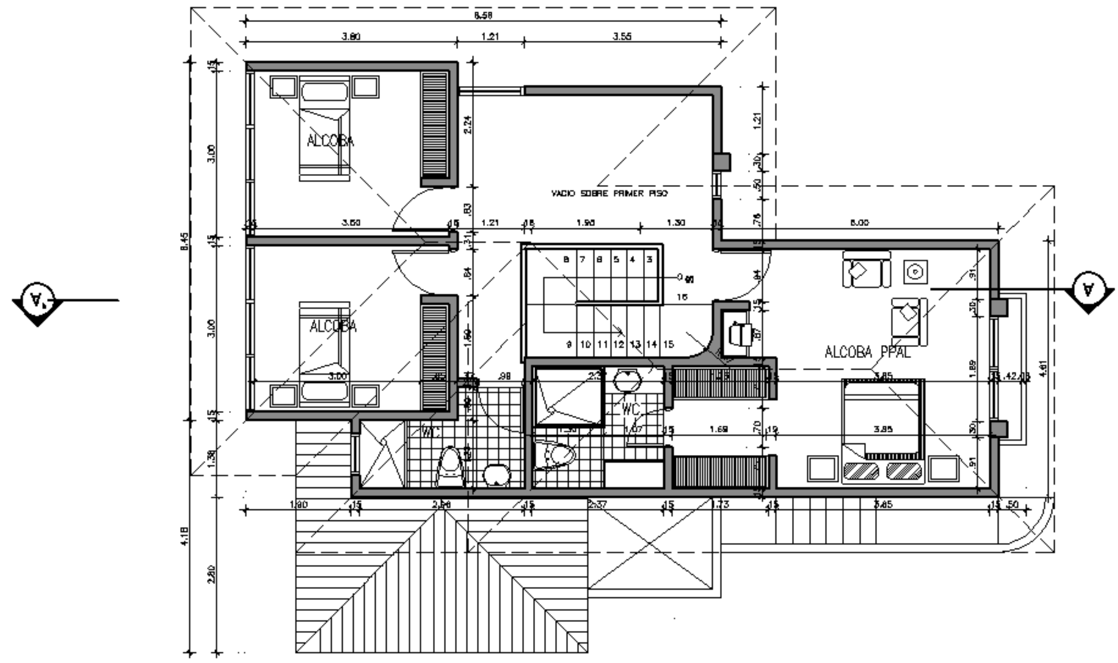


Fig. 6.20 **Volumen arquitectónico cortado con planos horizontales**



PLANTA PRIMER PISO

Fig. 6.21



PLANTA SEGUNDO PISO

Fig. 6.22

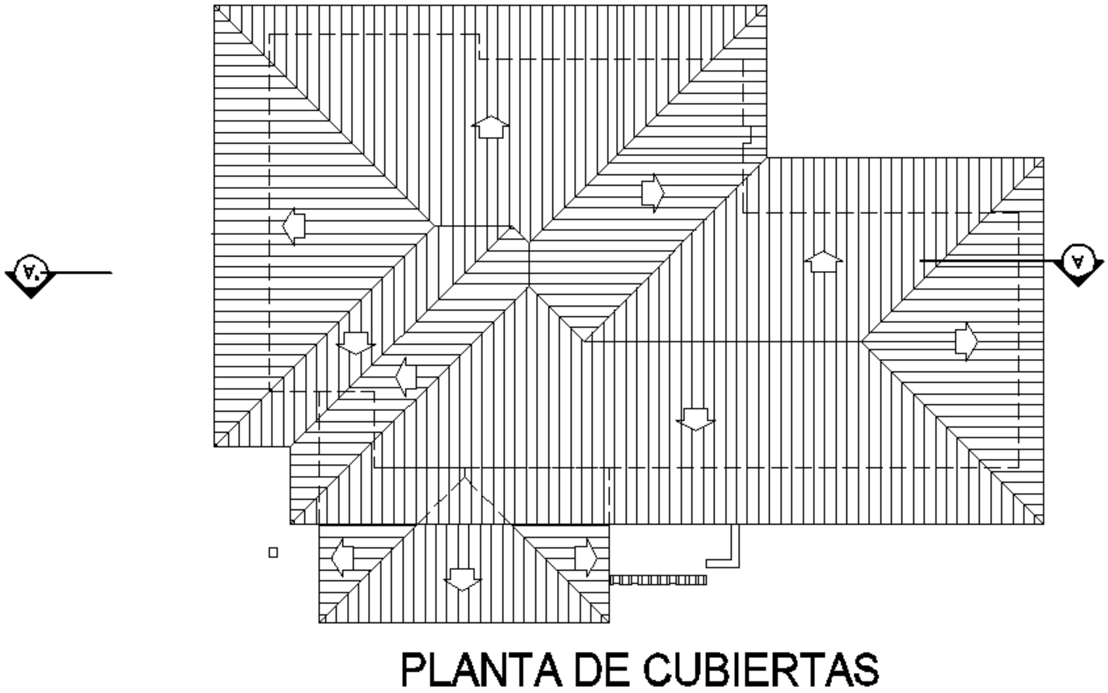


Fig. 6.23

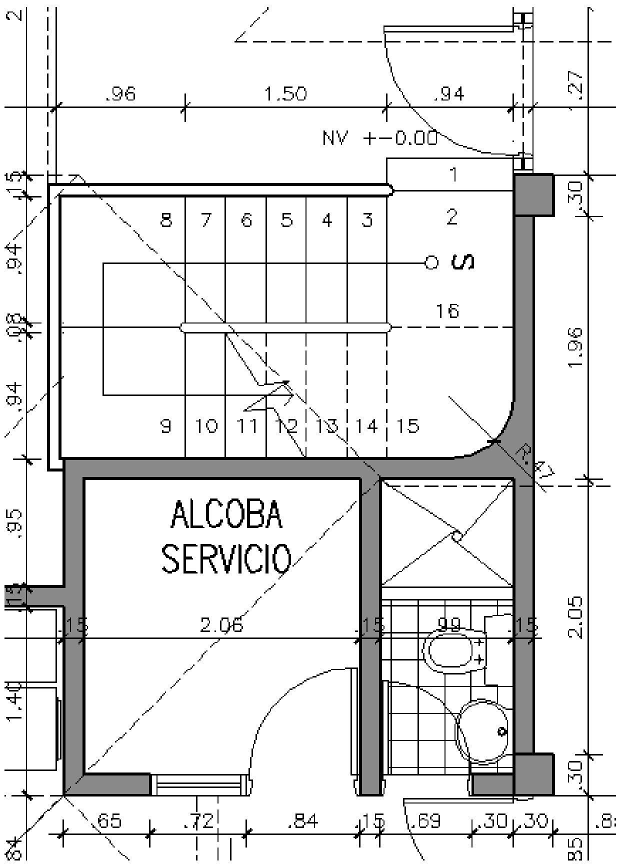


Fig. 6.24

Algunos objetos arquitectónicos tienen una representación en proyecciones que no siempre es fiel resultado del corte que se realiza al volumen.

- Las puertas se representan abiertas y se dibuja un arco que indica el sentido del giro ó barrido de la misma.
- La representación en planta de las escaleras debe dibujarse de una forma particular en cada uno de los pisos, en el primer piso se indica la parte superior del tramo con líneas punteadas que indica que dichos elementos están por encima del plano de proyección, mientras que en el segundo piso aparecen con líneas continuas.
- Los muebles fijos (baños, cocina y ropas) y los no fijos (sala, comedor, alcobas, etc.) se representan con una simplificación de la forma de estos, pero con sus dimensiones reales.
- En algunos espacios como en el ejemplo de la figura 6.24, el baño, se dibuja la trama del piso.
- Finalmente las plantas arquitectónicas son representadas por medio de proyecciones ortogonales donde se muestran los elementos del modelo en sus verdaderas magnitudes y se complementan con anotaciones y convenciones que aseguren la correcta interpretación del proyecto.

FACHADA (S)

Proyecciones verticales tomadas desde el exterior del volumen.

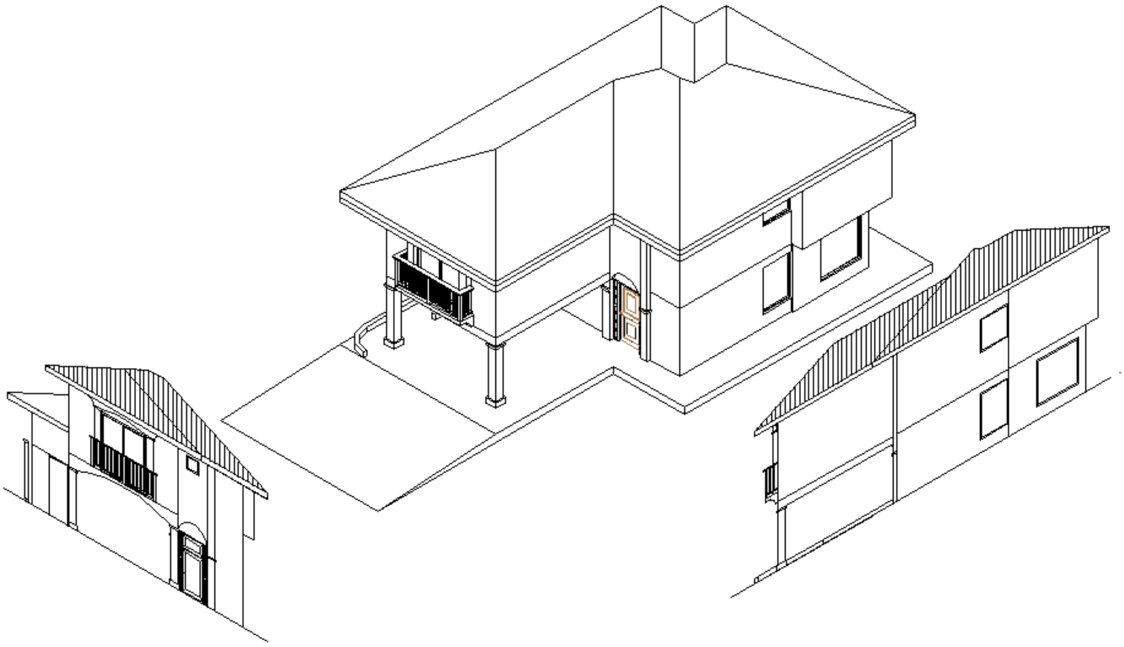
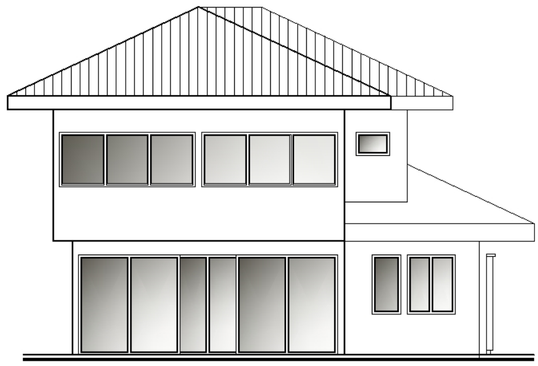


Fig. 6.25

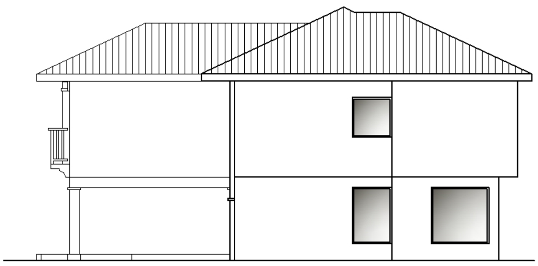
FACHADA FRONTAL

Fig. 6.26



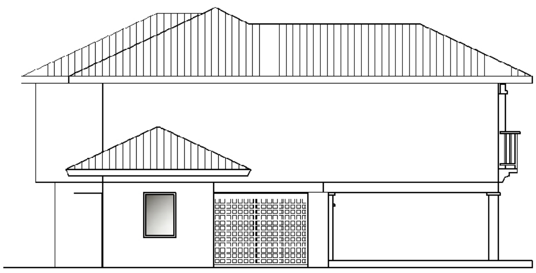
FACHADA POSTERIOR

Fig. 6.27



FACHADA LATERAL DERECHA

Fig. 6.28



FACHADA LATERAL IZQUIERDA

Fig. 6.29

CORTES

Los cortes son proyecciones verticales al igual que las fachadas, sin embargo, estos se realizan cortando el volumen con un plano vertical. (Ver figura 6.30)

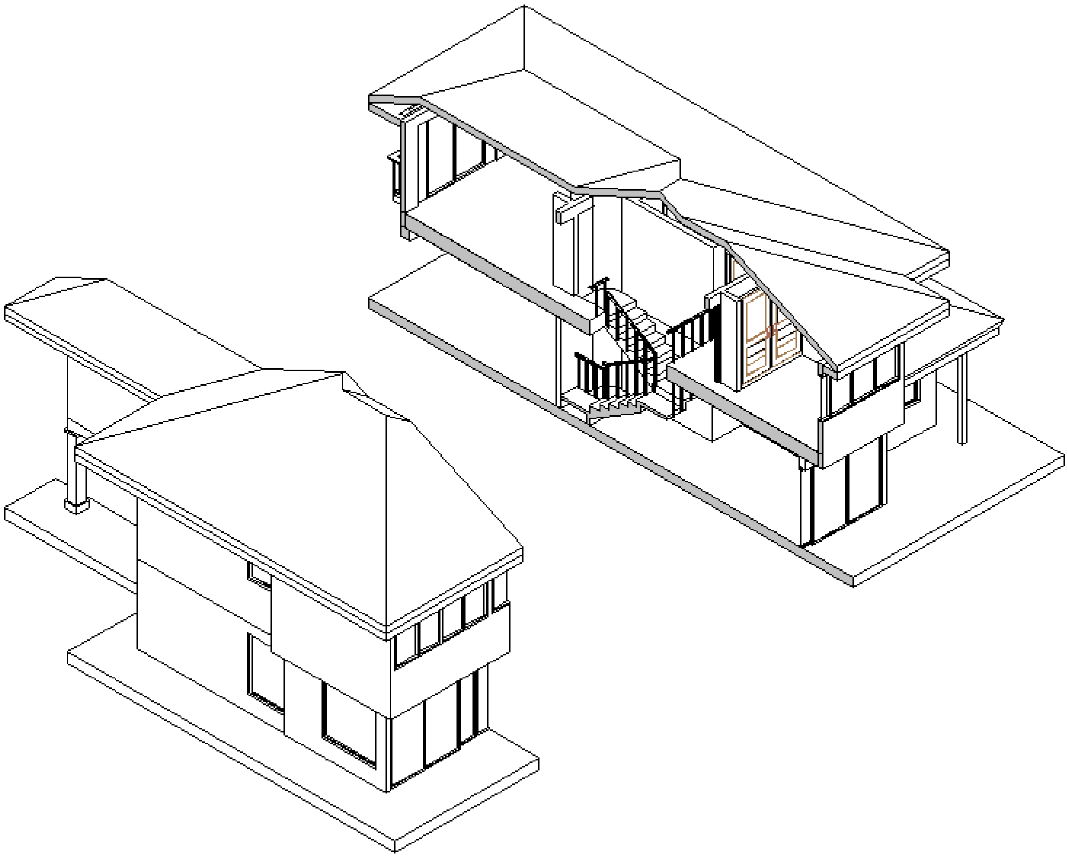


Fig. 6.30

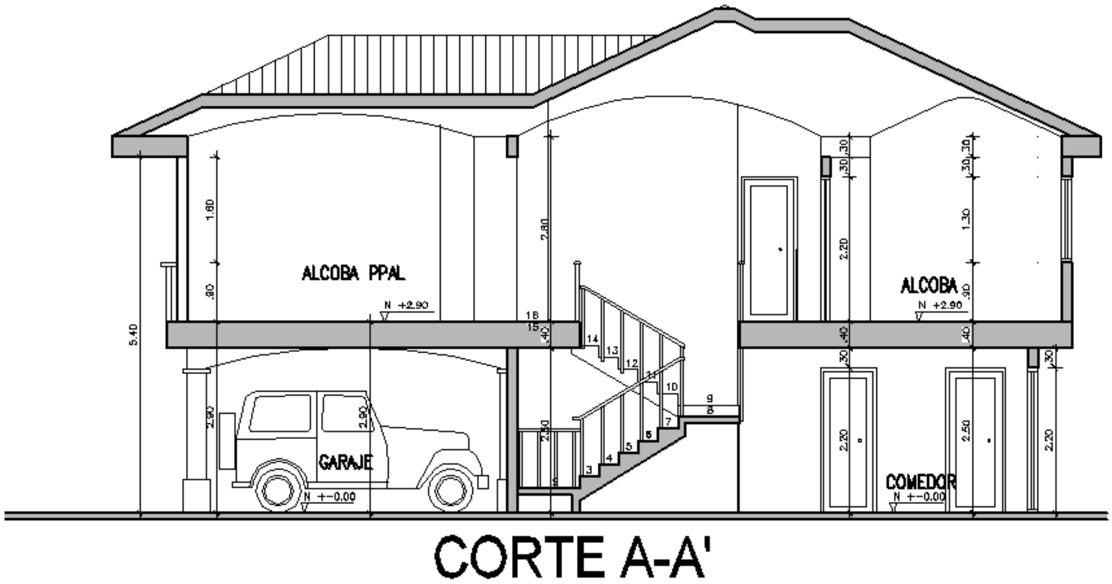


Fig. 6.31

Capítulo 7

EL SISTEMA AXONOMETRICO

Las axonometrías son dibujos resultantes de una proyección ortogonal (isometría, dimetría, trimetría) ó de una proyección oblicua (perspectiva militar y perspectiva caballera), en estas proyecciones, las rectas paralelas mantienen su paralelismo, esta característica las convierte en una herramienta de gran ayuda en los procesos iniciales de diseño, pues son de construcción más rápida y permiten de todas maneras la visualización de las tres dimensiones de los elementos, aspecto que contribuye a una mejor interpretación de los planos del proyecto.

En la representación de los proyectos arquitectónicos podemos utilizar estas axonometrías para mostrar la totalidad de los volúmenes de la edificación y en algunos casos para representar detalles específicos de elementos constructivos, como detalles de cimentación, cubiertas, losas de entrepiso, escaleras, etc.

Frecuentemente es necesario el empleo de dibujos axonométricos que ayuden a resolver algunos problemas específicos de la posición y relación de los elementos el espacio, concretamente en el estudio de las sombras de cuerpos sólidos que se desarrolla en un capítulo más adelante, se recomienda utilizar estos sistemas de proyección, pues la visualización de las tres dimensiones de dichos objetos es fundamental en la determinación de cómo se proyectan las sombras sobre los diferentes planos.

Definición de axonometría

Es la parte de la geometría descriptiva que estudia el sistema de representación de figuras espaciales en un plano por medio de proyecciones obtenidas según tres ejes. Una *proyección axonométrica* es una vista proyectada en la cual el plano de proyección está inclinado con respecto de las caras del objeto.

Clasificación

- **Axonometría oblicua**: Se fundamenta en una proyección cilíndrica oblicua (perspectiva caballera y perspectiva militar).
- **Axonometría ortogonal**: Se denomina así por estar basada en una proyección cilíndrica ortogonal Perspectivas isométricas (isometría, dimetría y trimetría)

Fundamentos del sistema axonométrico ortogonal

El sistema axonométrico tiene como base de referencia un triedro trirrectángulo. Este triedro está formado por tres planos que son perpendiculares entre sí. Para representar un objeto en este sistema, se le ha de situar dentro del espacio que comprende el triedro, con una proyección cilíndrica sobre el plano de representación. De esta manera obtendremos una imagen en perspectiva del sólido, además de la representación de las tres aristas o ejes del triedro.

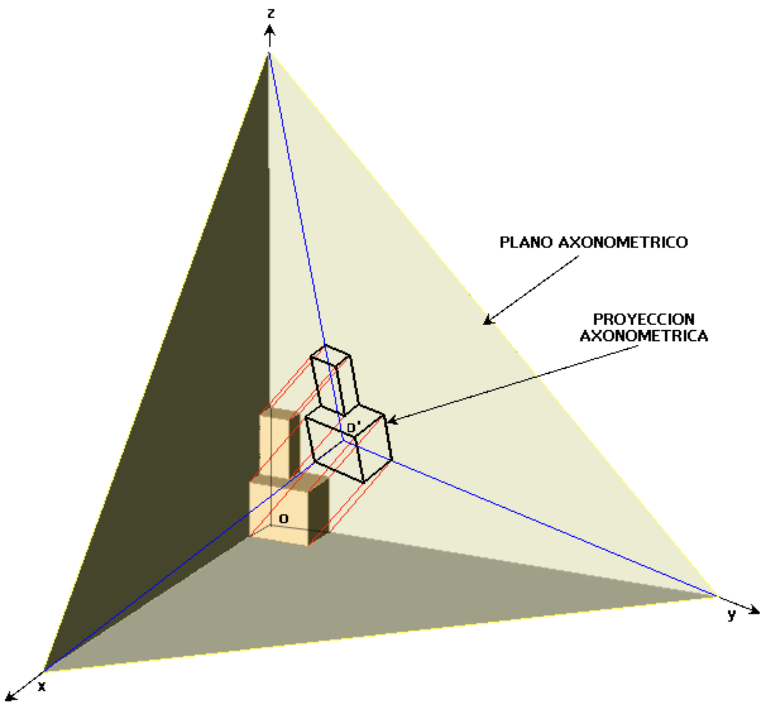


Fig. 7.1 Sistema axonométrico ortogonal

Como se aprecia en la figura 7.1, la imagen del sólido que se ha obtenido al aplicar el proceso descrito anteriormente es algo diferente de la imagen real de éste. No obstante, el poliedro está definido con la suficiente precisión como para comprender su configuración volumétrica y sus características formales.

Cuando se proyecta un objeto en este sistema, sus magnitudes varían; la razón existente entre el tamaño de un objeto real y su imagen proyectada se denomina coeficiente de reducción. Cuando no se utiliza este coeficiente, se dice que se está realizando un dibujo isométrico; sin embargo, cuando se aplica, se obtiene una perspectiva isométrica.

Tipos de axonometría ortogonal

Al proyectar los ejes axonométricos (*X, Y, Z*) sobre el plano del dibujo, forman entre sí los ángulos α, β y γ, cuyos valores difieren dependiendo de la posición que estos ejes tengan respecto al plano. Las diferencias de ángulos generan las tres axonometrías siguientes:

- **Perspectiva isométrica**, los tres ángulos, α, β y γ, son iguales. El coeficiente de reducción es el mismo para los tres ejes. La palabra isométrico significa "de igual medida" y proviene del prefijo "isos" que significa igual y de la palabra métrico que expresa o significa "medida". Por ende, isométrico se refiere a aquel dibujo tridimensional que se ha realizado con los ejes inclinados formando un ángulo de 30° con la horizontal. Una de las grandes ventajas del dibujo isométrico es que se puede realizar el dibujo de cualquier modelo sin utilizar ninguna escala especial, ya que las líneas paralelas a los ejes se toman en su verdadera magnitud. Así por ejemplo, el cubo cuando lo dibujamos en forma isométrica queda con todas sus aristas de igual medida.

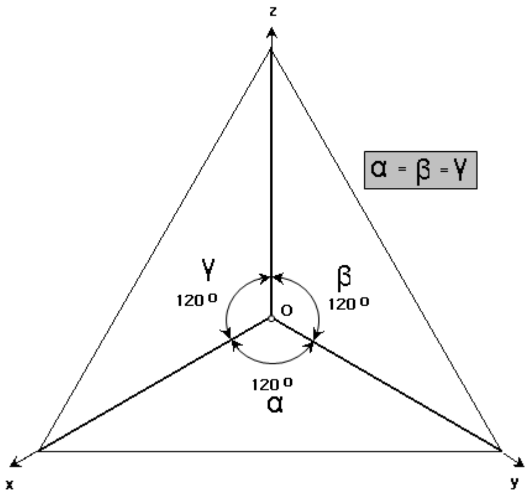


Fig. 7.2 Ejes de la proyección isométrica

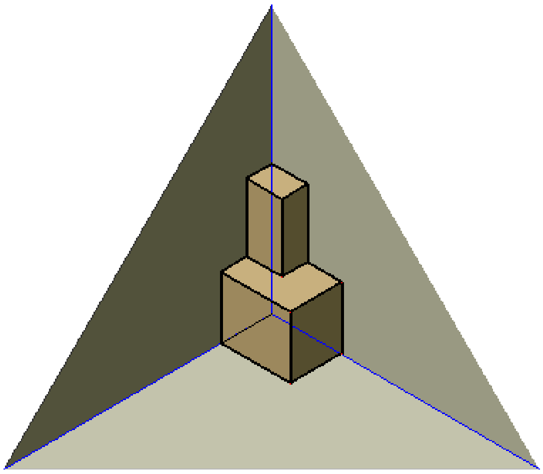


Fig. 7.3 Proyección isométrica de un sólido

- **Perspectiva dimétrica**, dos ángulos son iguales y otro es distinto; por tanto, dos coeficientes de reducción son iguales y el otro desigual.

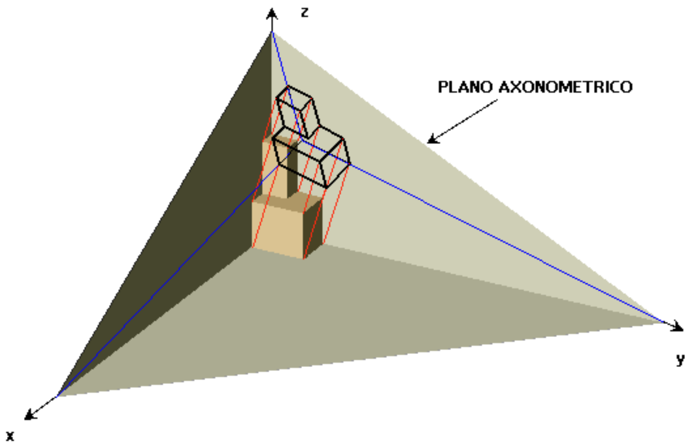


Fig. 7.4

En la figura 7.4 se observa como el plano axonométrico es un triángulo isósceles (dos lados iguales y uno desigual), la proyección resultante es entonces una dimetría por tener dos diferentes escalas de reducción.

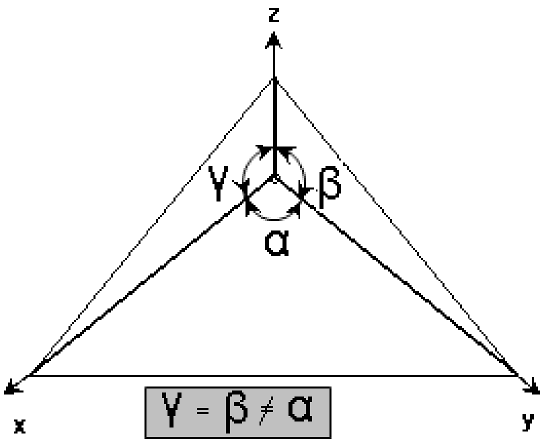


Fig. 7.5 Ejes de la proyección dimétrica

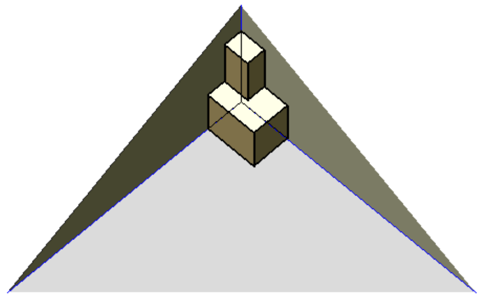


Fig. 7.6 Proyección dimétrica de un sólido

- **Perspectiva trimétrica**, todos los ángulos son diferentes, al igual que los coeficientes de reducción.

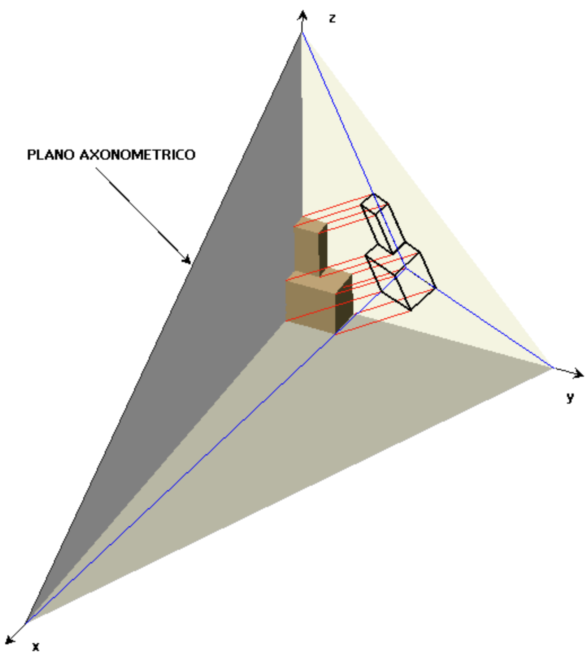


Fig. 7.7

En la figura 7.7 se observa como el plano axonométrico es un triángulo escaleno (todos los lados desiguales), la proyección resultante es entonces una trimetría por tener tres diferentes escalas de reducción.

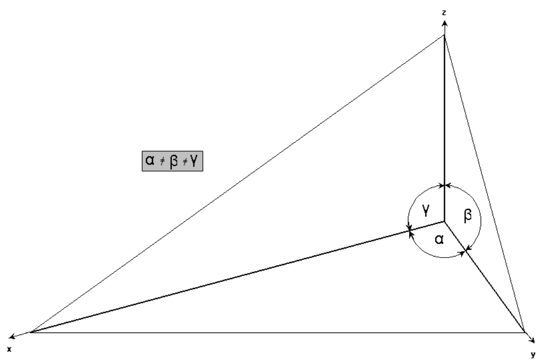


Fig. 7.8 Ejes de la proyección trimétrica

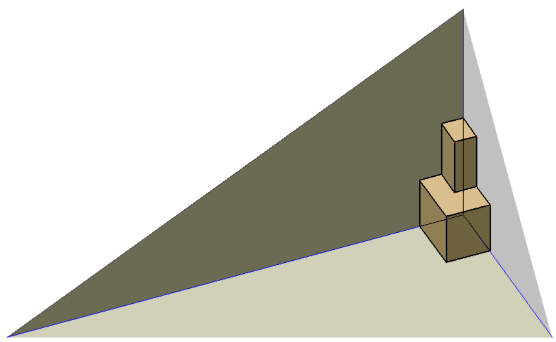


Fig. 7.9 Proyección trimétrica de un sólido

Trazado de sólidos en isometría

Para representar sólidos en perspectiva isométrica, conviene partir de los datos más significativos del cuerpo volumétrico. Esta información suele venir dada por el sistema diédrico mediante sus representaciones en planta, alzado y vista lateral.

Para pasar de la representación de un cuerpo en el sistema diédrico a perspectiva isométrica es importante que su posición no varíe. Para ello, se debe representar la situación del cuerpo respecto a los planos de proyección. Por tanto, los ejes isométricos tendrán que coincidir con el sistema de coordenadas de la representación diédrica.

A continuación veremos la representación de un sólido partiendo de sus proyecciones diédricas. (Figura 7.10)

a) LÍNEAS ISOMÉTRICAS. Son aquellas líneas que son paralelas a cualquiera de los tres ejes isométricos

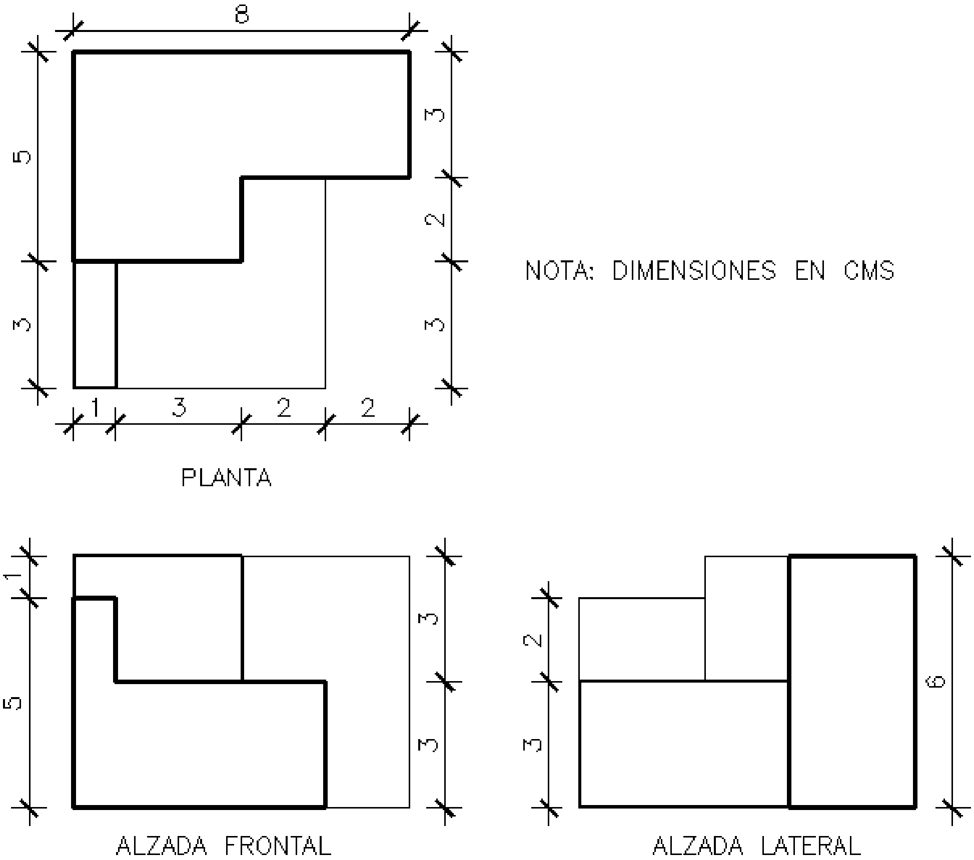


Fig. 7.10 Proyecciones diédricas de un sólido

Todos los dibujos isométricos se empiezan construyendo los ejes isométricos: una línea vertical para las alturas y dos líneas isométricas, a derecha e izquierda, formando ángulos de 30° con la horizontal, para las longitudes y las anchuras. Las tres caras que se ven en la vista isométrica son las mismas que se verían en las vistas ortogonales normales: **horizontal, frontal y perfil**. La figura 7.11 ilustra la construcción de los ejes isométricos.

Para la construcción de los ejes isométricos de longitudes y anchuras, utilizamos la escuadra de 30° y 60°.

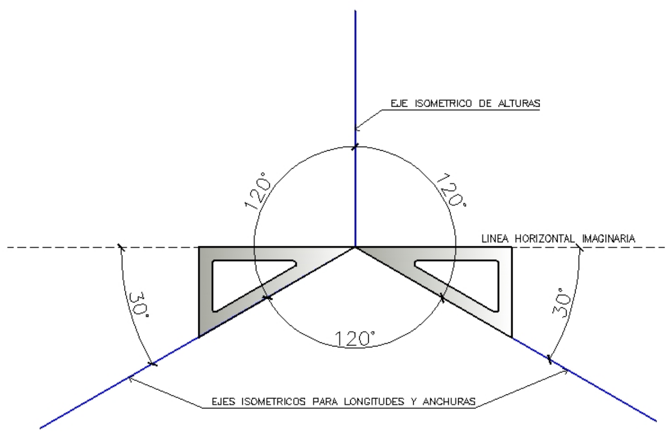


Fig. 7.11 Construcción de ejes isométricos

Para la construcción del sólido de la Figura 7.10, vamos a proceder por etapas, descomponiendo el mismo en 3 sólidos. Obsérvese que todas las líneas se trazan con sus longitudes verdaderas medidas a lo largo de los ejes isométricos y que las líneas ocultas generalmente se omiten. Las aristas verticales se representan con líneas verticales y las aristas horizontales con líneas que forman ángulos de 30° con la horizontal.

1 Construcción de la planta (líneas horizontales) de los 3 sólidos.

Sobre los ejes isométricos de longitudes y anchuras trasladamos las dimensiones reales de la planta, manteniendo la misma posición de las proyecciones diédricas del sólido.

Dado que éste sólido está formado por líneas isométricas, todos los trazos serán siempre paralelos a los ejes isométricos de líneas horizontales.

(Ver figura 7.12)

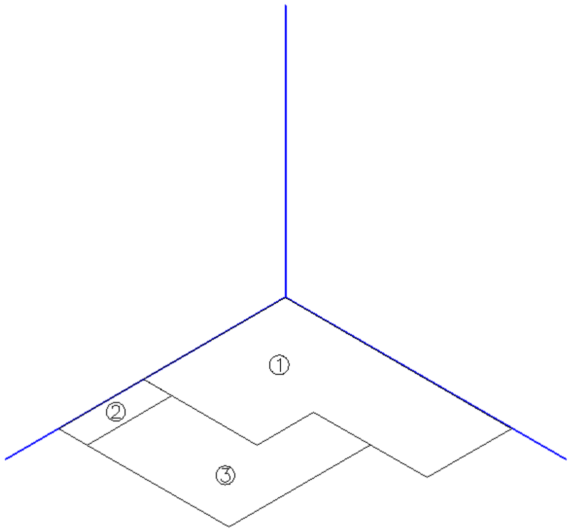


Fig. 7.12

2 Levantar alturas para el sólido (1).

Tomamos la altura del sólido (1) en cualquiera de las proyecciones de alzada (frontal ó lateral), en este caso, tenemos una altura constante, por consiguiente, dibujamos una línea vertical con dicha altura en cada uno de los vértices de la planta del sólido y luego unimos la parte superior de las verticales con líneas que seguirán siendo paralelas a los ejes isométricos de la planta.

(ver figura 7.13)

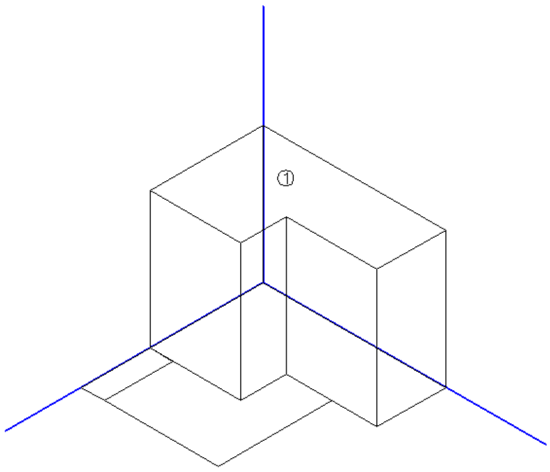


Fig. 7.13

3 Levantar alturas para el sólido (2).

Con el mismo procedimiento del paso (2), construimos las alturas del sólido (2) y completamos el prisma uniendo los puntos superiores con líneas paralelas a su proyección en planta.

(Ver figura 7.14)

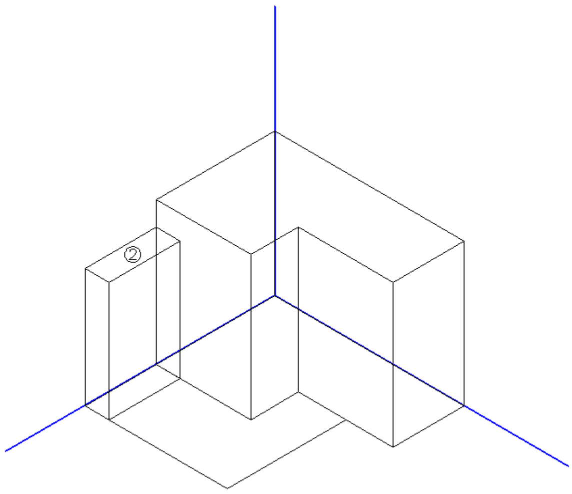


Fig. 7.14

4 Levantar alturas para el sólido (3).

Proceda de la misma forma que con los sólidos anteriores.

(Ver figura 7.15)

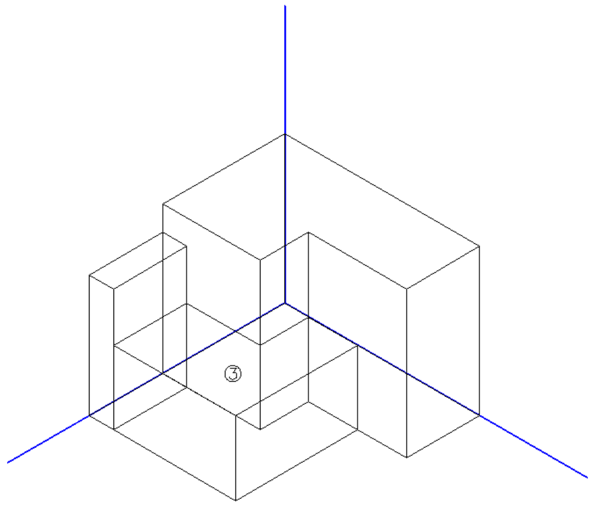


Fig. 7.15

5 Definir contorno visible del sólido.

Utilizando una mayor intensidad en los trazos, se define el contorno visible de la totalidad del sólido.

Si se utiliza una representación en técnica a lápiz, no es necesario borrar las líneas de construcción utilizadas en los pasos 1 al 4, estas, deben ser con trazos suaves empleando una mina de mayor dureza (2H), en tanto que la parte que define el contorno del sólido se puede expresar con una trazo fuerte y utilizando para ello una mina más blanda (HB).

(Ver figura 7.16)

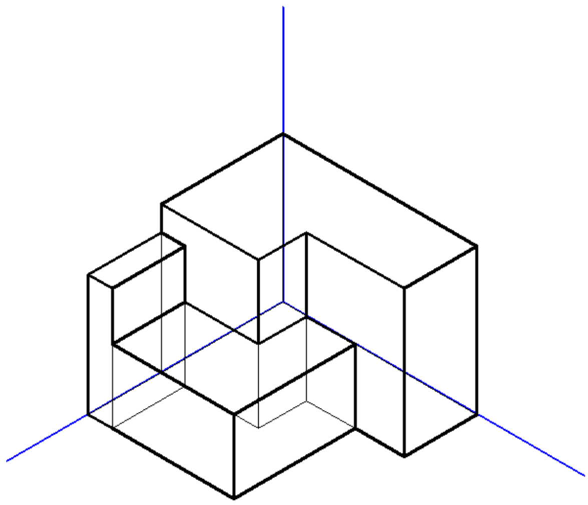


Fig. 7.16

6 Isometría terminada del sólido.

Finalmente tenemos la isometría terminada del sólido propuesto, se puede expresar como trazos de líneas ó si fuera necesario, también se puede dar algún tipo de expresión con sombreados de grises ó de color.

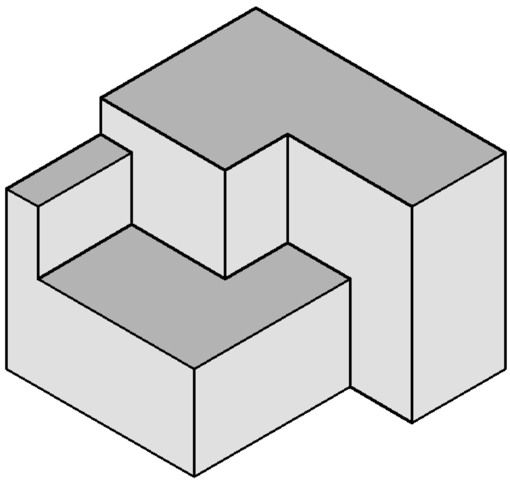


Fig. 7.17

b) LÍNEAS NO ISOMÉTRICAS. Son aquellas líneas inclinadas sobre las cuales no se pueden medir distancias verdaderas; estas líneas cuando se encuentran presente en un dibujo isométrico no se hallan ni a lo largo de los ejes ni son paralelas a los mismos. Además las líneas no isométricas se dibujan tomando como puntos de referencia otros puntos pertenecientes a líneas isométricas.

Muchos objetos tienen superficies inclinadas que se representan en las vistas ortogonales por medio de líneas inclinadas. En el dibujo isométrico las superficies inclinadas se representan con líneas *no isométricas.* Para trazar una línea no isométrica se localizan sus puntos extremos en los extremos de las líneas isométricas y se unen dichos puntos con una línea recta.

El ejemplo de la figura 7.18 es un caso típico de construcción de líneas no isométricas. En la vista de planta se observan algunos planos rotados (no paralelos a los ejes isométricos) y las proyecciones en alzada muestra igualmente un plano inclinado en el espacio.

En la figura 7.19 se pueden ver todos los pasos del procedimiento explicado en el ejercicio anterior y la secuencia hasta obtener la isometría completa del sólido.

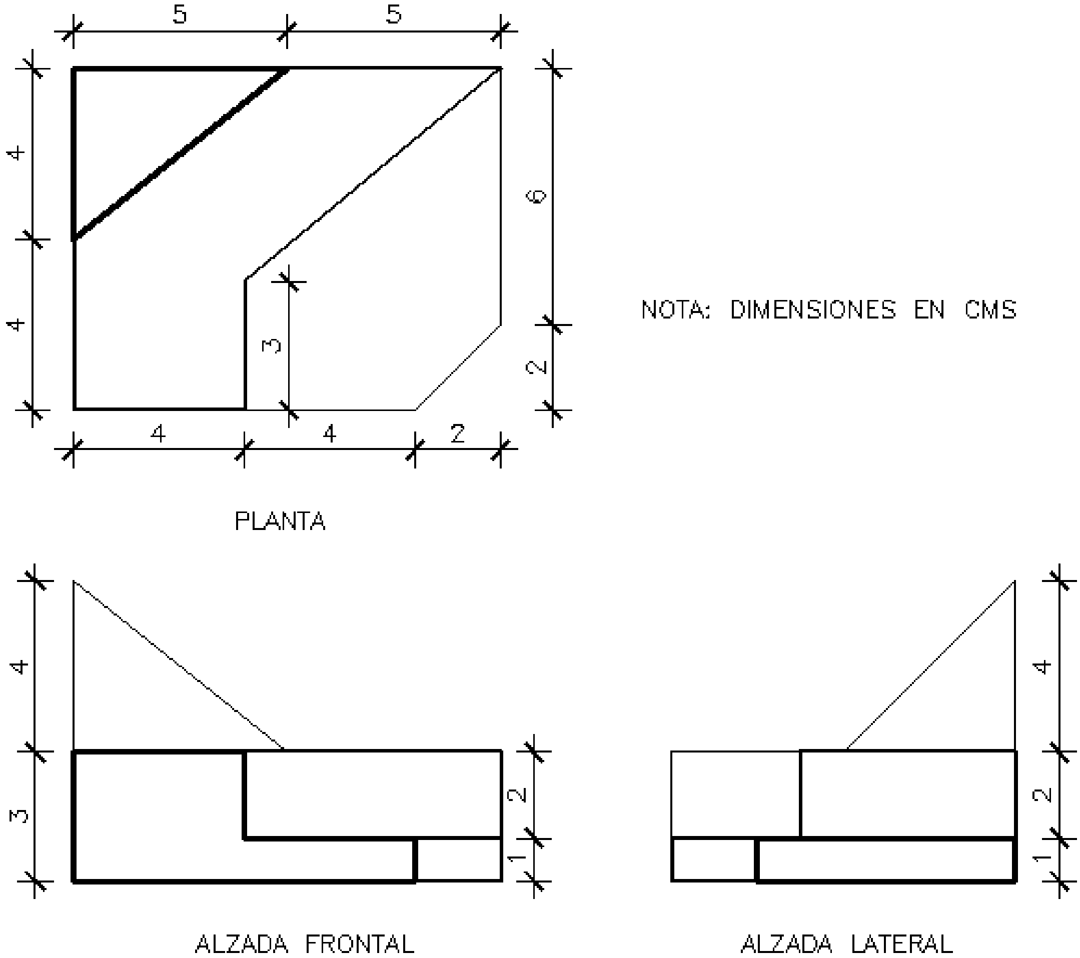


Fig. 7.18 Proyecciones diédricas de un sólido con líneas no isométricas

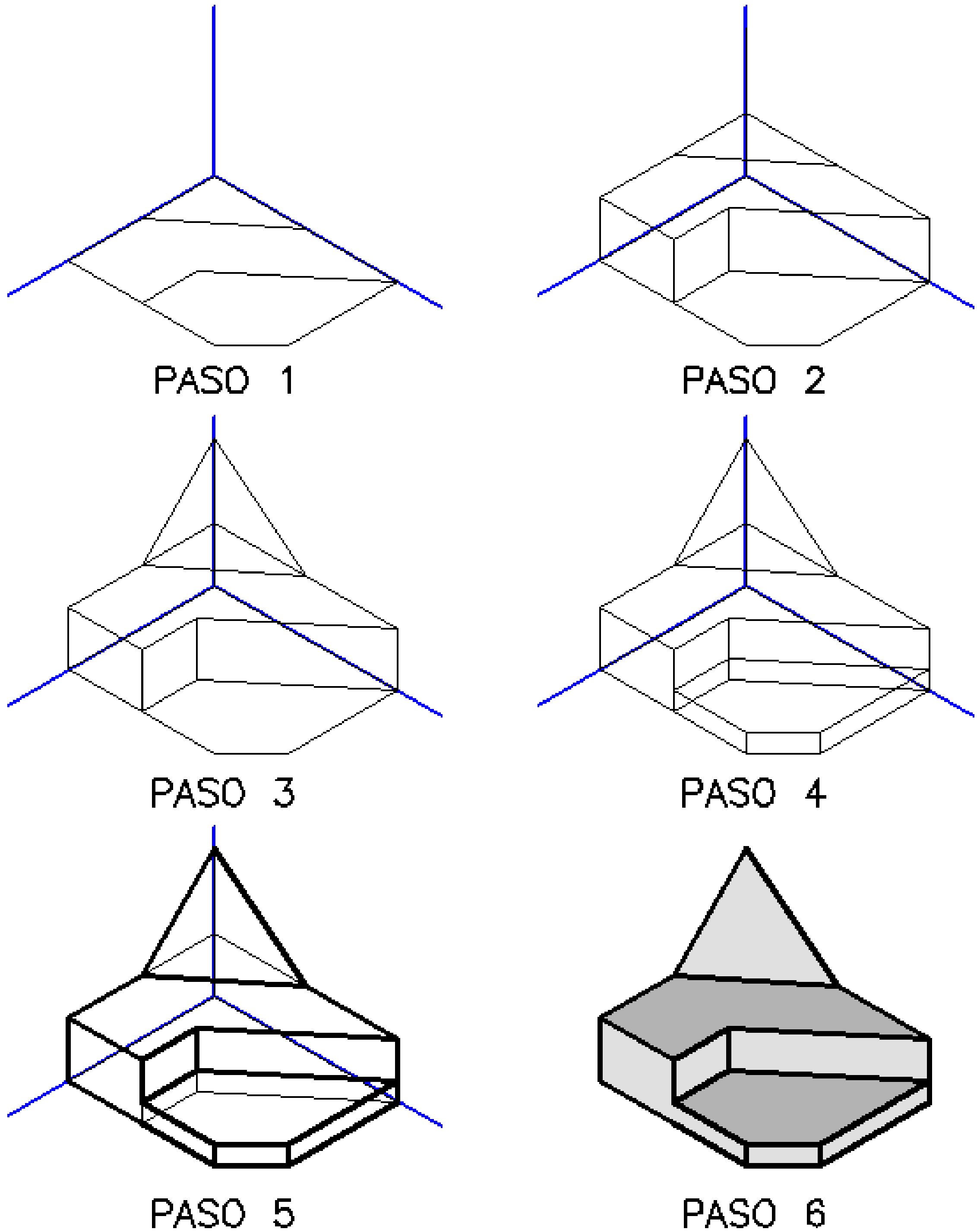


Fig. 7.19 Pasos para la construcción isométrica del sólido de la figura 7.18

c) TRAZO DE CIRCUNFERENCIAS Y ARCOS EN PROYECCIÓN ISOMÉTRICA

Una circunferencia situada en una cualquiera de las caras de un objeto dibujado en proyección isométrica tiene la forma de una elipse. La figura 7.20 muestra el trazado de circunferencias isométricas sobre las tres caras principales de un cubo (planta, alzada frontal y alzada lateral.

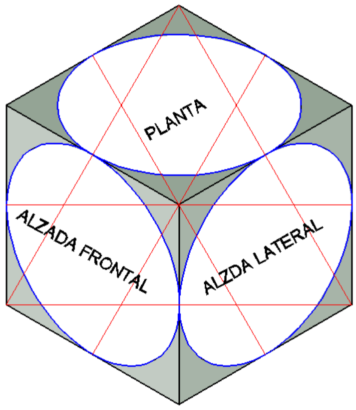


Fig. 7.20 Circunferencias isométricas

Circunferencia isométrica en planta.

Paso 1.

- ✓ Trace un cuadrado isométrico cuyo lado sea igual al diámetro de la circunferencia.
- ✓ Divida el cuadrado en 4 partes para determinar los puntos 1, 2, 3 y 4.
- ✓ Haciendo centro en el punto A trace un arco de circunferencia desde el punto 1 hasta el punto 2.
- ✓ Con centro en B trace otro arco entre los puntos 3 y 4.

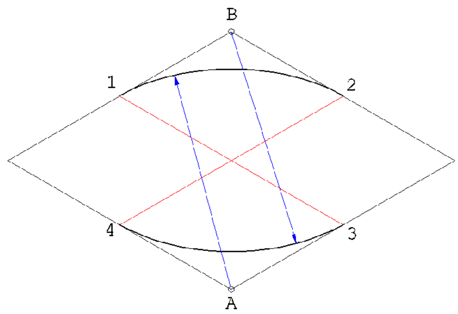


Fig. 7.21

Paso 2.

- ✓ Una el vértice A con los puntos 1 y 2 con segmentos de recta, y el vértice B con los puntos 3 y 4.
- ✓ Haciendo centro en el punto C (intersección de A-1 con B-4), trace un arco de circunferencia que vaya del punto 1 al punto 4.

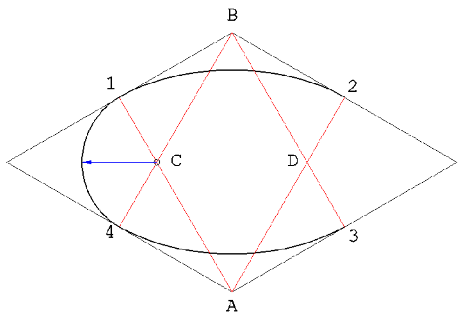


Fig. 7.22

Paso 3.

- ✓ Con centro en el punto D (intersección de A-2 y B-3) dibuje un arco de circunferencia desde el punto 2 hasta el punto 3.

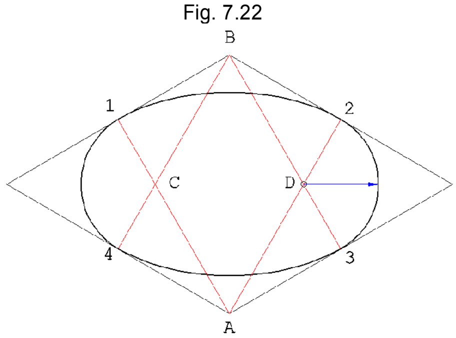


Fig. 7.23

A continuación se muestran los gráficos en secuencia para la construcción de las circunferencias isométricas en vista de alzada frontal y alzada lateral respectivamente. Nótese que el procedimiento es el mismo explicado anteriormente, sin embargo, la construcción del cuadrado en isometría cambia.

<u>Circunferencia isométrica en alzada frontal.</u>

Paso 1.

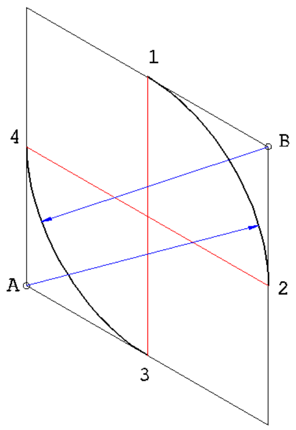


Fig. 7.24

Paso 2.

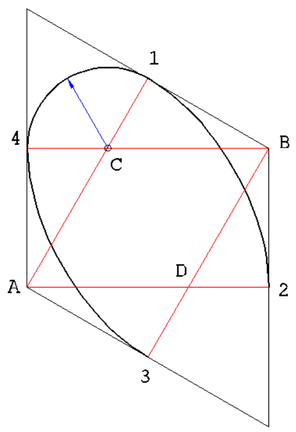


Fig. 7.25

Paso 3.

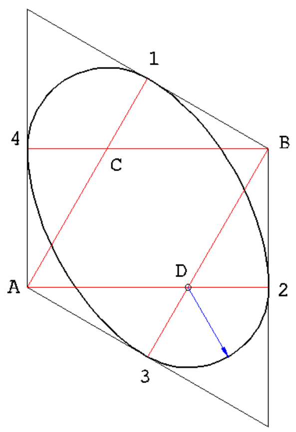


Fig. 7.26

<u>Circunferencia isométrica en alzada lateral.</u>

Paso 1.

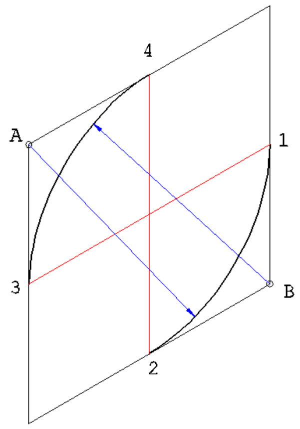


Fig. 7.27

Paso 2.

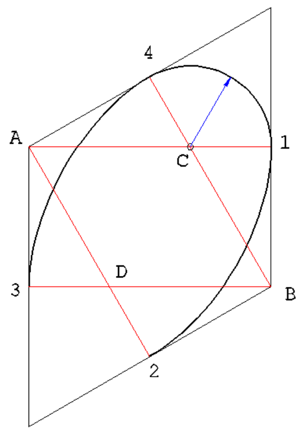


Fig. 7.28

Paso 3.

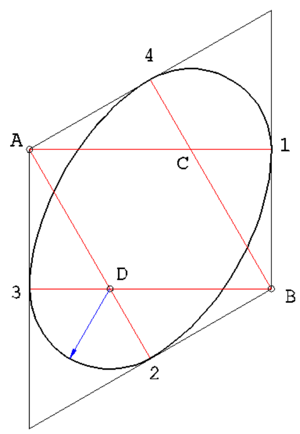


Fig. 7.29

Axonometrías ortogonales de volúmenes arquitectónicos

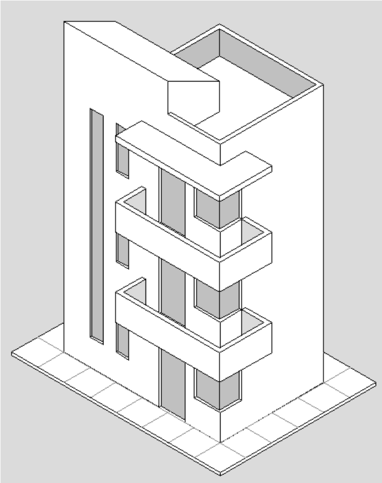


Fig. 7.30 Isometría

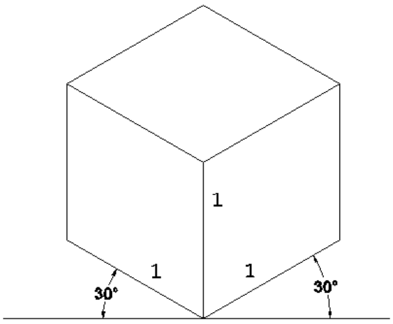


Fig. 7.31

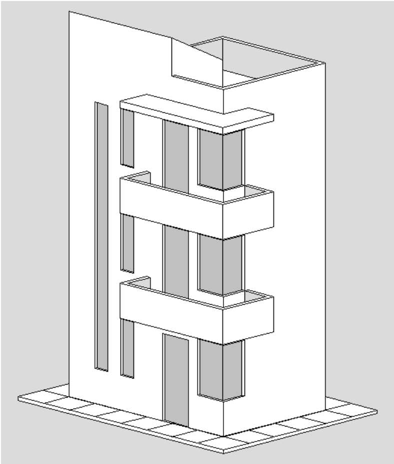


Fig. 7.32 Dimetría 1

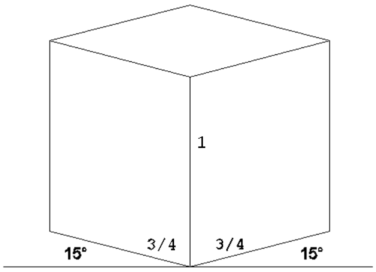


Fig. 7.33

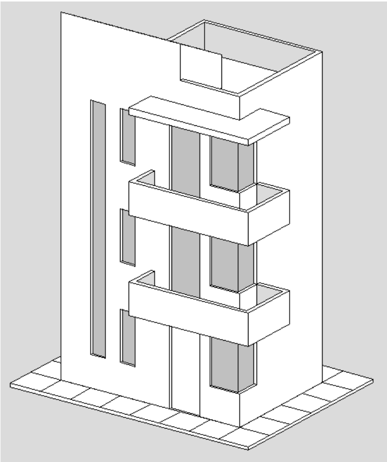


Fig. 7.34 Dimetría 2

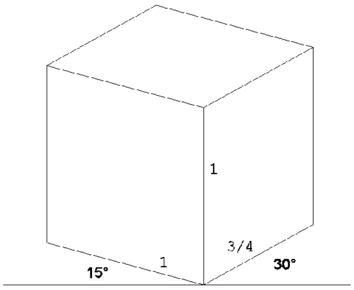


Fig. 7.35

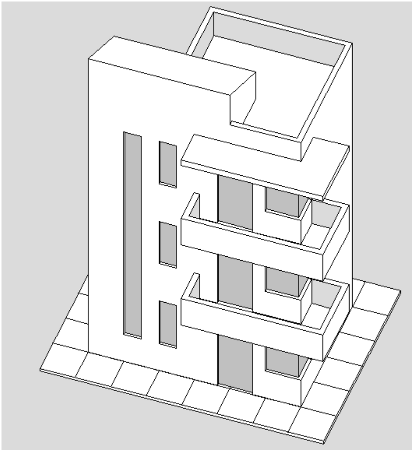


Fig. 7.36 Dimetría 3

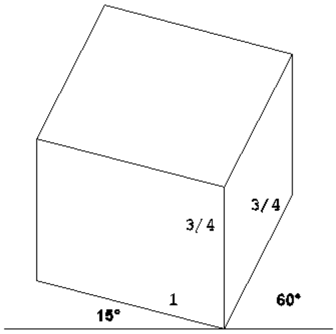


Fig. 7.37

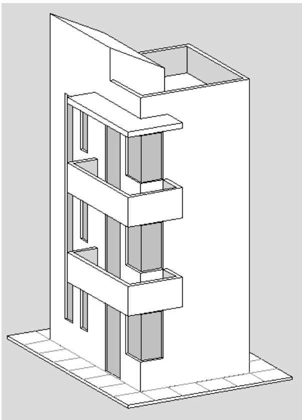


Fig. 7.38 Trimetría

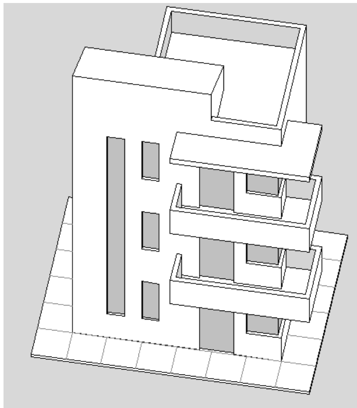


Fig. 7.39 Trimetría

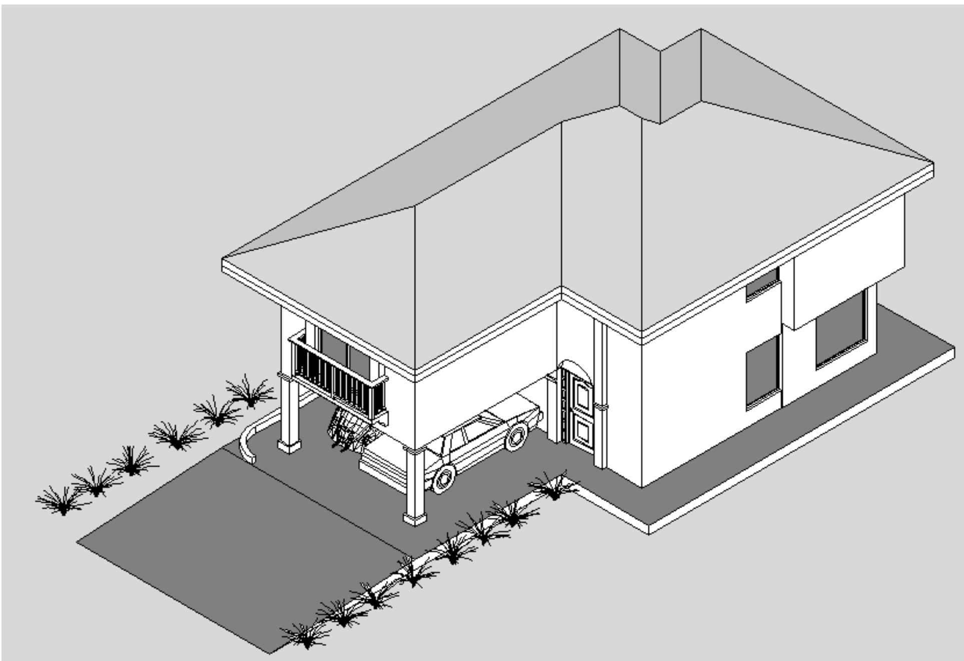


Fig. 7.40 Isometría volumen casa

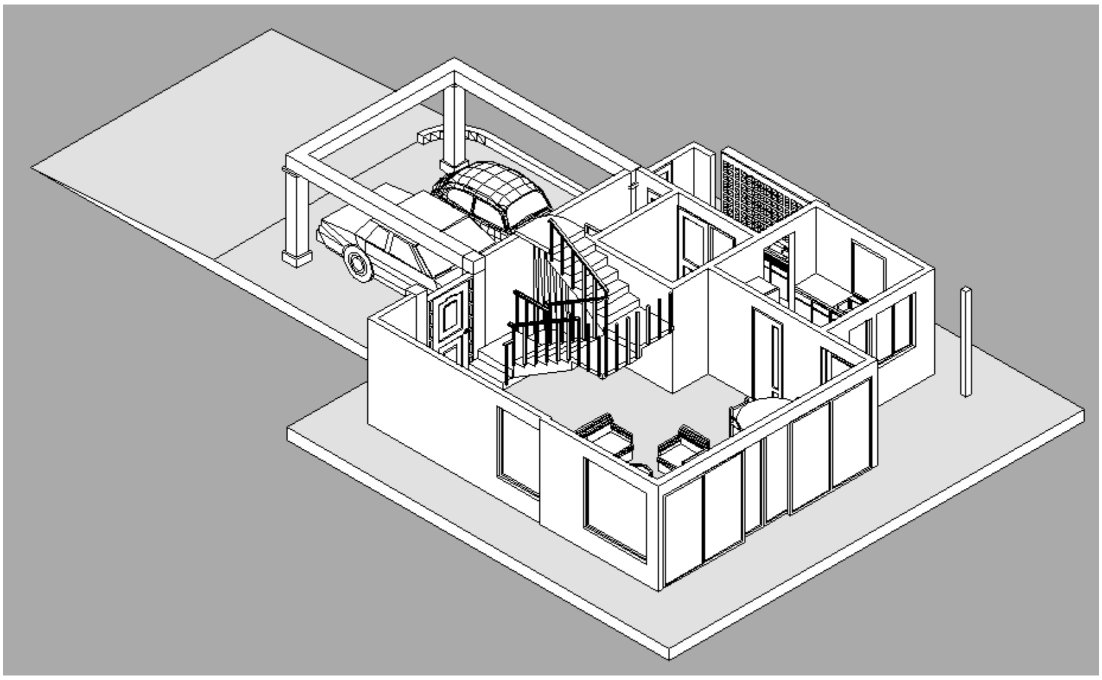


Fig. 7.41 Isometría primer piso

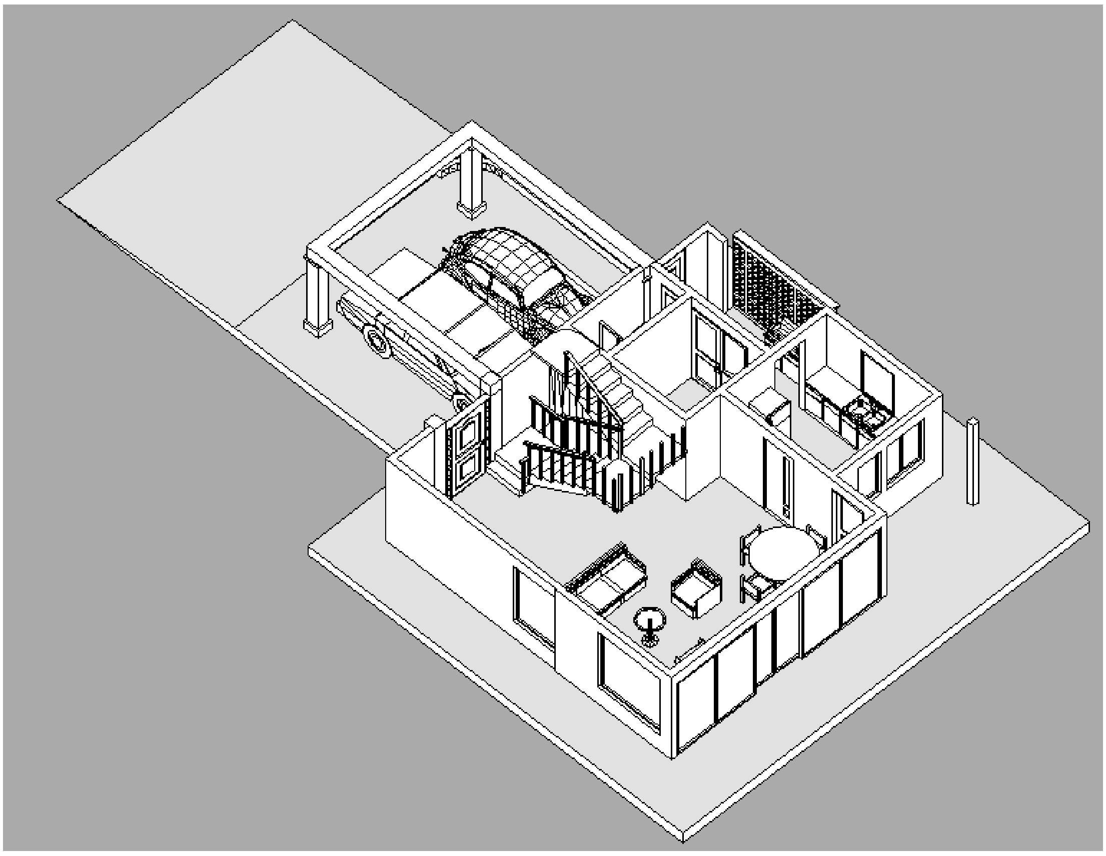


Fig. 7.42 Dimetría primer piso

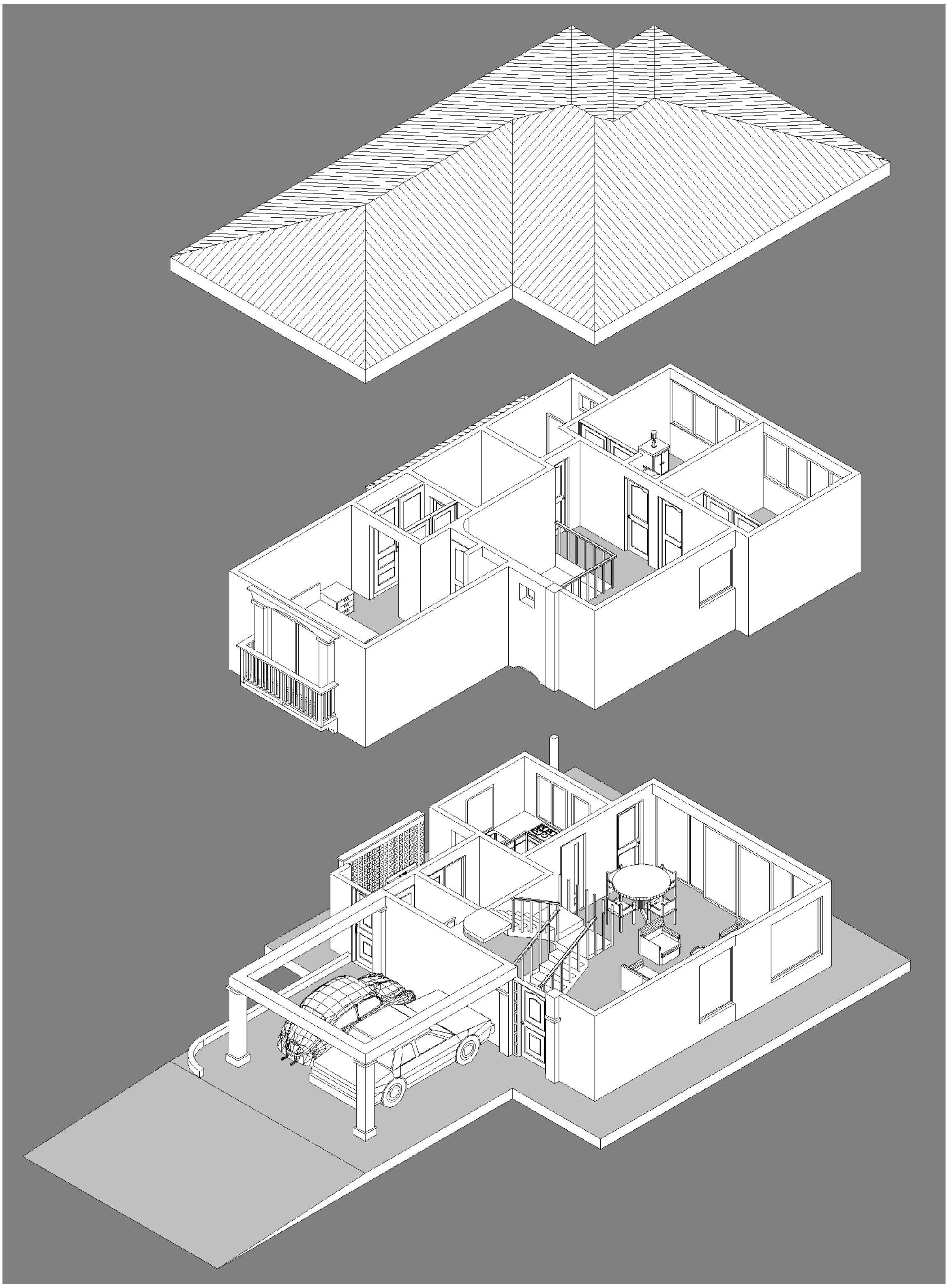


Fig. 7.43 Isometría expandida

Axonometría oblicua

Es una proyección cilíndrica oblicua, es decir, todos los rayos proyectantes son paralelos entre sí, pero oblicuos con respecto del plano de proyección. En este tipo de axonometría, uno de los planos del volumen se proyecta en verdadera magnitud, ó igual a su proyección diédrica, tenemos entonces dos tipos de axonometría oblicua:

- **Perspectiva militar**: La proyección horizontal (planta) se proyecta en verdadera magnitud y se inclinan las alturas.
- **Perspectiva caballera**: Se parte de una alzada en verdadera magnitud y se inclinan las profundidades.

Perspectiva militar

La planta conserva su dimensión y formas reales. Esta es la principal razón que hace de las perspectivas militares una de las más utilizadas en la representación tridimensional de los objetos arquitectónicos, ya que puede ser utilizada inmediatamente desde los planos técnicos del proyecto.

La apariencia final de la perspectiva militar depende de tres factores:

1. La orientación de la planta
2. La dirección ó inclinación de las alturas
3. La escala de reducción de alturas

En la figura 7.44 se muestran estos factores y algunas de las posibilidades de giro de la planta, dirección de las alturas y escalas de reducción ó ampliación de alturas.

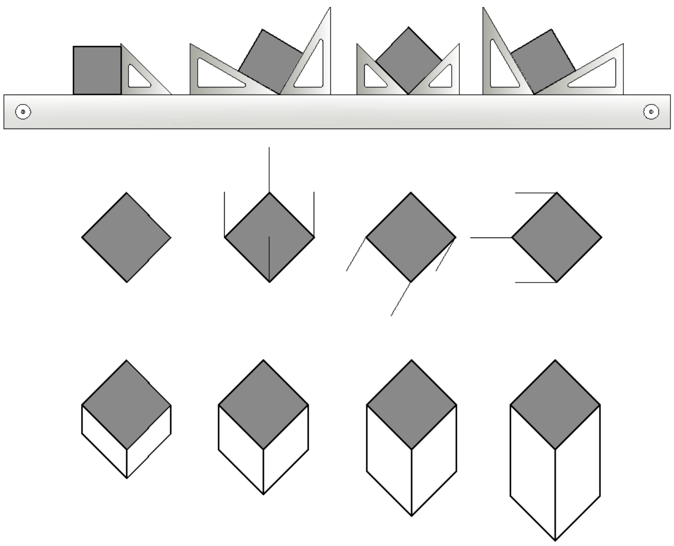


Fig. 7.44

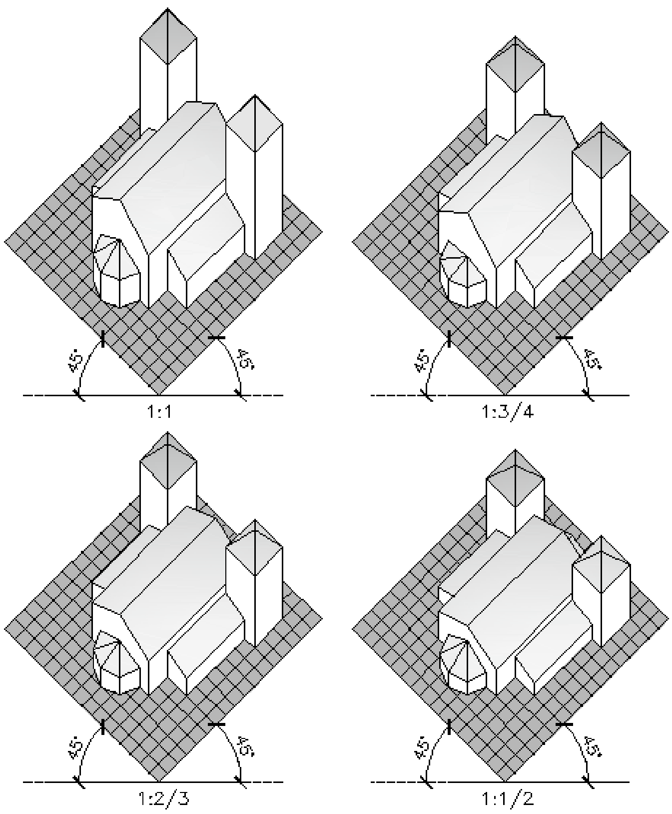


Fig. 7.45 Perspectiva militar con diferentes escalas de reducción

La figura 7.46 muestra la perspectiva miliar del volumen con una misma escala de reducción (1/2), los dos primeros gráficos tienen la planta rotada en ángulos de 30º - 60º y 60º - 30º respectivamente, sin embargo, nótese que las ultimas cuatro perspectivas presentan la planta sin ninguna rotación, en cambio, lo que se gira es el eje de las alturas en diferentes direcciones.

Podemos concluir entonces que en la perspectiva miliar, lo que la define como tal, es la proyección en verdadera magnitud de la planta, esta puede tomar diversos giros y las alturas en sentido vertical ó mantenerse en su posición original y los giros los toma el eje de las alturas. Aunque el valor de los ángulos de giro puede ser cualquiera, en la práctica se prefiere el empleo de los ángulos que se obtienen directamente con las escuadras, esto facilita su construcción sin necesidad de emplear otros instrumentos especiales (escuadra escualizable) ó aún teniendo que medir ángulos con un transportador.

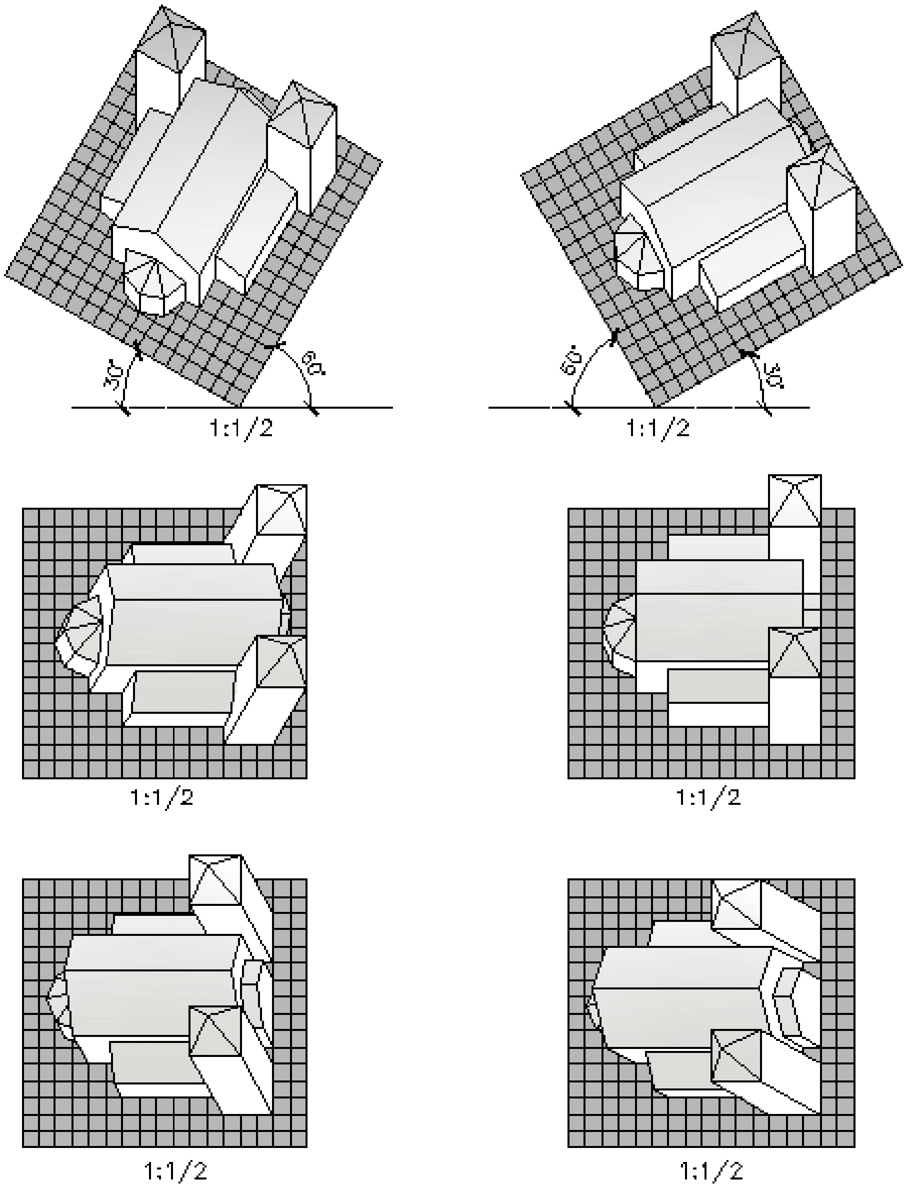


Fig. 7.46 Perspectiva militar con escala de reducción ½ y diferentes giros de alturas

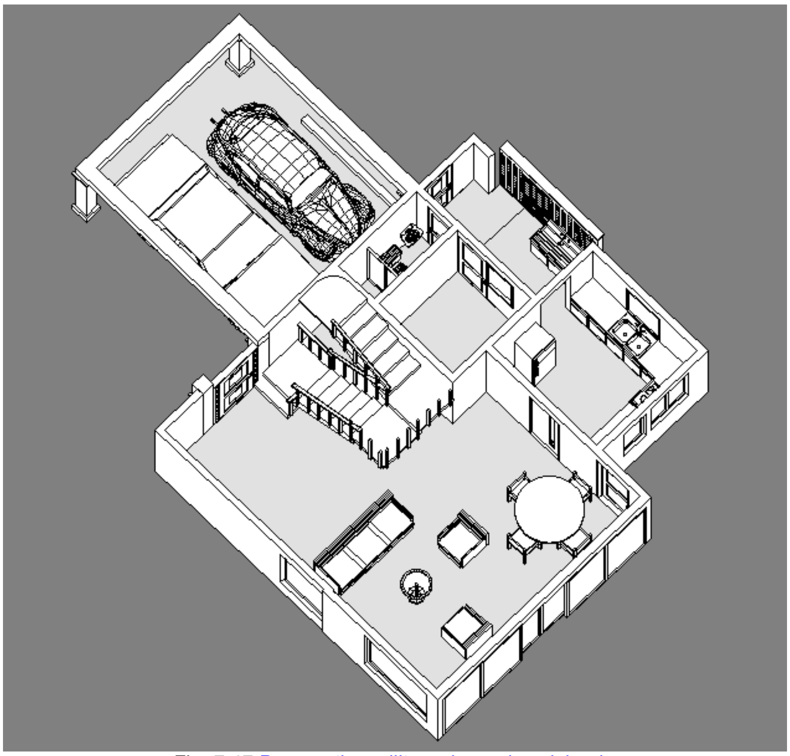


Fig. 7.47 Perspectiva militar primer piso vivienda

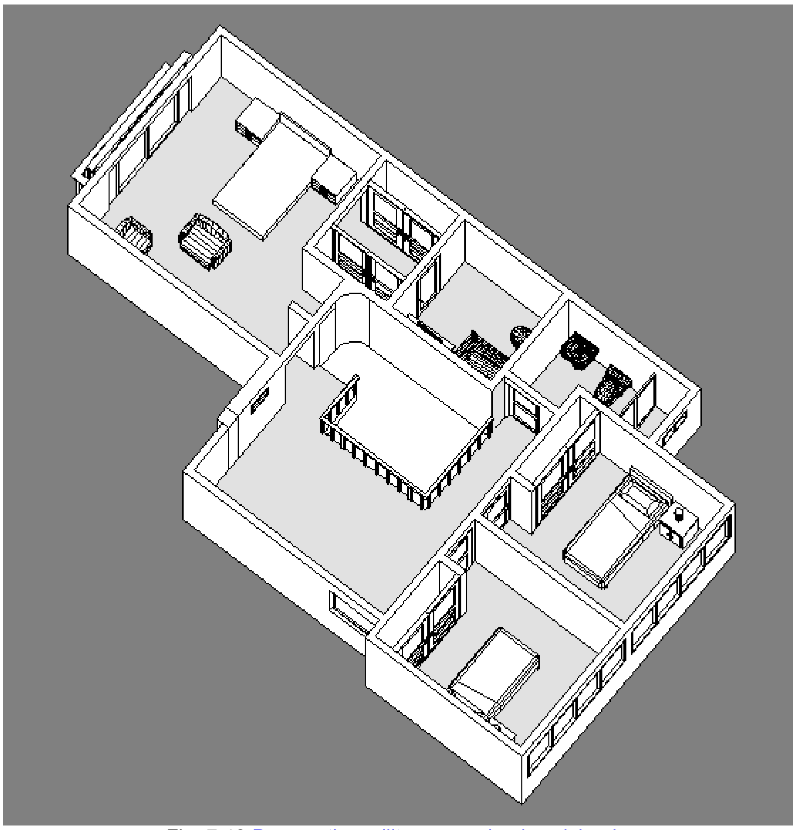


Fig. 7.48 Perspectiva militar segundo piso vivienda

Perspectiva caballera

En la perspectiva caballera, partimos de una vista en alzada, igual que su proyección diédrica, la cual tendrá la verdadera magnitud y forma del ancho y alturas y lo que se gira es el eje de profundidades. Al igual que la perspectiva militar, el giro del eje de profanidades puede ser cualquiera, no obstante, se asumen con frecuencia los ángulos que pueden obtenerse directamente con las escuadras (30º, 45º, 60º y 90º).

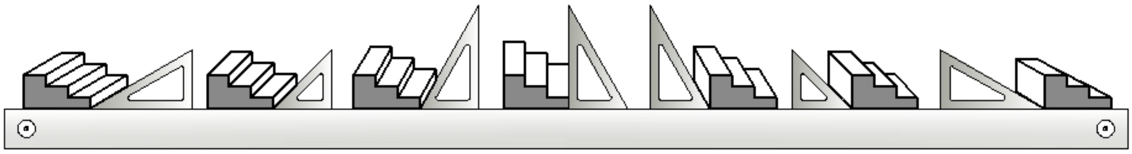


Fig. 7.49

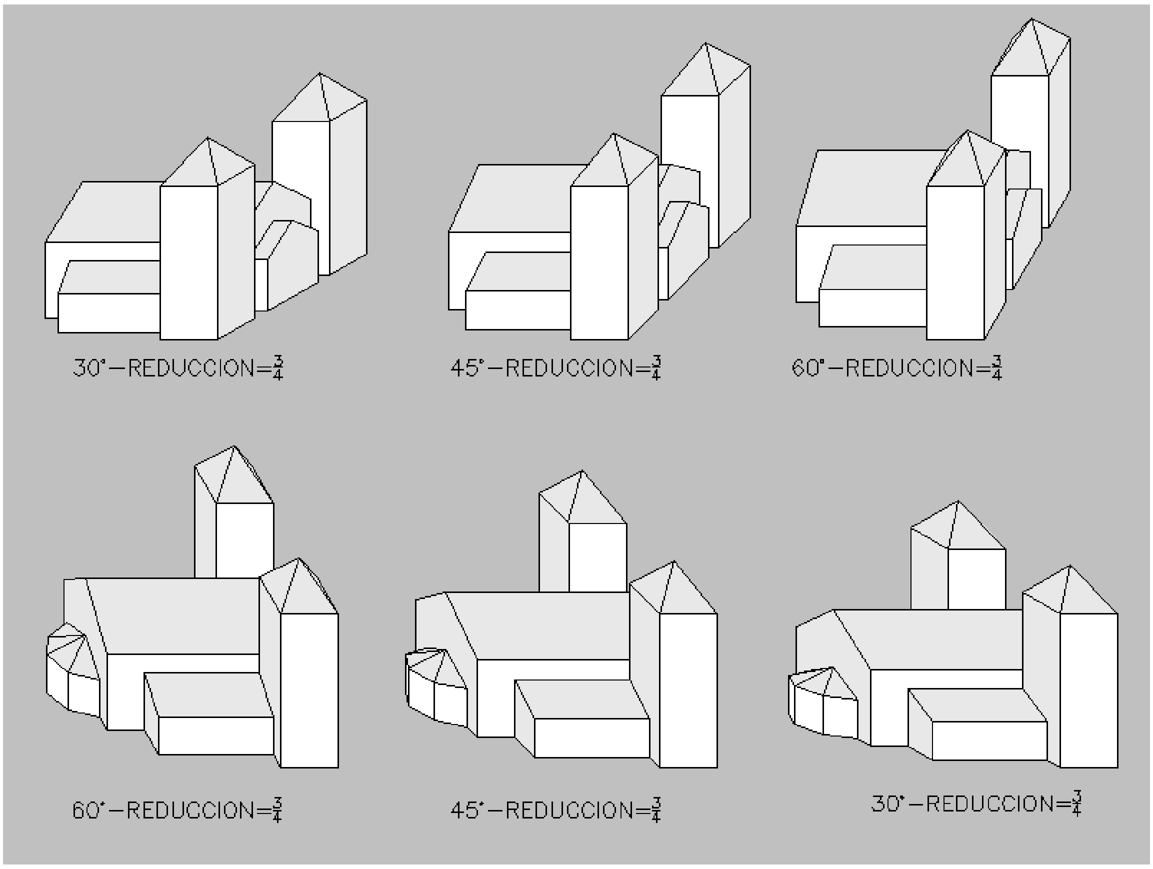


Fig. 7.50 Perspectiva caballera con reducción ¾ y diferentes ángulos para las profundidades

Las perspectivas caballeras, muestran un mayor detalle de las alzadas, pero a diferencia de las perspectivas militares no ayudarían en la visualización de los espacios interiores.

Como se puede apreciar en la figura 7.50, la base de estas axonometrías es la alzada en verdadera magnitud, no importa el ángulo de inclinación de las profundidades ó la dirección que sigan estas. Para evitar que el volumen presente una distorsión en las proporciones de sus medidas, se recomienda aplicar algún factor de reducción, los más comunes son 3/4, 2/3, y 1/2.

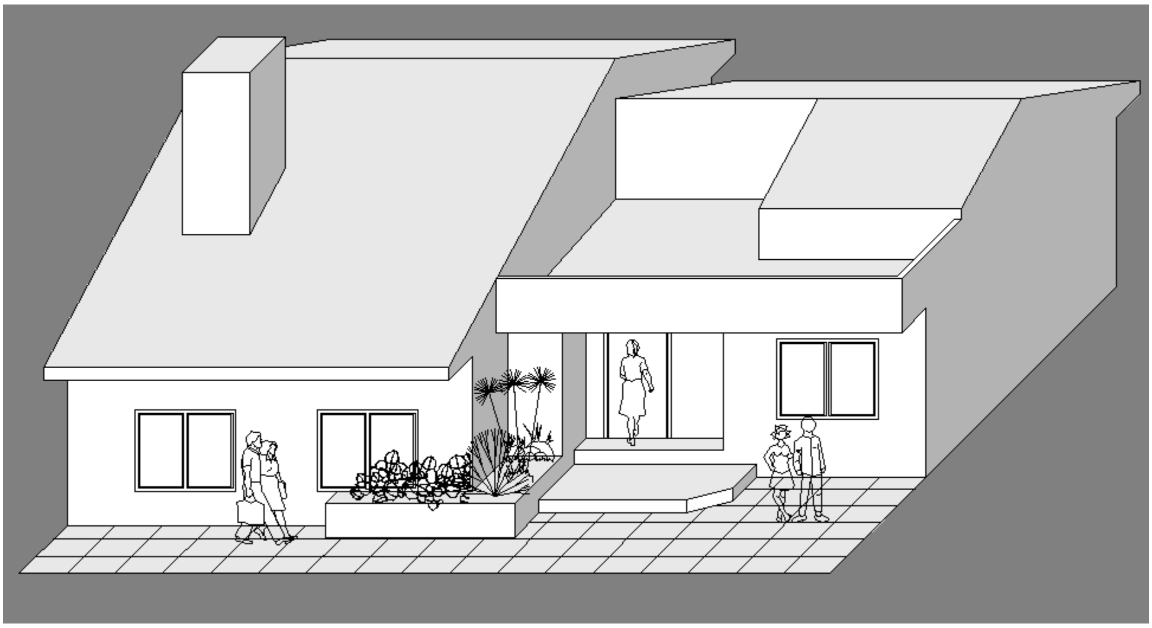


Fig. 7.51 Perspectiva caballera de una vivienda (45º - ½)

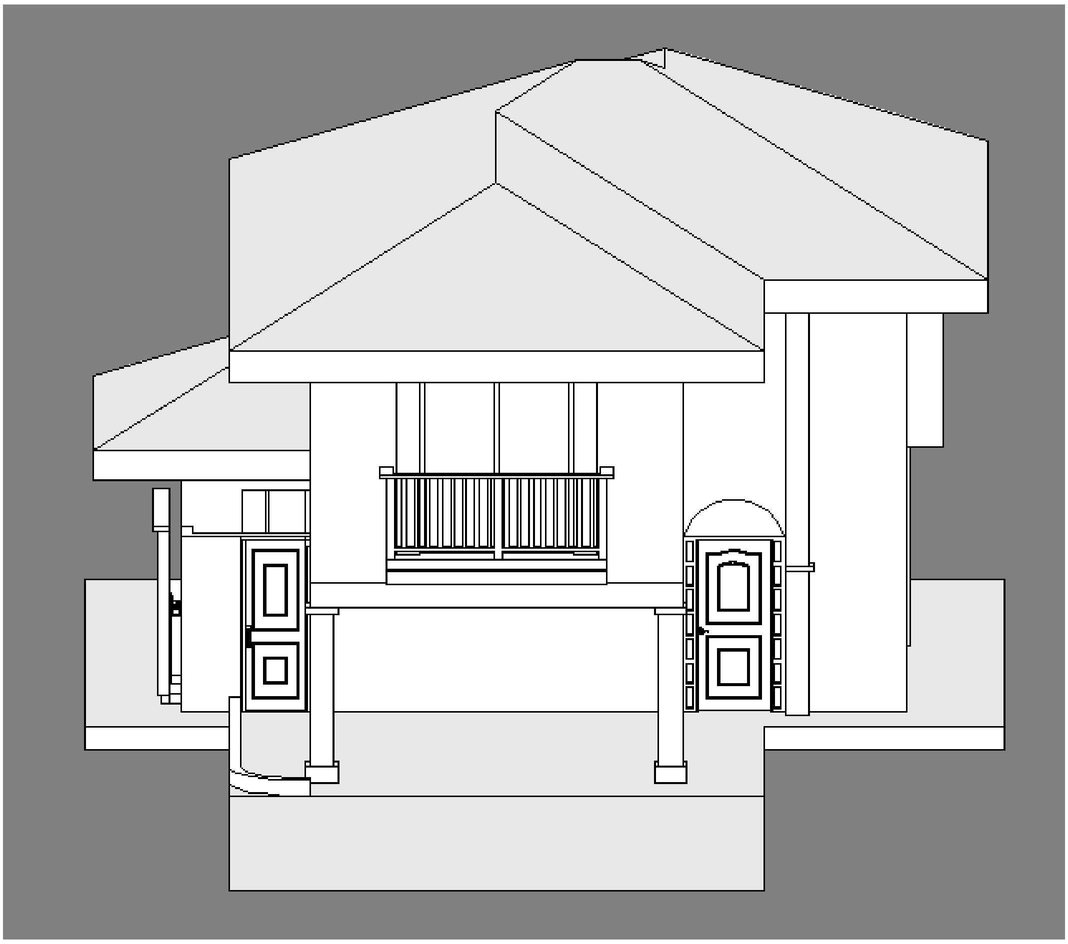


Fig. 7.52 Perspectiva caballera con rotación 0º

Representación axonométrica de una escalera de dos tramos

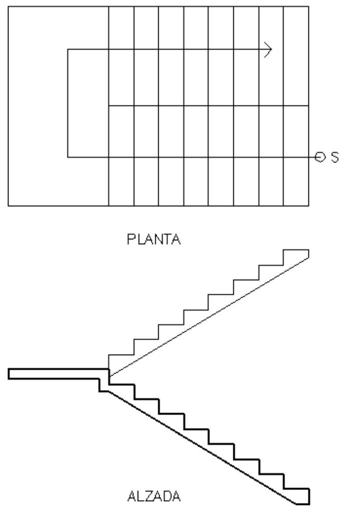


Fig. 7.53 Proyección diédrica

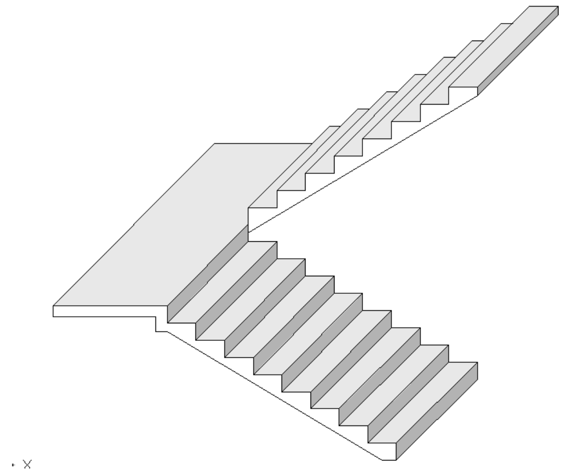


Fig. 7.54 Perspectiva caballera

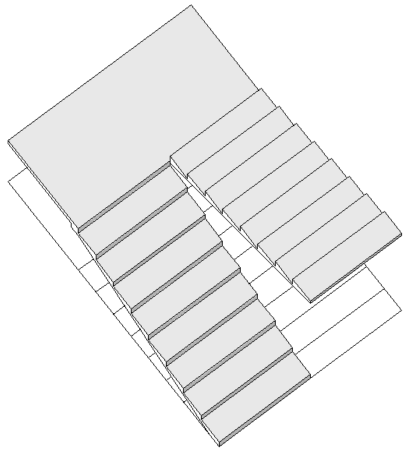


Fig. 7.55 Perspectiva militar

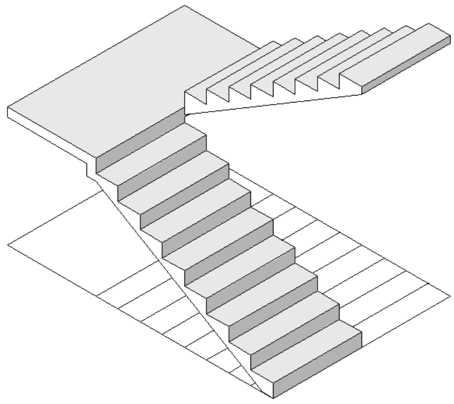


Fig. 7.56 Isometría 1

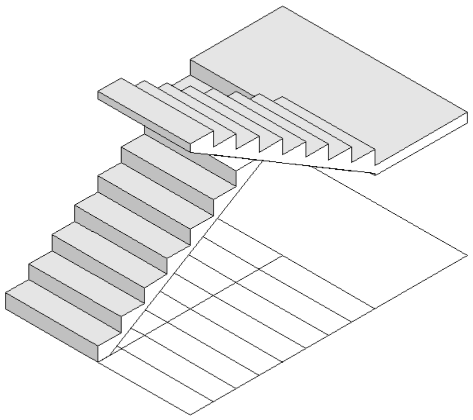


Fig. 7.57 Isometría 2

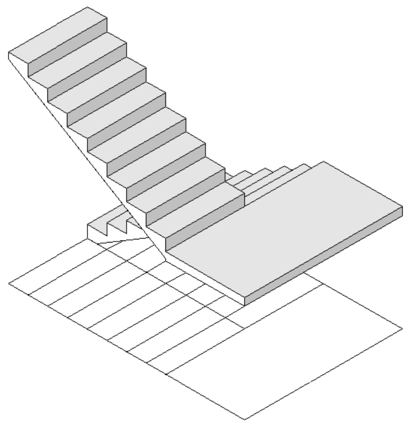


Fig. 7.58 Isometría 3

Representación axonométrica de una escalera en caracol

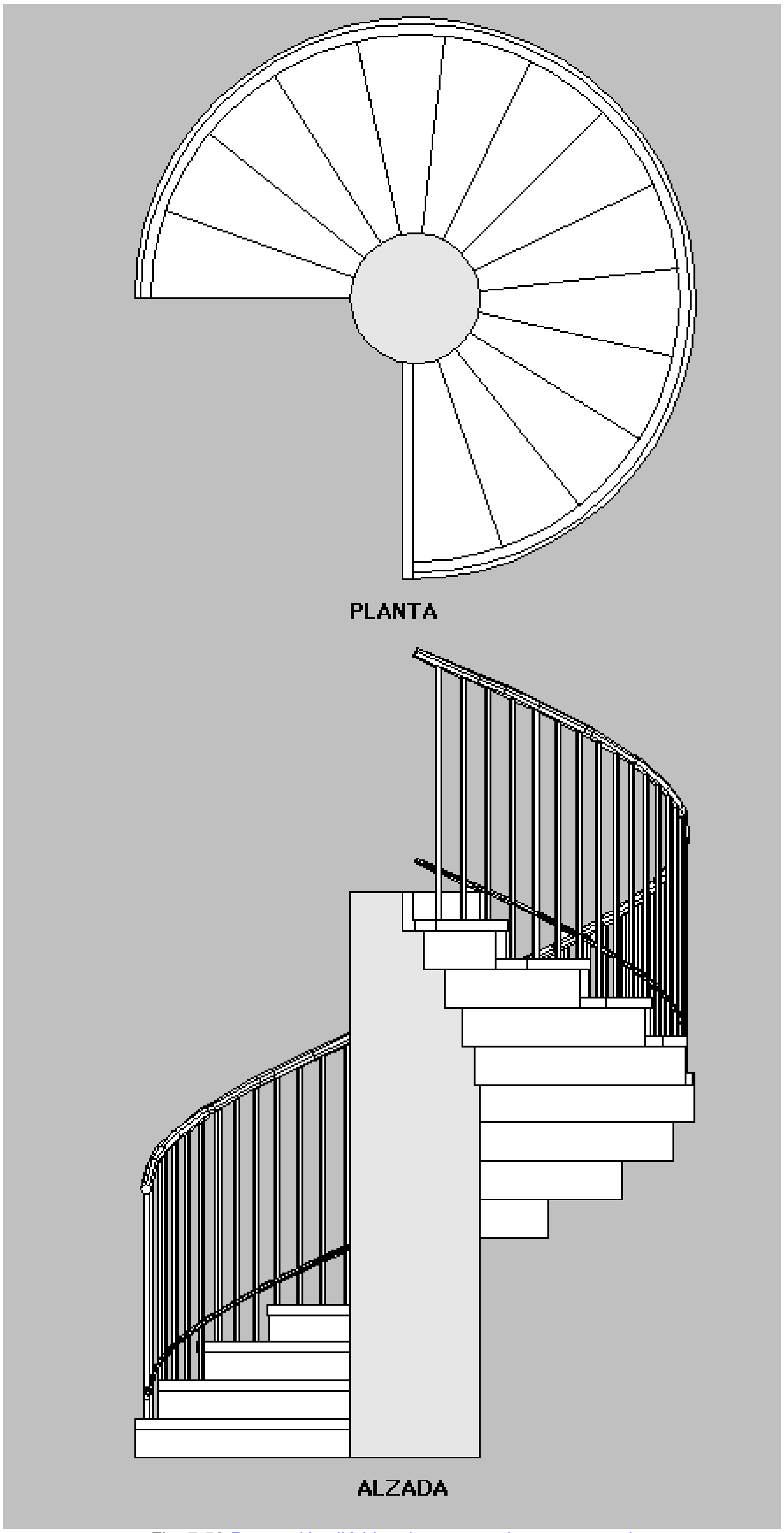


Fig. 7.59 Proyección diédrica de una escalera en caracol

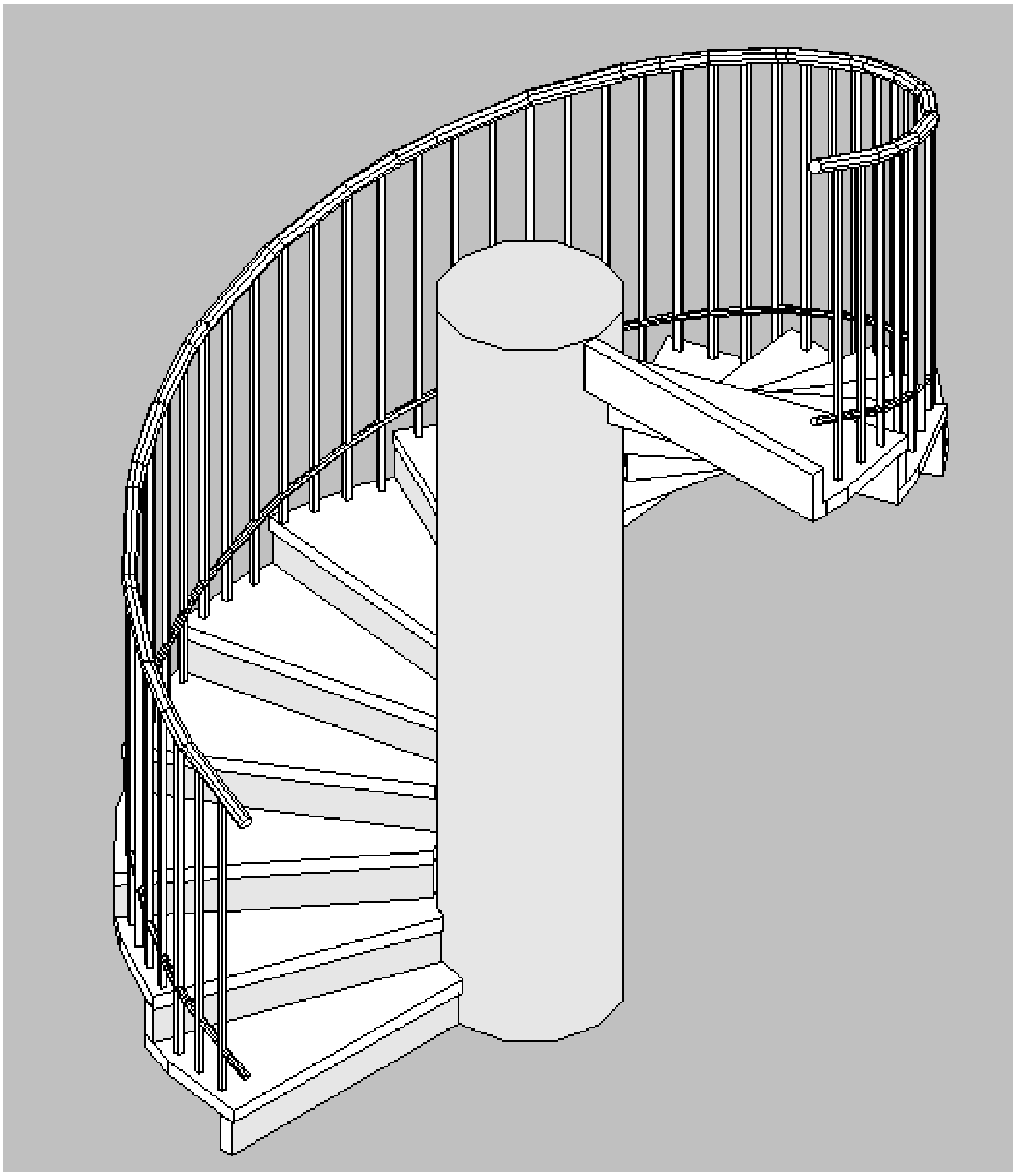


Fig. 7.60 Isometría escalera en caracol

Ejercicios propuestos de proyección axonométrica

7.1 Construir la isometría del sólido dado en las proyecciones de planta, alzada frontal y alzada lateral

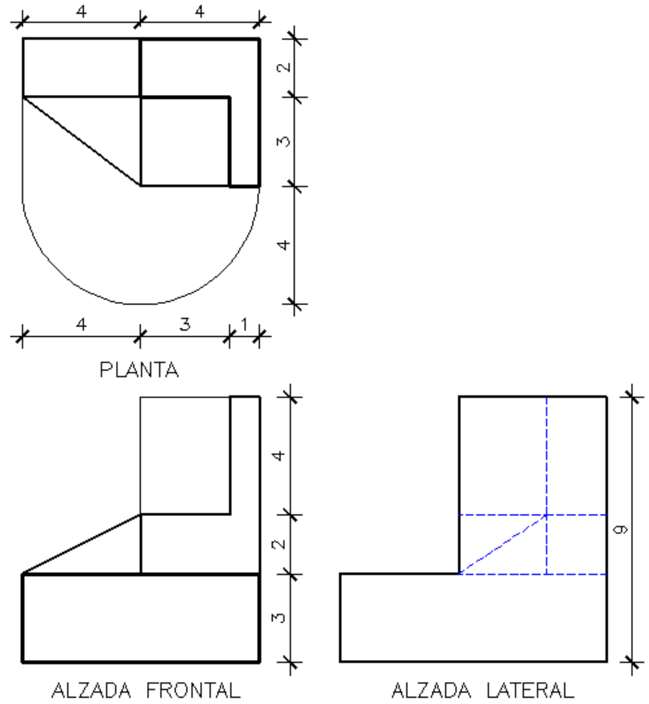


Fig. 7.E-1

7.2 Dada las proyecciones de planta, alzada frontal y alzada lateral del siguiente sólido, construir una axonometría militar (45º - ½) y otra caballera (30º - ¾)

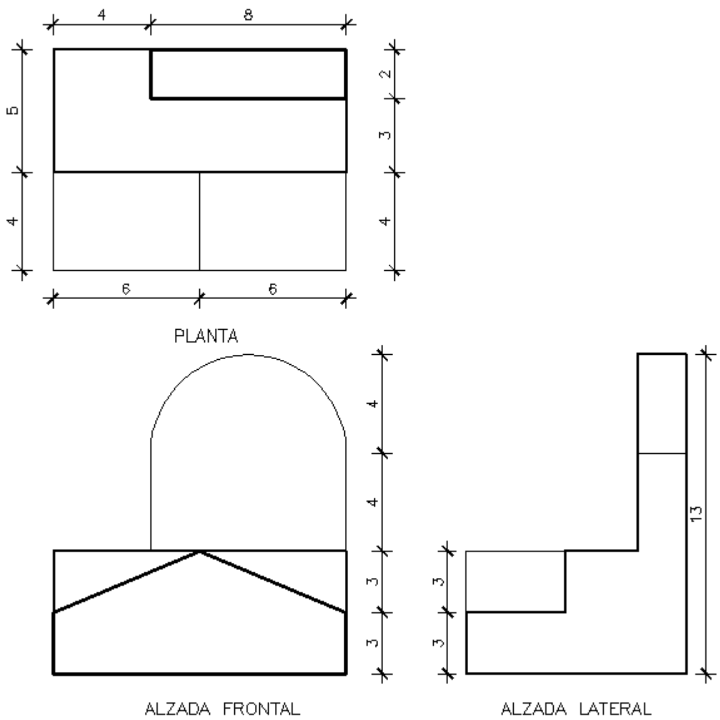


Fig. 7.E-2

Capítulo 8

SOLUCION DE CUBIERTAS DE PLANOS INCLINADOS

Con pendientes iguales a cuatro aguas

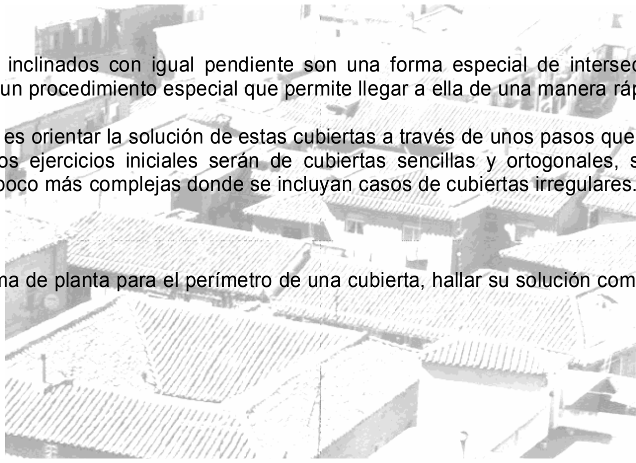
GENERALIDADES

Las cubiertas de planos inclinados con igual pendiente son una forma especial de intersección de planos, por tanto, su solución genera también un procedimiento especial que permite llegar a ella de una manera rápida y sencilla.

El propósito de esta guía es orientar la solución de estas cubiertas a través de unos pasos que conduzcan a la respuesta final de manera ordenada. Los ejercicios iniciales serán de cubiertas sencillas y ortogonales, sin embargo, hacia el final se proponen soluciones un poco más complejas donde se incluyan casos de cubiertas irregulares.

EJERCICIO RESULETO

Dado el siguiente esquema de planta para el perímetro de una cubierta, hallar su solución como cubierta de planos inclinados a cuatro aguas.



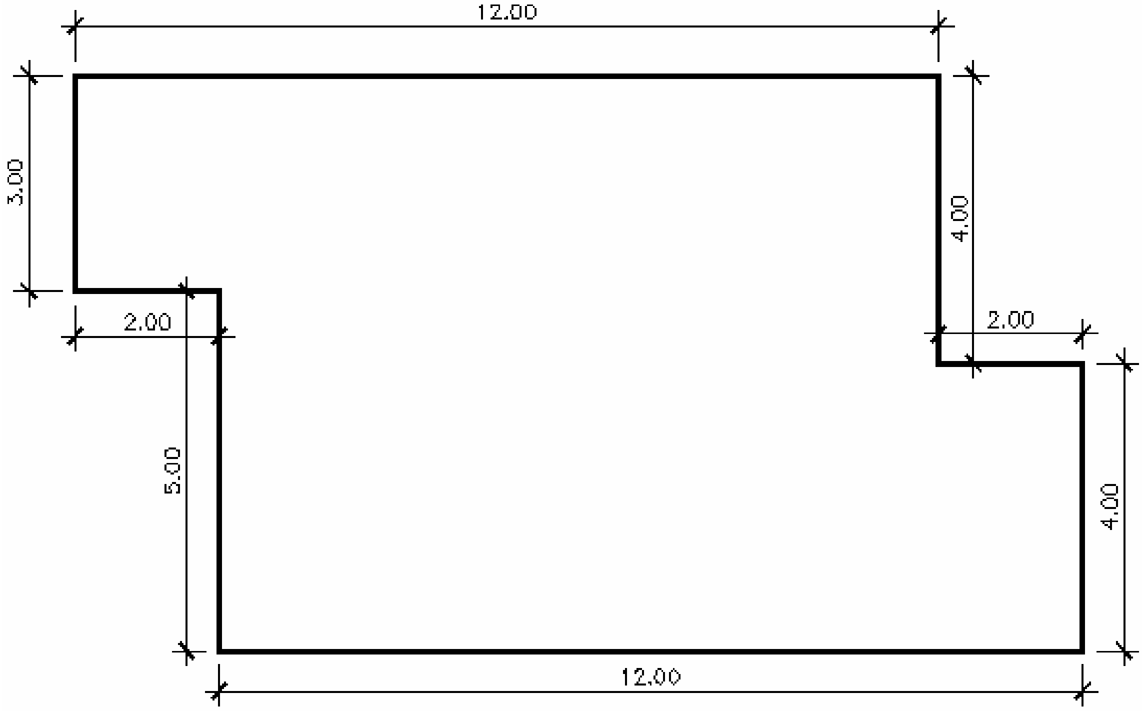


Fig. 8.1

En adelante llamaremos a los lados del perímetro de la cubierta **TRAZAS** y a las intersecciones de los planos de la misma, **INTERSECCIONES**.

La proyección horizontal de cada una de las intersecciones de planos estará basada en dos teoremas:

PRIMER TEOREMA:

La intersección de dos planos cuyas trazas son paralelas, será otra paralela pasando por el punto medio.

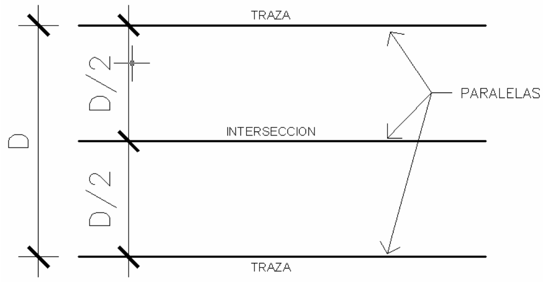


Fig. 8.2

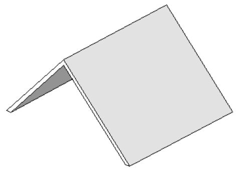


Fig. 8.3

SEGUNDO TEOREMA:

La intersección de dos planos cuyas trazas se cortan en un punto, será la bisectriz del ángulo que forman.

En el ejemplo las trazas forman un ángulo de 90°, por lo tanto la bisectriz divide al ángulo en dos de 45° cada uno.

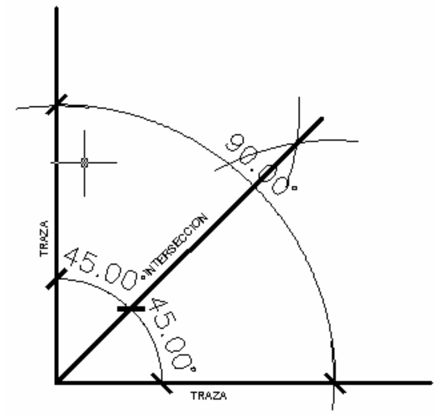


Fig. 8.4

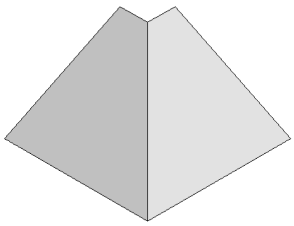


Fig. 8.5

En los dos siguientes ejemplos las trazas forman ángulos diferentes de 90 grados, se aprecia entonces como la solución siempre corresponde a la bisectriz del ángulo.

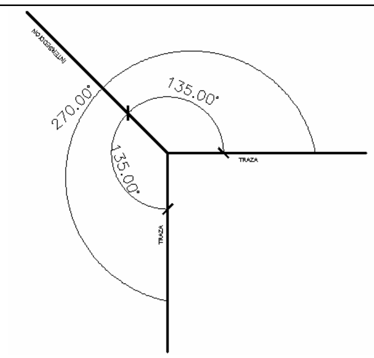


Fig. 8.6

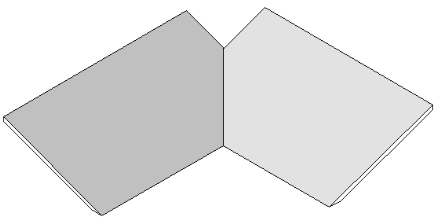


Fig. 8.7

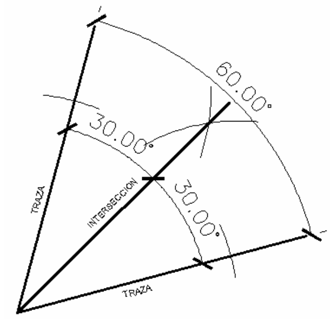


Fig. 8.8

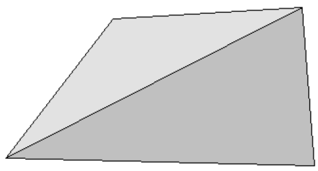


Fig. 8.9

Pasos para la solución de la cubierta:

1. **NUMERAR LAS TRAZAS**

Para una mejor identificación de los planos a intersectar, se procede a numerar las trazas, recordemos que estas son las que originan los planos inclinados, por tanto, habrá tantos planos como trazas. El orden de numeración puede ser cualquiera, se recomiendo en todo caso seguir un orden consecutivo para facilitar la lectura posterior de los pasos que nos permitirán llegar a la solución final.

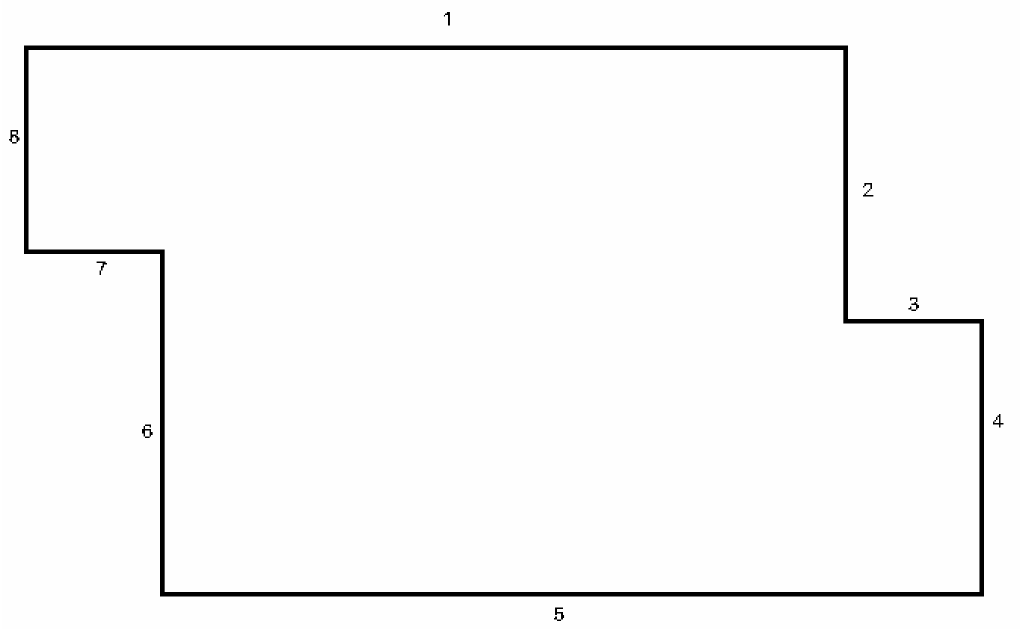


Fig. 8.10 Perímetro de la cubierta

2. **CONSTRUIR LAS INTERSECCIONES DE LOS VERTICES DEL PERIMETRO DE LA CUBIERTA.**

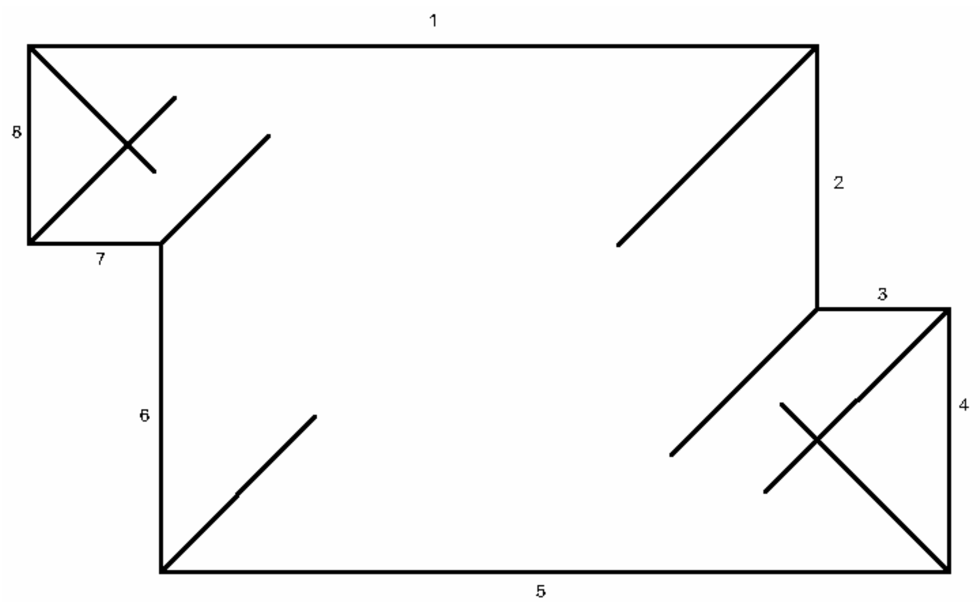


Fig. 8.11 Intersecciones en los vértices del perímetro de la cubierta

Como se aprecia en la figura 8.11, todas las intersecciones de los vértices resultan de aplicar el teorema de las trazas que se cortan en un punto y por tanto su intersección será la bisectriz de cada uno de dichos ángulos, como el ejemplo propuesto es de una cubierta de planta ortogonal, los ángulos resultantes son de 90 y 270 grados, así, sus bisectrices serán de 45 y 135 grados respectivamente. Es importante anotar que para poder llegar a la solución se deben construir la totalidad de las intersecciones de los vértices de la cubierta.

3. CERRAR EL PRIMER PLANO.

Cuando dos de las intersecciones de los vértices se encuentran, estas se delimitan formando un plano (plano triangular), en ejemplo podrían ser los planos 8 o 4, para una mayor seguridad se recomienda tomar el plano de menor dimensión, en este caso vamos a partir del plano 8.

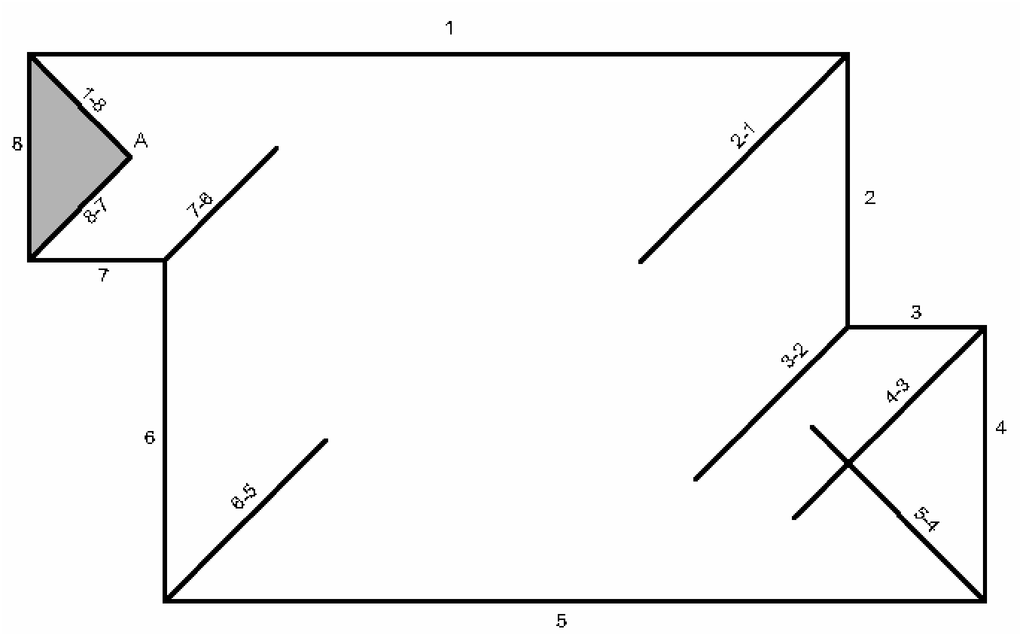


Fig. 8.12 Cerrar el primer plano

4. HALLAR LA INTERSECCION FALTANTE

Al cerrar el plano 8 se forma un nuevo punto (A), al cual convergen las intersecciones 1-8 y 8-7, para que la solución este completa en dicho punto, es necesario hallar una tercera intersección, dicha intersección debe corresponder a la combinación que falta entre los planos 1, 8 y 7. Si tenemos en cuenta que en la combinatoria de 3 elementos (3 planos), cada uno deberá combinarse con los otros dos, la pareja que falta seria el 1 con el 7, de esta forma quedarían completas las parejas de planos (1-8, 8-7 y 1-7).

Necesitamos definir ahora a cual de los teoremas correspondería dicha intersección. En el ejemplo anterior la traza 1 y la traza 7 son paralelas, su intersección será entonces otra paralela pasando por el punto medio, si la solución anterior (cierre del plano) es correcta, el punto medio se localiza en el punto A al cual convergen las dos intersecciones anteriores (1-8 y 8-7).

La nueva intersección (1-7) parte entonces desde el punto A, paralela a 1 y 7 y va hasta que encuentre la siguiente intersección, en este caso (7-6), allí termina su recorrido y a su vez delimita la anterior formando un nuevo punto (B) en el cual debemos repetir el análisis anterior (paso 4 del procedimiento). Nótese que al mismo tiempo se cierra un nuevo plano (plano 7). (Ver figura 8.13)

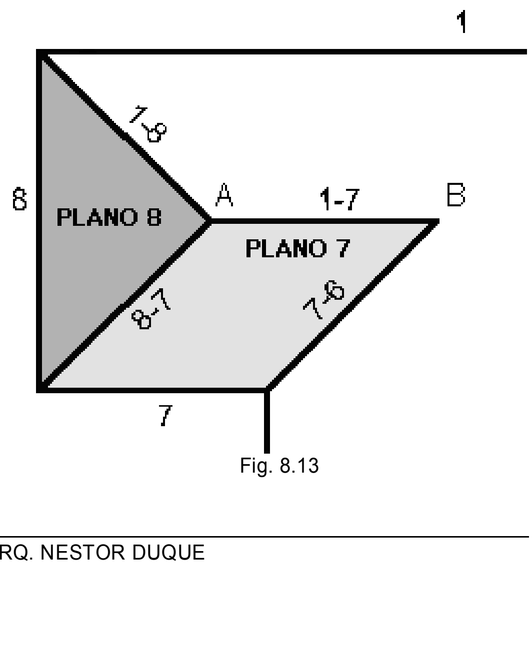


Fig. 8.13

Si repetimos el procedimiento anterior con cada una de los puntos resultantes tendríamos:

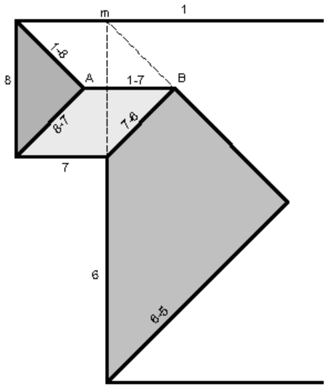


Fig. 8.14

PUNTO B:

Intersecciones que llegan al punto B, 1-7 y 6-7, falta la intersección 1-6, no son paralelas, por tanto, se cortan en el un punto (m). La bisectriz del ángulo pasa por el punto B y la intersección resultante entonces irá desde el punto B hasta la primera que corte (6-5), allí termina su recorrido y delimita a la anterior.

Nótese que para poder encontrar la intersección de las dos trazas (1 y 6) fue necesario prolongar la traza 6 hacia la traza 1 formando el punto auxiliar m, de allí que el tramo m-B de la intersección también se considera como construcción auxiliar (en el grafico se muestran están construcciones auxiliares punteadas).

PUNTO C:

Intersecciones del punto C, 1-6 y 6-5, falta la intersección 1-5, se le aplica el teorema de las trazas paralelas, esta intersección intersecta en su recorrido a la intersección 2-1 en el punto (D), la solución queda como en la figura 8.15

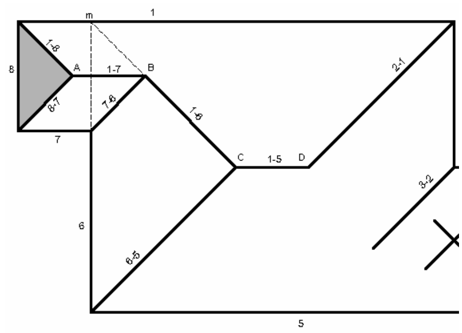


Fig. 8.15

PUNTO D:

Intersecciones en el punto D, 1-5 y 2-1, falta la intersección 2-5, aplicamos en teorema de las trazas que se cortan. (Figura 8.16).

En este caso también fue necesario prolongar la traza 2 hasta cortarla con la 5, la intersección va entonces desde el punto D hasta la primera que corta (3-2) formando un nuevo punto (E).

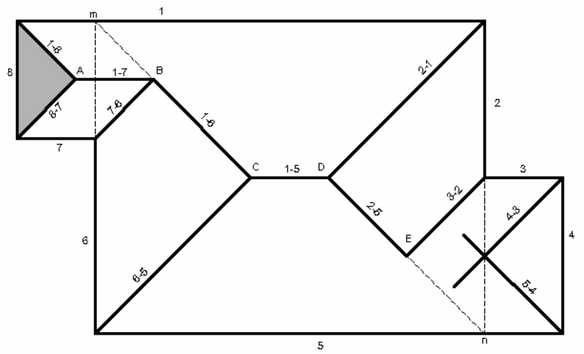


Fig. 8.16

Si construimos la ultima intersección en el punto E, que seria entre los planos 3 y 5 (teorema de las trazas paralelas), el resultado completo de la cubierta quedaría así:

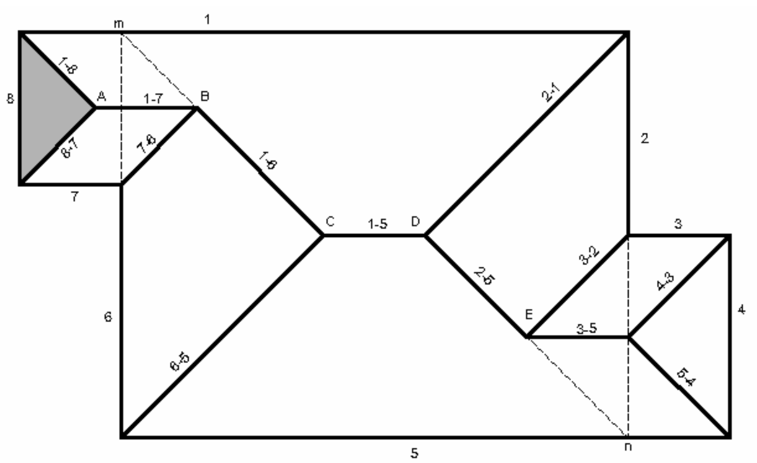


Fig. 8.17 Solución completa de la cubierta

Si definimos una pendiente para los planos de la cubiertas (40%), su construcción volumétrica quedaría entonces así:
NOTA: Es importante anotar que sin importar la pendiente de los planos de la cubierta, la solución en planta (proyección horizontal) es la misma.

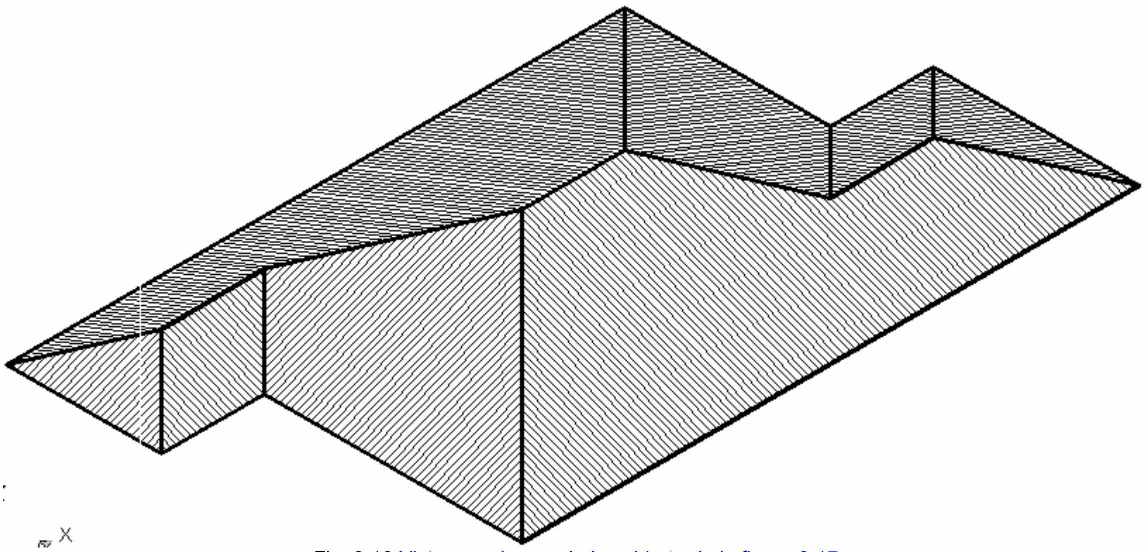


Fig. 8.18 Vista en volumen de la cubierta de la figura 8.17

FACHADA FRONTAL

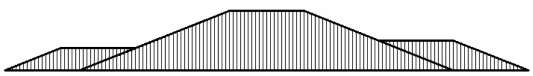


Fig. 8.19

FACHADA POSTERIOR

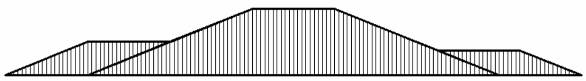


Fig. 8.20

FACHADA LATERAL DERECHA

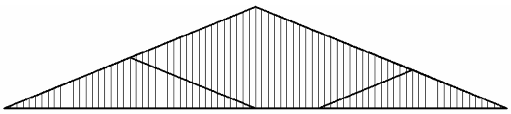


Fig. 8.21

FACHADA LATERAL IZQUIERDA

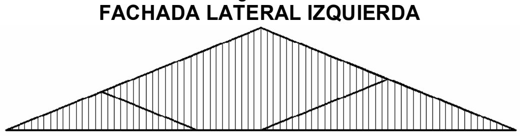


Fig. 8.22

Otros ejercicios resueltos

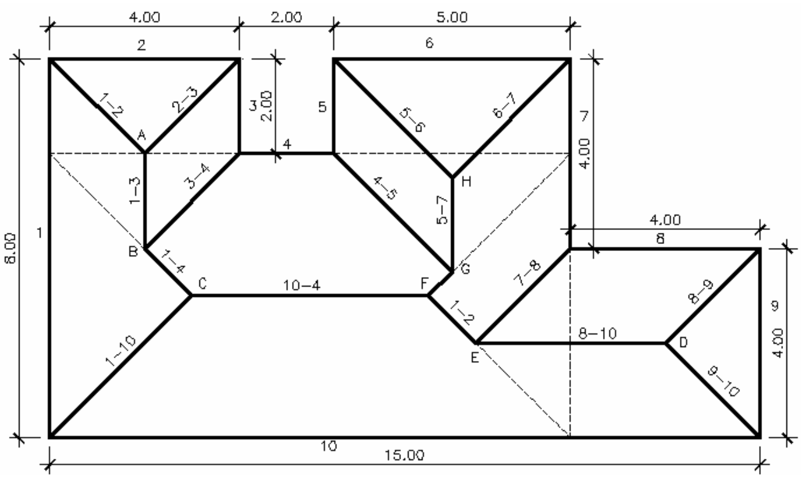


Fig. 8.23

En la figura 8.23 podemos ver otra cubierta con la solución en planta de planos inclinados con igual pendiente y aunque no voy a explicar el procedimiento por ser igual al ejercicio anterior, el orden de los puntos (A, B, C, etc.) ayuda a orientar sobre la secuencia que se utilizó para resolver el ejercicio.

Al construir la intersección 10-4 desde el punto (C), es necesario dejar planteada dicha intersección y devolverse al cierre del plano (9) en un punto (D) para luego encontrarse con esta en el punto (F) y así poder continuar hasta cerrar el ejercicio en el punto (H).

La figura 8.24 muestra la solución de la cubierta anterior en volumen (Ver Figura 8.23). Para este ejercicio hemos aplicado una pendiente del 60%.

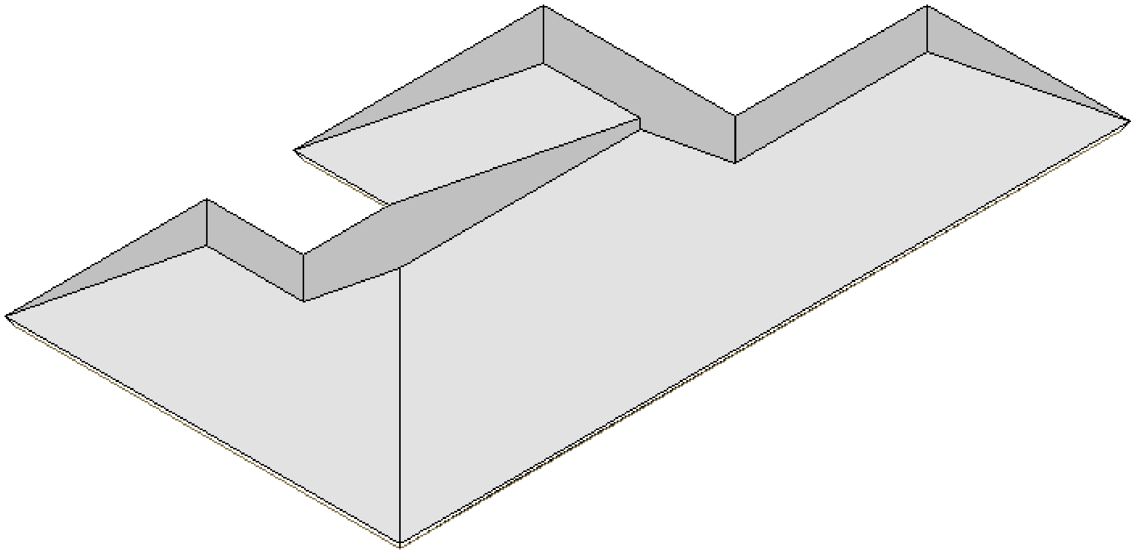


Fig. 8.24

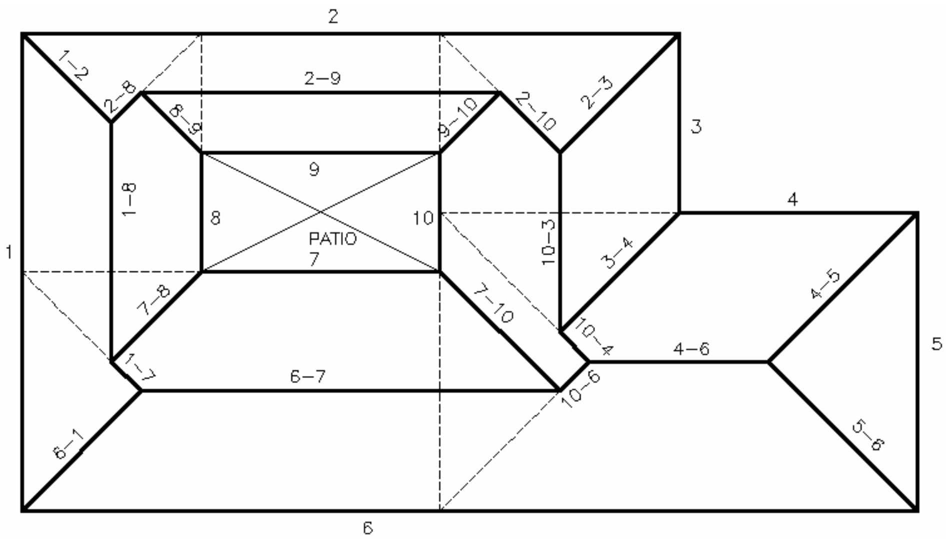


Fig. 8.25

NOTA: *La cubierta resuelta del la figura 8.25 tiene un patio interior, se recomienda entonces comenzar la solución construyendo la intersección entre los planos 2 y 9, aplicando el teorema de las trazas paralelas, es decir, la intersección debe localizarse en la mitad de la distancia entre ellas. Luego puede continuar con las intersecciones 2-8 y 2-10, de tal forma que se rodee el patio con la solución, cuando sea necesario conviene cerrar el plano 5 y construir la intersección 4-6, así, el cierre de la solución estará seguramente en las intersecciones 10-4 y 10-6.*

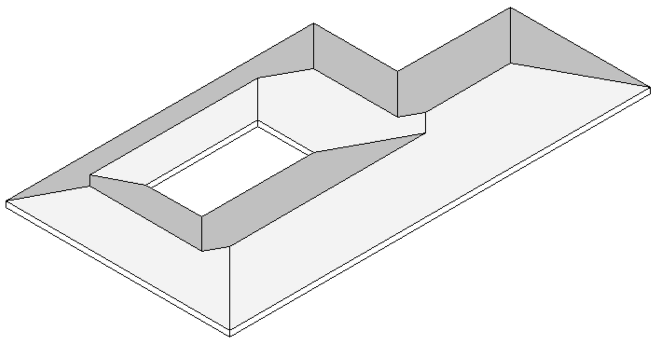


Fig. 8.26

Ejercicios propuestos

En las figuras 8-A y 8-B se da el perímetro de un área a cubrir con cubierta de planos inclinados de igual pendiente. Halle la solución en planta, dibuje las 4 alzadas y la vista volumétrica.

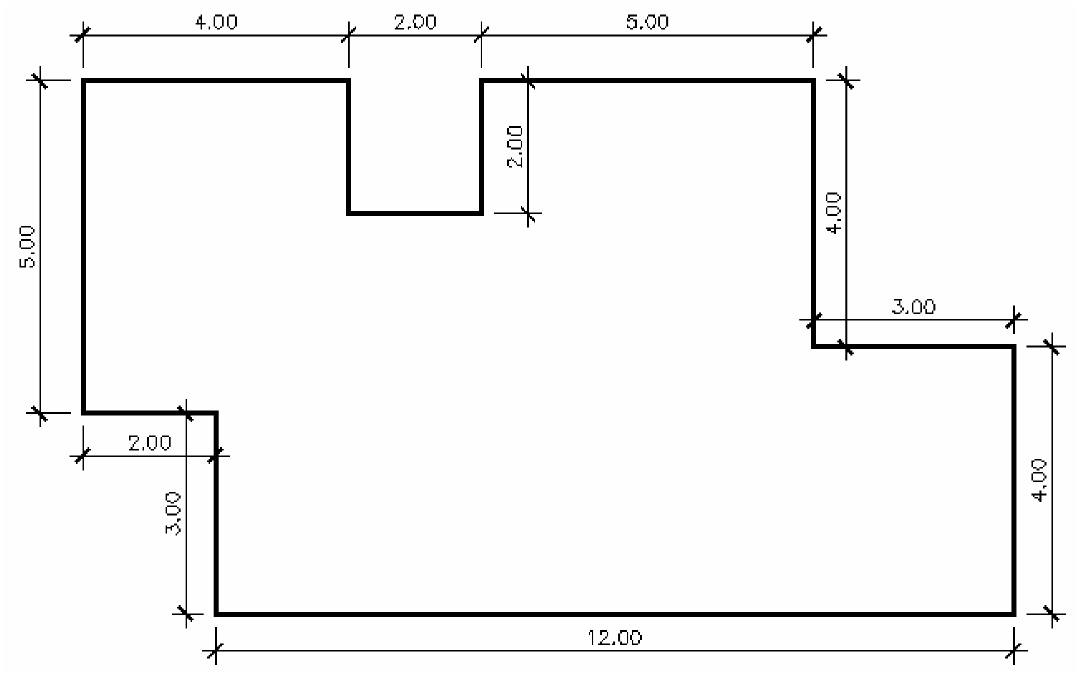


Fig. 8-A Cubierta con pendiente del 45%

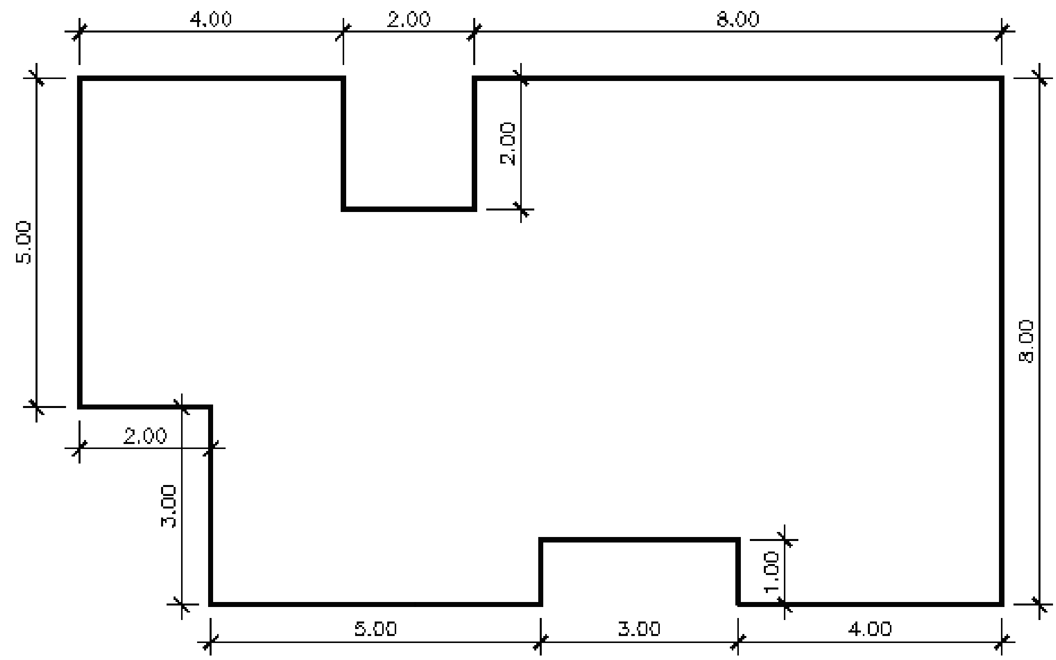


Fig. 8-B Pendiente para la cubierta 60%

Grupo de problemas Figuras 8-C a la 8-F. Construir la solución en planta de las cubiertas para una pendiente del 35%. Dibujar alzadas e isometría.

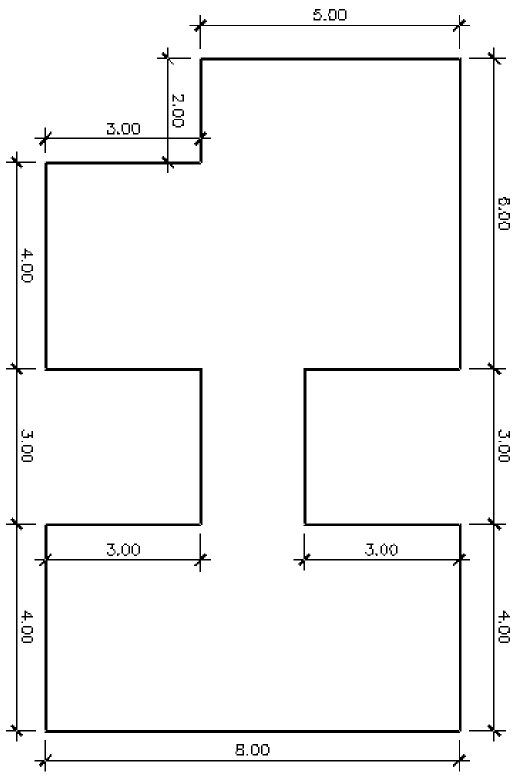


Fig. 8-C

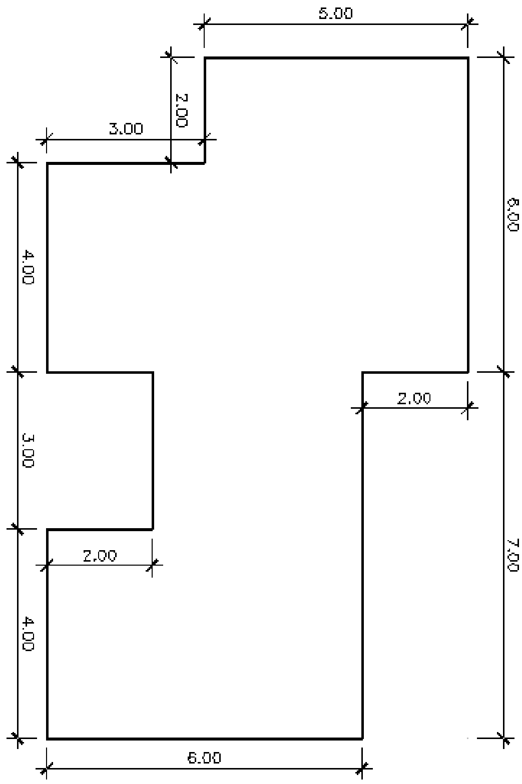


Fig. 8-D

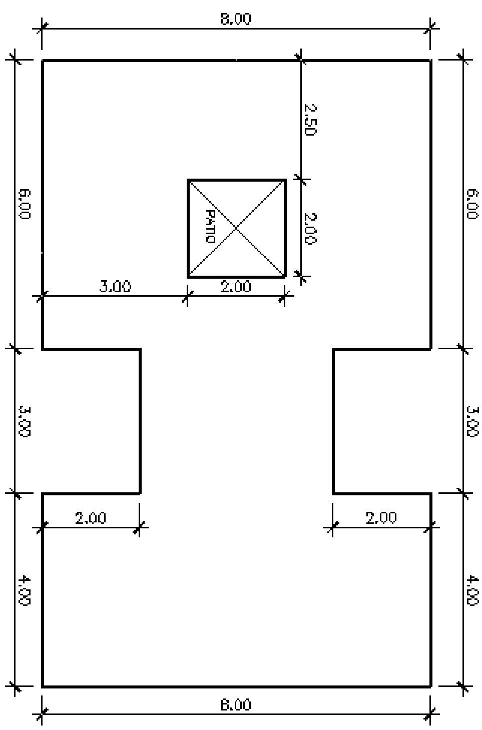


Fig. 8-E

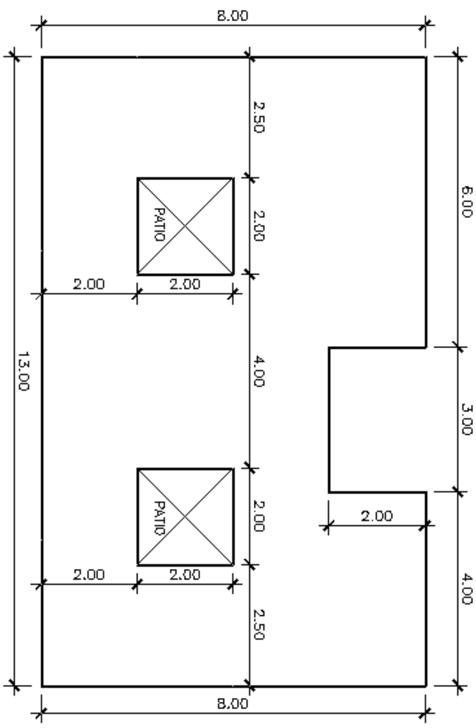


Fig. 8-F

Cubiertas con pendientes iguales entre medianeras

GENERALIDADES

En primer lugar se define como medianera al lado de la cubierta que por razones de servidumbre con otras construcciones no debe generar un plano inclinado (no corre el agua hacia ese lado), la medianera por tanto no es traza. En este tipo de soluciones se aplican los dos teoremas anteriores (de trazas paralelas y trazas que se cortan), no existe entonces intersección entre una traza y una medianera ni tampoco entre dos medianeras.

El siguiente es un ejemplo resuelto de cubierta con medianeras.

NOTA: Dado que en el capitulo anterior se explicó detalladamente el procedimiento para hallar la solución de cubiertas inclinadas con pendientes iguales, en este caso solo se mostrará la solución terminada.

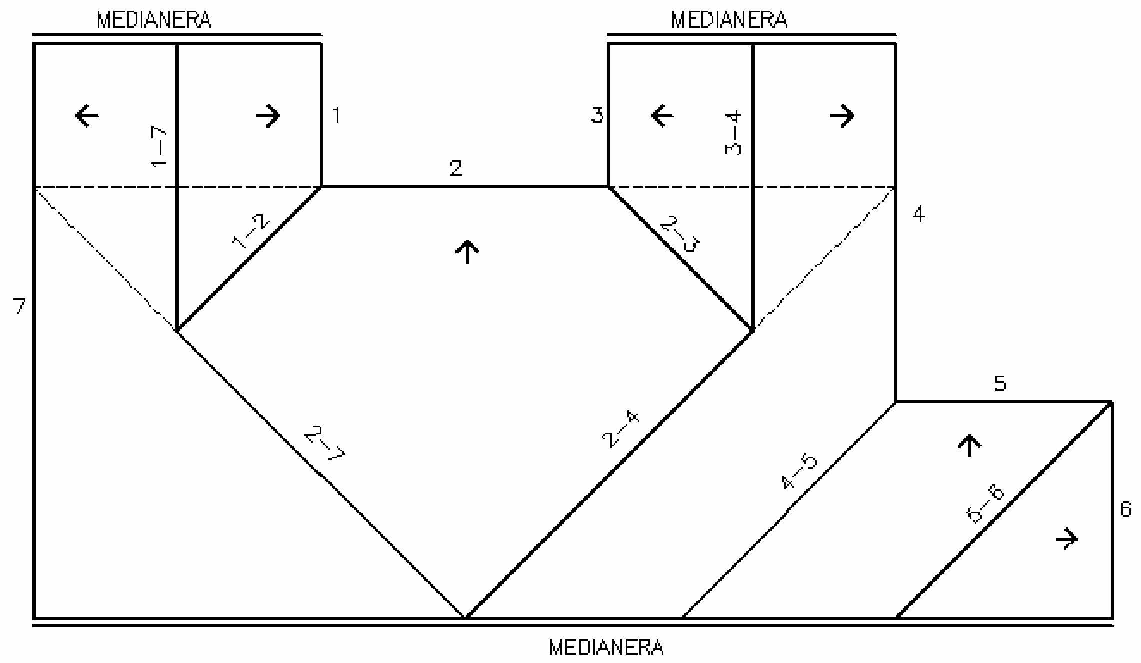


Fig. 8.27 Cubierta con pendientes iguales entre medianeras

Para este tipo de cubiertas se utilizarán los mismos pasos de las cubiertas a cuatro aguas, es decir, numerar las trazas, construir las intersecciones de los vértices del perímetro de la cubierta y de los patios, sin embargo, el paso de cerrar el primer plano es posible que no se dé como se aprecia en el ejercicio anterior, es por tanto necesario la mayoría de la veces iniciar con una intersección de trazas paralelas y talvez repetir este mismo procedimiento varias veces.

Es importante anotar también que cuando una intersección no se encuentra con otra deberá continuar hasta que se intersecte con la medianera. En el ejemplo anterior esto ocurre con las intersecciones 2-4, 2-7, 4-5 y 5-6.

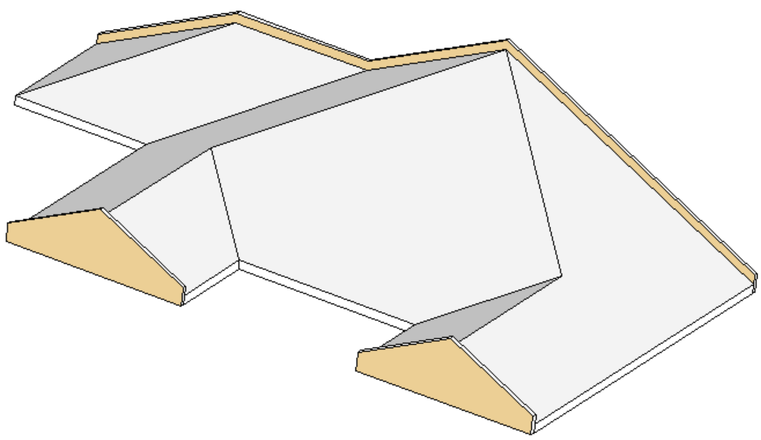


Fig. 8.28

CASOS ESPECIALES DE MEDIANERAS O CULATAS EN LOS PATIOS

Las culatas (muros) en los patios, dan lugar a un caso especial de cubiertas a cuatro aguas, siempre se debe cumplir la condición de no inclinar planos hacia la medianera ó la culata y por tanto es necesario considerar que en los puntos de intersección de la culata con una traza ó dos culatas, generan planos inclinados cuyas trazas en realidad son puntos, es decir, debe colocarse un bajante para recibir las aguas de dichos planos.

En los problemas resueltos de las figuras 8.29 a 8.34 se muestran algunos de estos casos especiales con su respuesta en planta y la vista isométrica de los mismos.

Observe como siempre en las culatas se presenta una intersección de dos planos cuyas trazas son una recta y un punto, generando una intersección paralela a la traza en el punto medio de la distancia entre esta y el punto (bajante), de esta forma se asegura que las aguas de los planos corren en forma paralela a la culata.

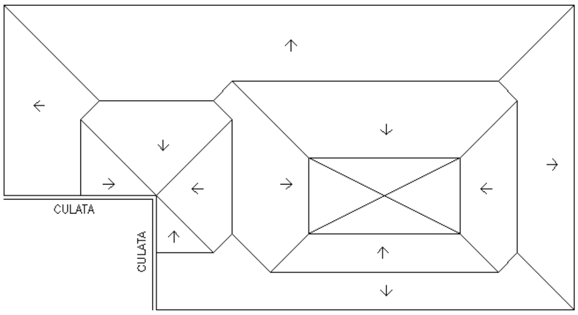


Fig. 8.29

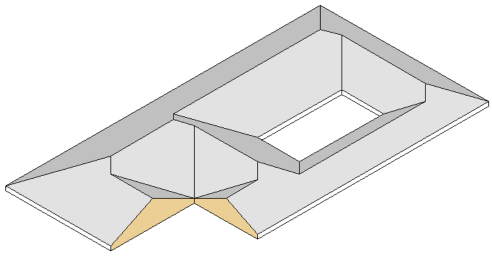


Fig. 8.30

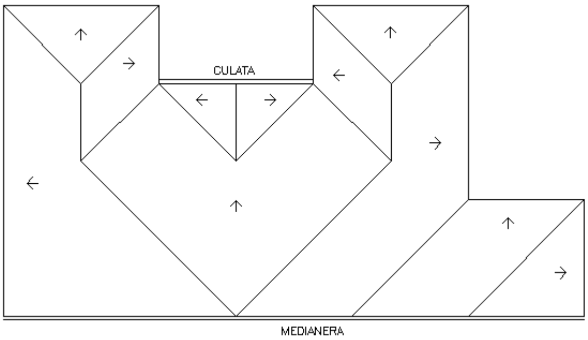


Fig. 8.31

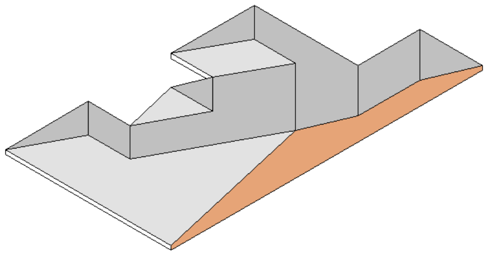


Fig. 8.32

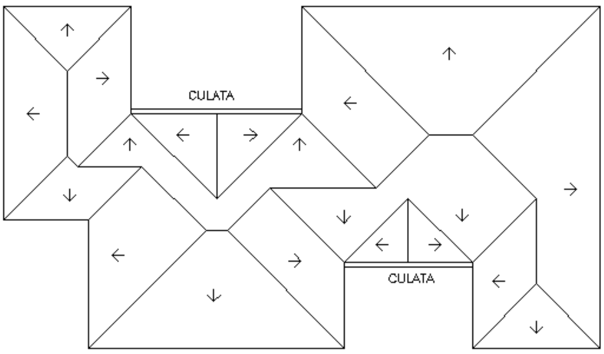


Fig. 8.33

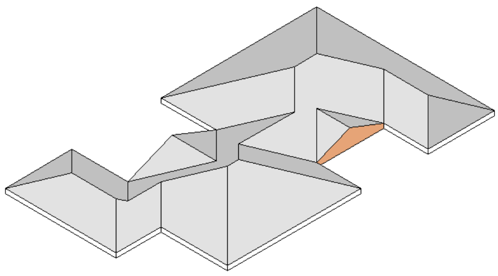


Fig. 8.34

Ejercicios propuestos de cubiertas con medianeras y ó culatas

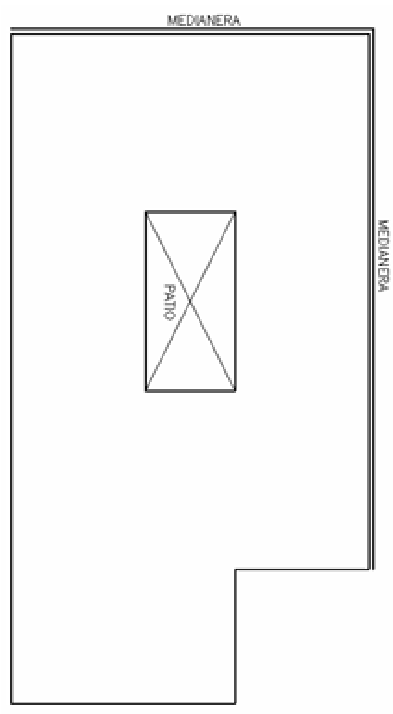


Fig. 8-G

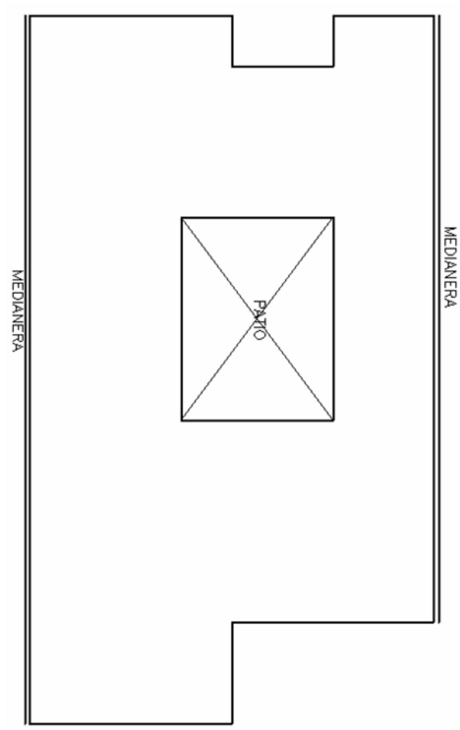


Fig. 8-H

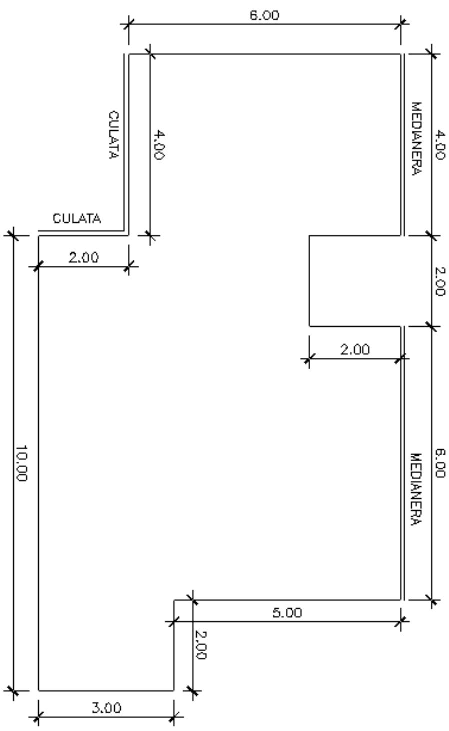


Fig. 8-I

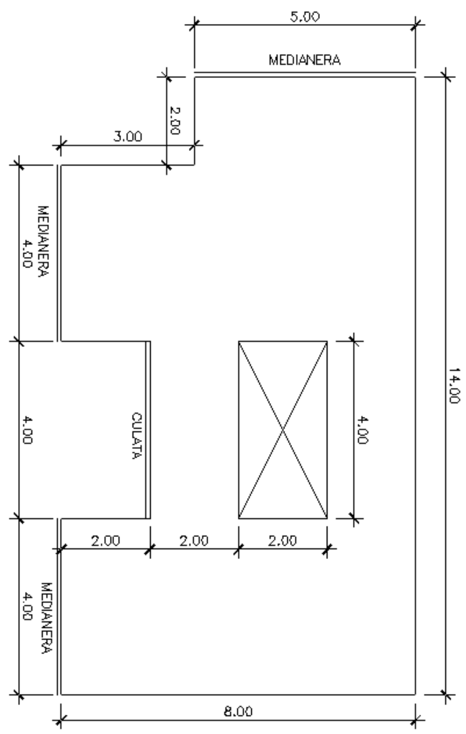


Fig. 8-J

Cubiertas irregulares con pendientes iguales

A pesar de que en la mayoría de los casos nos encontramos con esquemas de planta que son ortogonales, no menos común es el caso de las cubiertas de planta irregular. A continuación se muestran algunos casos de este tipo.

NOTA: Es importante aclarar que los ejercicios aquí propuestos no corresponden a casos concretos de proyectos arquitectónicos, si embargo, el propósito de los mismos es plantear un sistema que conduzca a la solución de este tipo de cubiertas y que finalmente Usted puede adaptar a casos concretos.

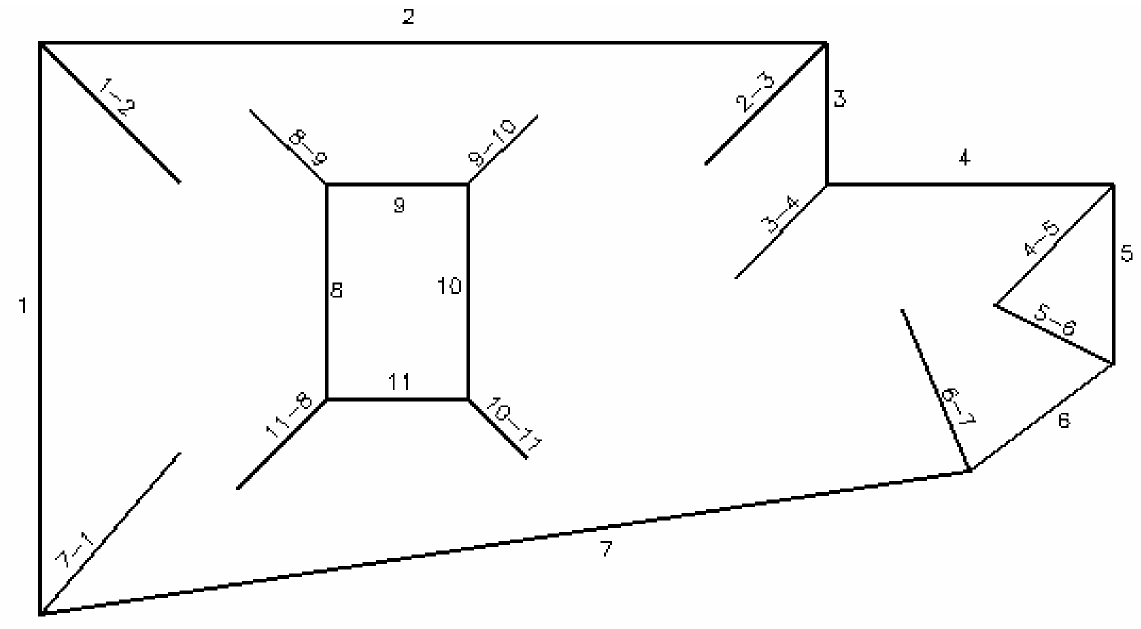


Fig. 8.35

En este ejercicio ya tenemos resueltos los primeros pasos del procedimiento:

1. Se numeraron las trazas (1 al 11)
2. Se construyeron las intersecciones de los vértices (aplicamos en este caso el teorema de las trazas que se cortan, por tanto, su intersección es bisectriz del ángulo. Debe tenerse especial cuidado en las intersecciones 6-7 y 7-1 donde los ángulos no son ortogonales.
3. Se cerró el primer plano (plano 5).

Ahora podemos continuar con el procedimiento que es construir la intersección que falta donde convergen las intersecciones 4-5 y 5-6 respectivamente.

El análisis en este punto nos debe dar que falta la intersección de los planos 4 y 6, corresponde entonces al caso de trazas que se cortan, para ello es necesario prolongar ambas hasta que se intersecten en un punto a continuación construimos la bisectriz del ángulo que formaron. Esta bisectriz debe pasar por el punto A, punto don se intersectan 4-5 y 5-6 e irá hasta que choque con la siguiente intersección que en este caso será 6-7.

En el gráfico adjunto se muestra el procedimiento anterior.

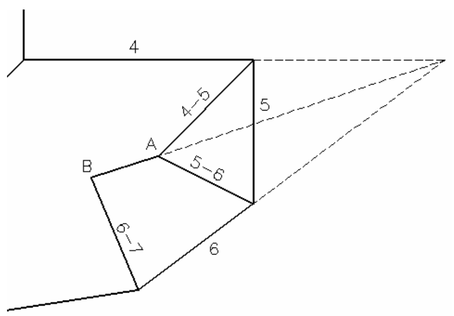


Fig. 8.36

A partir de aquí el procedimiento continúa de la misma forma como se explicó en el capitulo de las cubiertas ortogonales. El gráfico siguiente muestra la solución completa de esta cubierta con todos los puntos, intersecciones y líneas de construcción necesarias para completar la solución del techo.

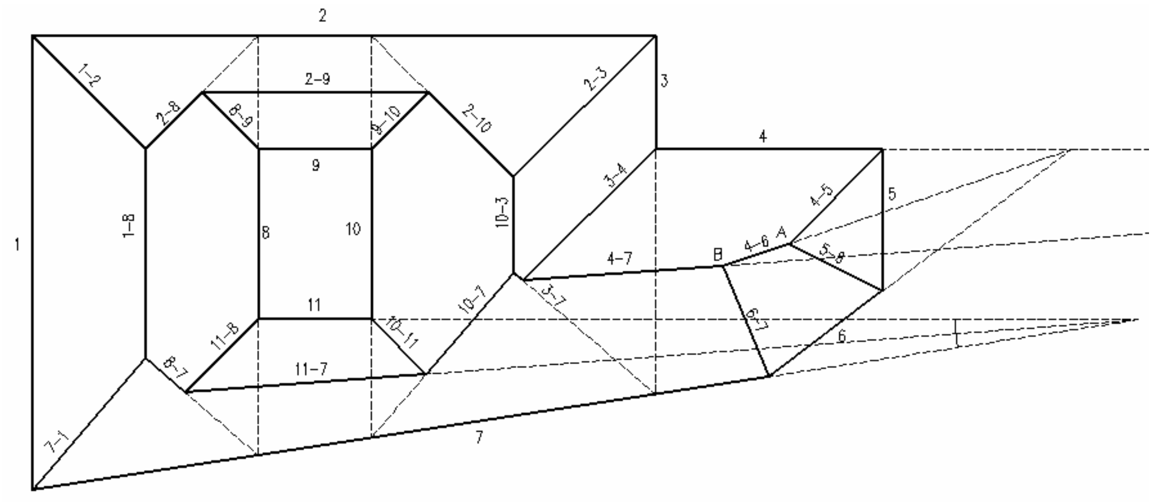


Fig. 8.37

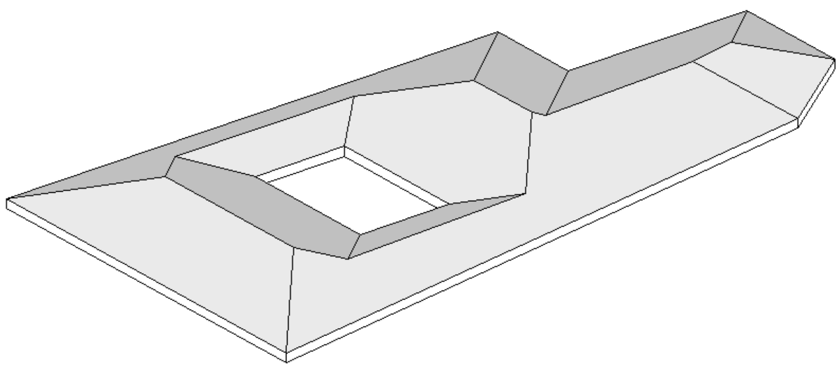


Fig. 8.38

NOTA: La solución de estas cubiertas irregulares exige frecuentemente el empleo de construcciones auxiliares para poder encontrar el corte de trazas no paralelas y hay que tener especial cuidado en la construcción de la bisectriz de los ángulos en dichos puntos de corte. Sin importar que tan regular ó irregular sea la cubierta, si aplicamos la teoría y el método expuestos al comienzo en este capítulo, siempre deberá resultar una solución geométricamente exacta y es de anotar que para cada problema propuesto solo existe una solución que satisface la teoría de intersección de planos inclinados con pendientes iguales. Si se llegara a presentar alguna impresición en la respuesta al problema debemos asumir que seguramente corresponde a errores de dibujo y no a la aplicación de la teoría o el método.

El ejercicio resuelto de la Figura 8.39 tiene como característica el que si bien la planta no presenta tanta irregularidad como el anterior, la rotación del patio interior si genera una solución que podemos seguir considerando como de cubierta irregular.

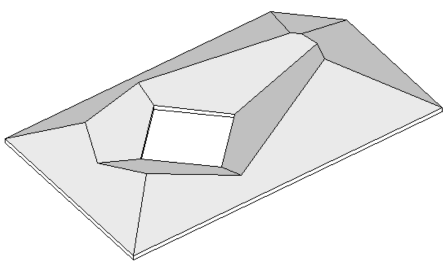


Fig. 8.40

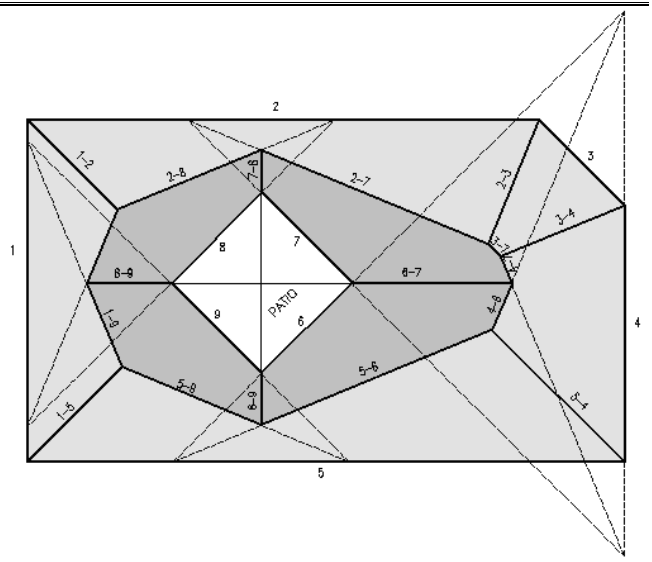


Fig. 8.39

Ejercicios resueltos de cubiertas irregulares con medianeras.

NOTA: Nuevamente aquí se aplica la misma teoría, donde se debe tener especial cuidado es en no construir intersecciones en los vértices donde hay medianeras y así como los ejemplos anteriores, es necesario resolver muchas construcciones auxiliares para poder encontrar el punto de corte de las trazas que no son paralelas.

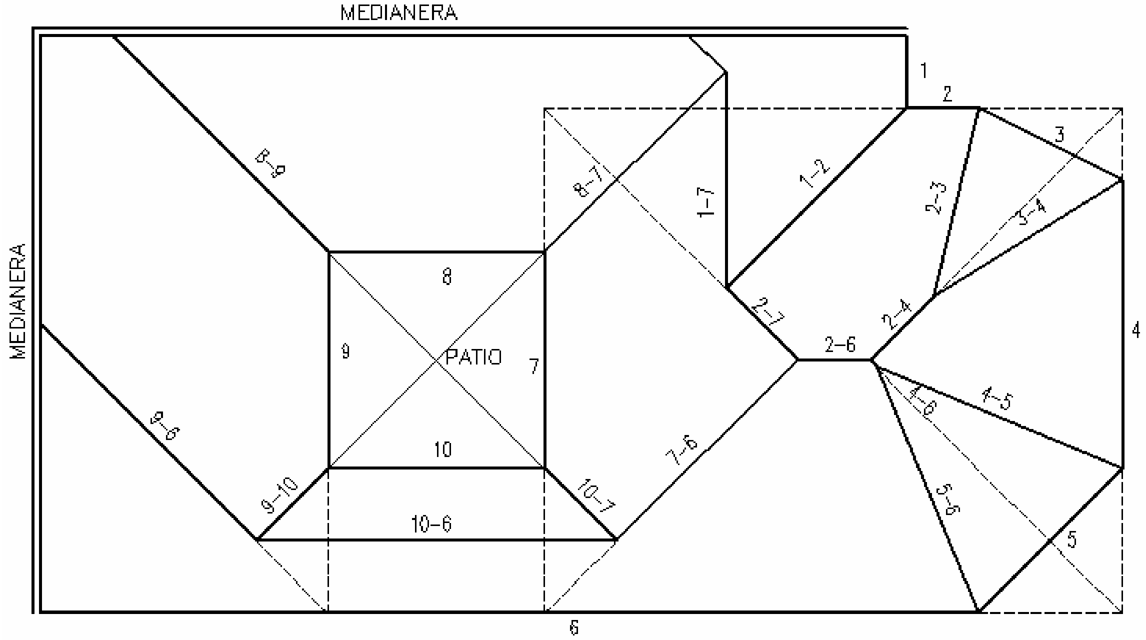


Fig. 8.41

Ejemplo con irregularidad generada por la rotación del patio interior.

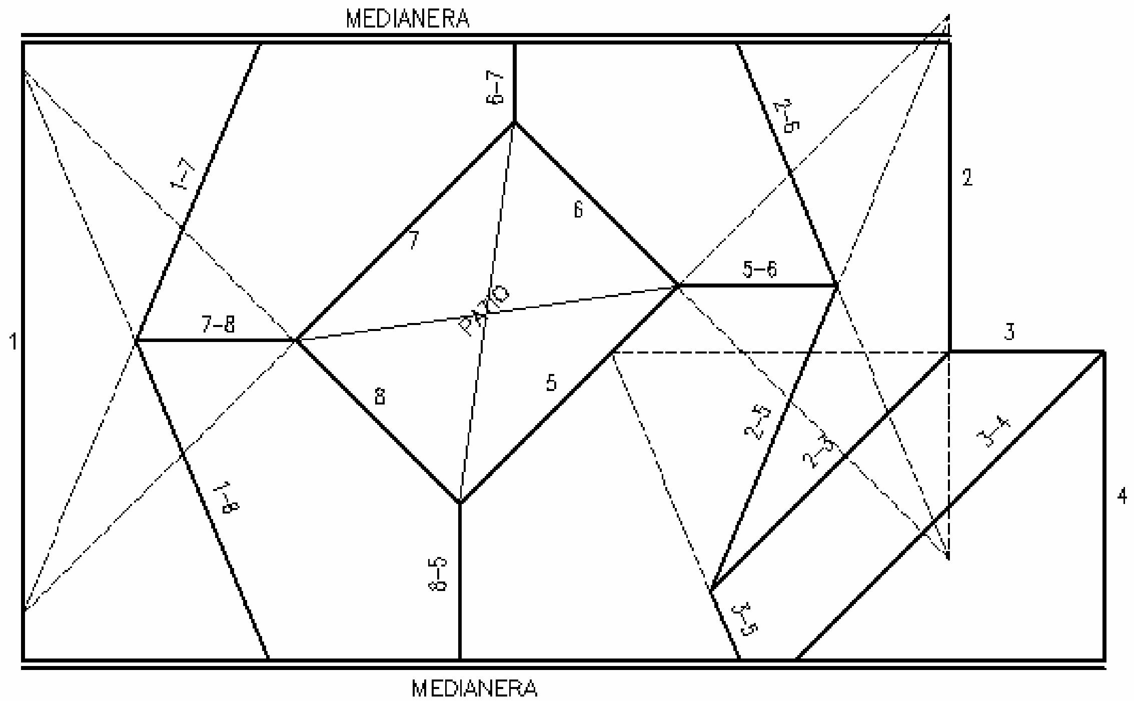


Fig. 8.42

Casos especiales cubiertas con pendientes iguales de geometría regular

Este grupo de cubiertas se caracterizan por tener una geometría no solamente regular (ortogonal), sino además muy simétrica, lo cual dará como resultado una solución también especial. En las gráficas adjuntas se muestra la solución en planta y su construcción volumétrica.

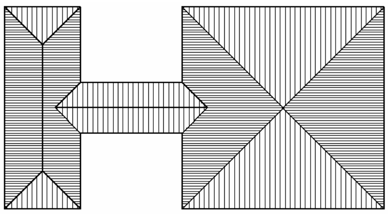


Fig. 8.43

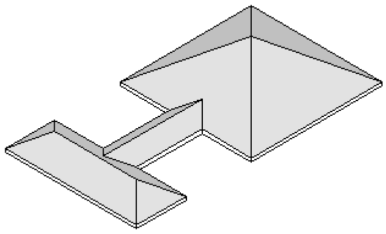


Fig. 8.44

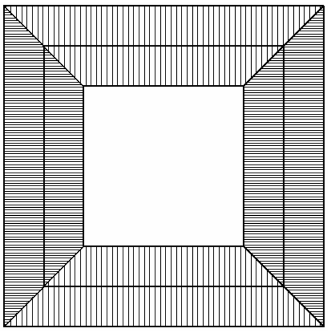


Fig. 8.45

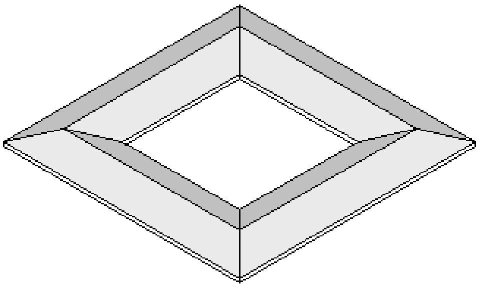


Fig. 8.46

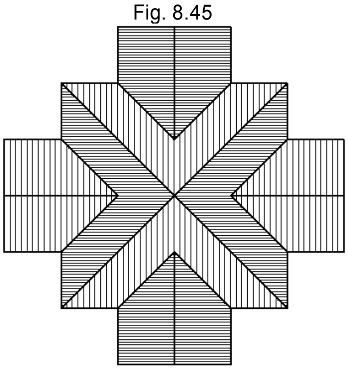


Fig. 8.47

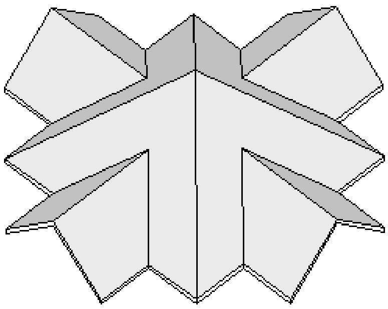


Fig. 8.48

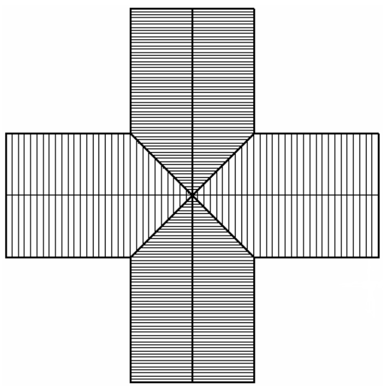


Fig. 8.49

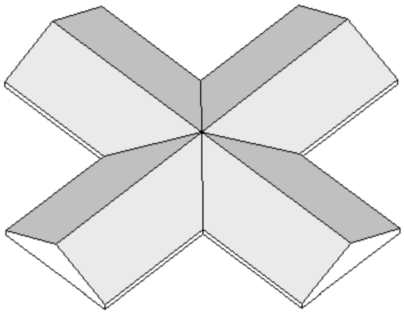


Fig. 8.50

Cubiertas con pendientes diferentes

Si tenemos en cuenta que el primer teorema de la intersección de cubiertas inclinadas con pendientes iguales es: La intersección de dos planos cuyas trazas son paralelas, será otra paralela pasando por le punto medio, en el caso de las pendientes iguales se cumple el que sea otra paralela, sin embargo, ya no podemos establecer su posición en el punto medio y dependerá de el valor de las pendientes de cada plano.

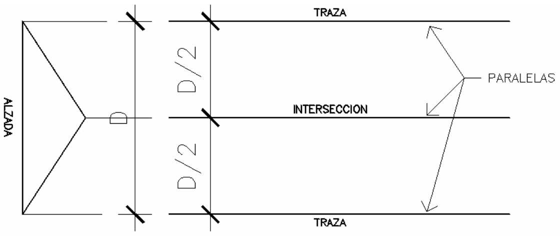


Fig. 8.51

CON PENDIENTES IGUALES

Si antes de obtener la posición de la intersección se construyera una alzada como aparece en el gráfico de la izquierda, tendríamos la respuesta del porque dicha intersección aparece justo en el punto medio de las dos trazas.

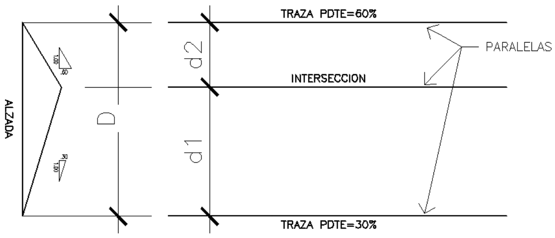


Fig. 8.52

CON PENDIENTES DIFERENTES

Como se puede observar en el caso de pendientes diferentes, la posición de la paralela dependerá del valor de las pendientes de los planos, en todo caso, siempre estará mas cerca de la traza de mayor pendiente (en el ejemplo de la traza con pendiente del 60%). En este caso podemos establecer una relación matemática así: 30/60 como d2/d1.

Analicemos ahora el segundo teorema de pendientes iguales para compararlo con el caso de las pendientes diferentes y poder establecer un nuevo teorema para las cubiertas de diferente pendiente:

CON PENDIENTES IGUALES

La intersección de dos planos cuyas trazas se cortan en un punto, será la bisectriz del ángulo que forman.

Esta intersección también sería el resultado de construir una paralela a 45 unidades de cada una de las trazas y luego dibujar un segmento de recta que vaya desde el vértice de las trazas hasta la intersección de dichas paralelas. Esta nueva reflexión nos permitirá entender como se obtiene la intersección en caso de las pendientes diferentes.

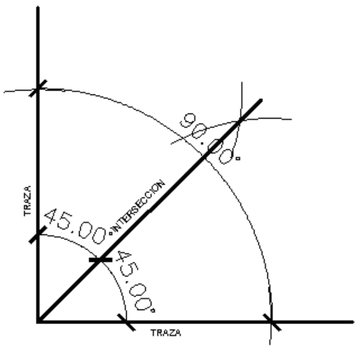


Fig. 8.53

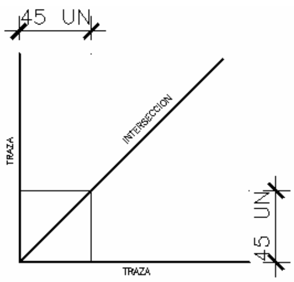


Fig. 8.54

CON PENDIENTES DIFERENTES

Para hallar esta intersección de dos planos cuyas trazas se cortan en pendientes diferentes, hay que construir una paralela a cada una de las trazas, sin embargo, ya no a una misma distancia, sino a distancias equivalentes a las pendientes en unidades de cualquier escala y en una relación inversamente proporcional (a mayor pendiente se toma el valor en unidades de la menor pendiente). Véase los dos ejemplos adjuntos.

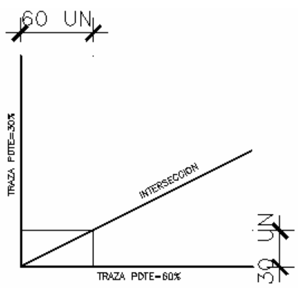


Fig. 8.55

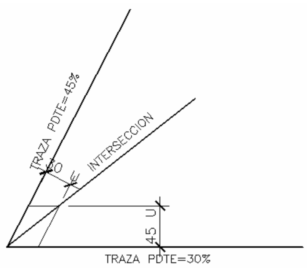


Fig. 8.56

Ejemplo resuelto de cubierta regular a cuatro aguas con diferentes pendientes.

Primero numeramos las trazas y procedemos a construir las intersecciones en los vértices del perímetro de la cubierta. Para este ejemplo se definieron dos diferentes pendientes (30% y 60%), nótese que en algunos casos pueden volver a presentarse intersecciones con igual pendiente (2-3 y 4-5), en los demás intersecciones tenemos pendientes diferentes en los planos, por tanto, su intersección se obtiene con el procedimiento explicado anteriormente.

Fig. 8.57

El paso siguiente será cerrar un primer plano (plano 8) y luego resolver la intersección que falta (1-7), que en este caso corresponde a trazas paralelas con igual pendiente (60%). En adelante se aplica el método implementado en los ejercicios de cubiertas con igual pendiente, salvo que además de analizar a que caso corresponde (trazas paralelas o trazas que se cortan) también debemos tener en cuenta si sus pendientes son iguales o diferentes para así mismo aplicarle la teoría que corresponda.

El gráfico de la derecha muestra la manera como se iniciaría la solución del ejercicio y el gráfico siguiente presenta la solución completa del mismo.

Como se explicó para las soluciones de cubiertas con pendientes iguales, todos los ejercicios planteados tienen una solución y es exacta, cualquier error de la misma deberá pensarse como de errores de precisión o de concepto a la hora de plantear la intersección de dos de los planos.

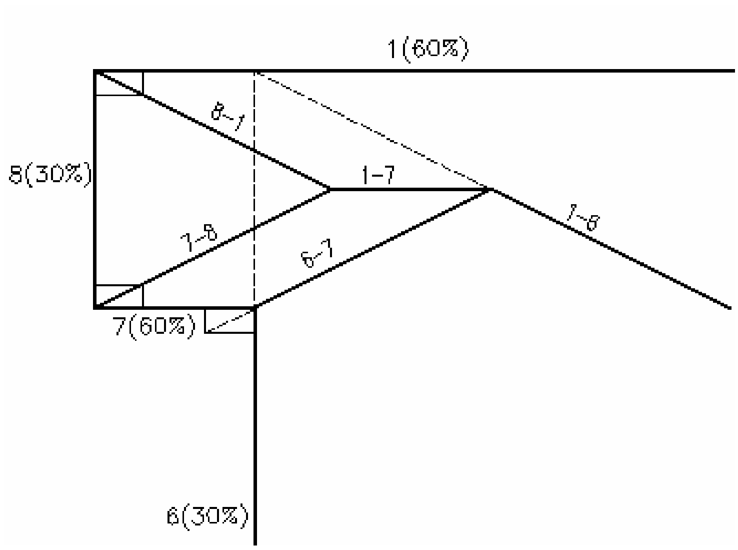


Fig. 8.58

Solución completa en planta para el ejercicio resuelto.

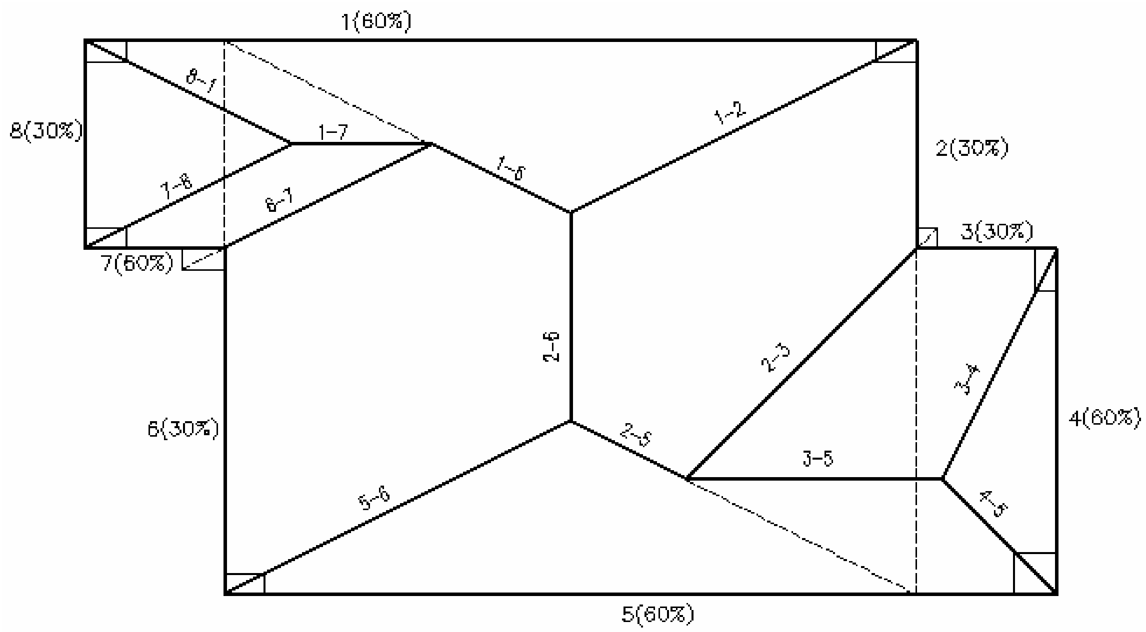


Fig. 8.59

La siguiente es la solución en volumen de la cubierta anterior.

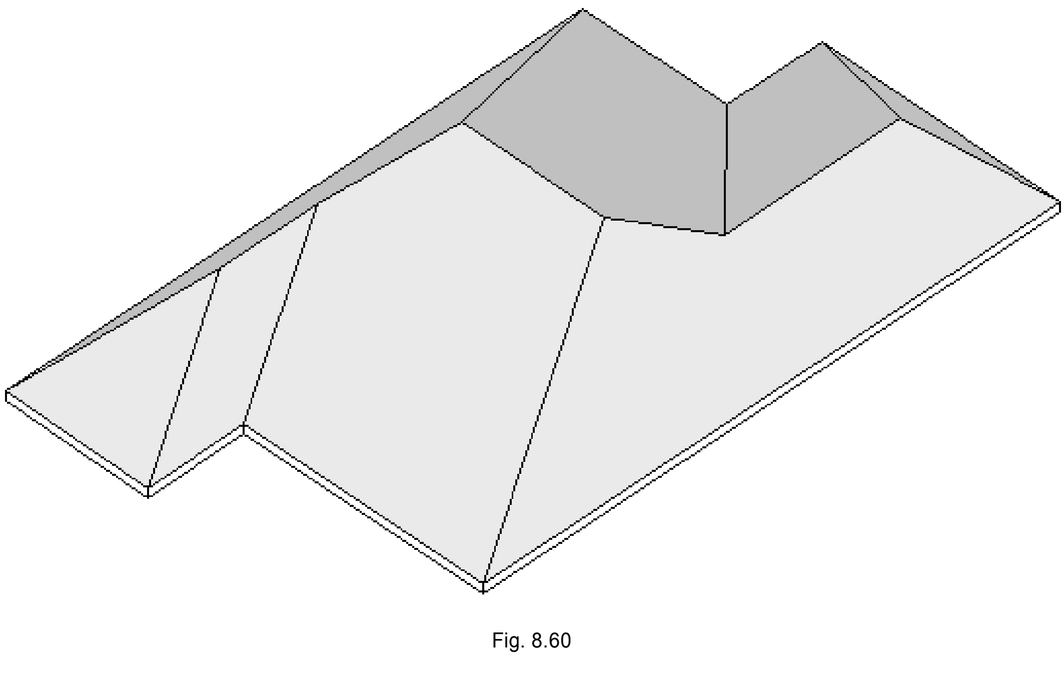


Fig. 8.60

Ejercicios propuestos para cubiertas de diferentes pendientes

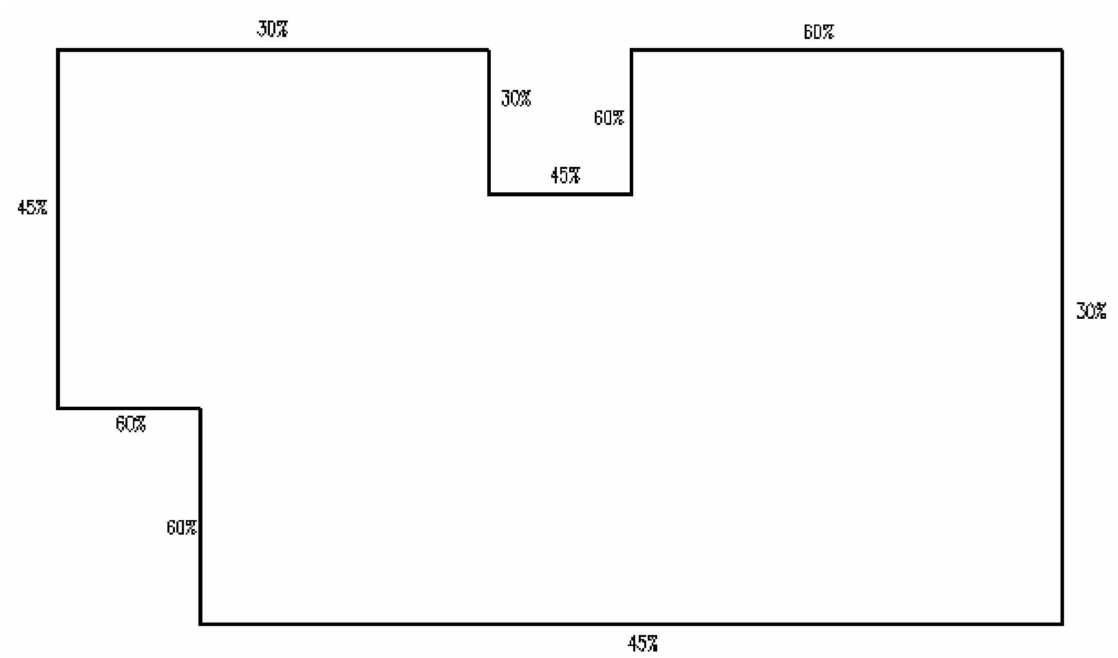


Fig. 8.61

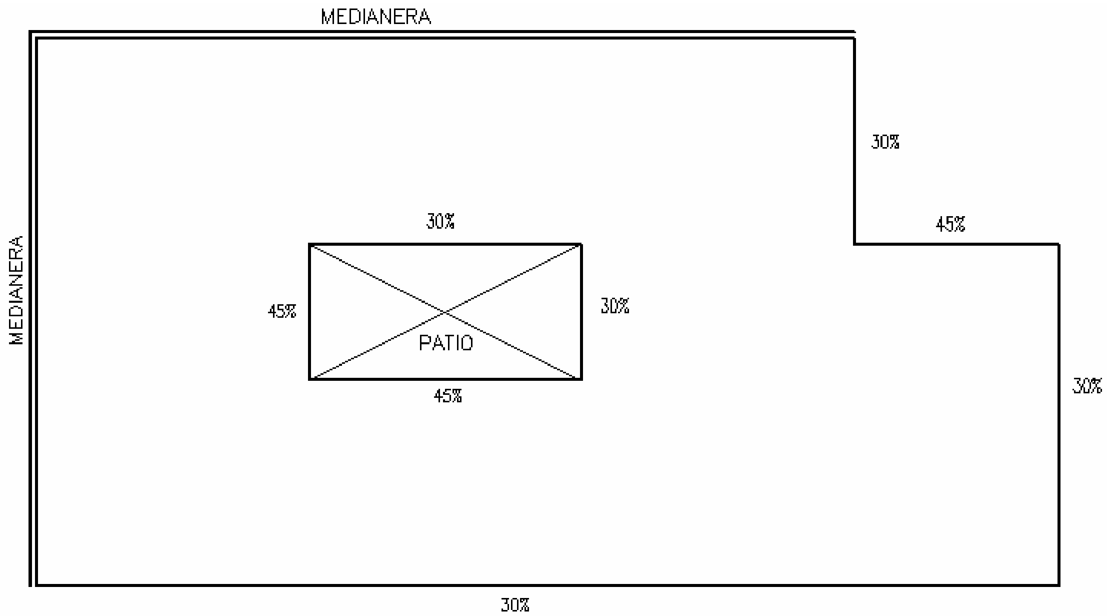


Fig. 8.62

NOTA: El primer ejercicio propuesto incluye 3 diferentes pendientes en una solución a cuatro aguas y el segundo tiene dos pendientes diferentes pero con medianeras. En este último caso se seguirá el procedimiento explicado en el caso de cubiertas con pendientes iguales y entre medianeras en donde lo que se dijo es que en las medianeras no se generan planos inclinados, por tanto, no habrá intersecciones entre una traza y una medianera y menos entre dos medianeras, los demás pasos y reglas para la solución serán los mismos que en el caso de cuatro aguas.

Verdadera magnitud de los planos de la cubierta

Después de solucionar la cubierta en planta, definimos una pendiente para los planos (Ej. 30%, 40%, 45%, 60%, etc.) y ahora procedemos a construir cada uno de los planos en verdadera magnitud. Una de las aplicaciones de este procedimiento es la construcción del modelo en escala (maqueta) pero también puede servirnos a la hora de medir el área real de los techos con el fin de presupuestar y cuantificar los recursos necesarios para su construcción.

Es posible aplicar hallar la verdadera magnitud de un plano utilizando el método de vistas múltiples en el sistema de proyección ortogonal, sin embargo, esto haría el proceso muy largo si tenemos en cuenta que cada cubierta tiene un número significativo de planos. Existen otros métodos basados en el concepto de la rotación o abatimiento de los planos (variante del sistema de proyección ortogonal) en el cual se asume que en vez de que el observador gire hasta colocarse en una posición de frente al plano para luego proyectarla lo que se hace es girar el plano del espacio hacia la vista del observador.

Si tenemos en cuenta que en los ejemplos de cubierta explicados en este capitulo todos los planos inclinados de la cubierta se encuentran apoyados en un mismo plano horizontal (TRAZA), la rotación o giro la hariamos hacia ese plano utilizando la traza como una articulación o bisagra. A continuación explicaremos gráficamente este procedimiento.

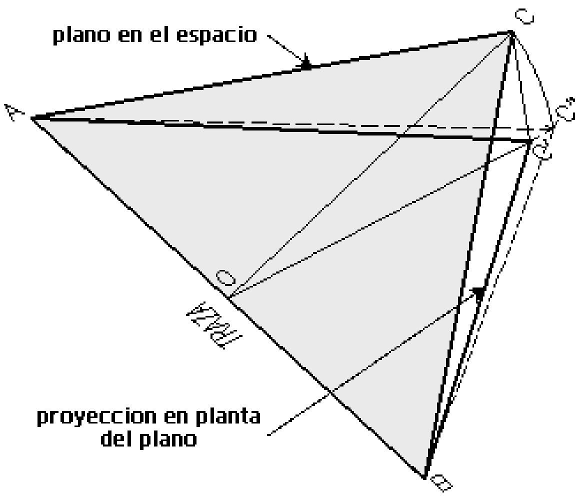


Fig. 8.63

En la Figura 8.63, ABC es el plano inclinado del espacio, ABC’ es su proyección en planta. Si rotamos el plano ABC utilizando a AB como articulación hasta que quede en posición horizontal formando un nuevo plano ABC”, podemos asegurar que la distancia OC es igual a OC” y que por tanto el plano ABC” es la verdadera magnitud del plano del espacio pero construida sobre una proyección horizontal.

En este caso los puntos A y B quedan fijos ya que están contenidos en el plano horizontal y el punto C se desplaza siguiendo la dirección de la recta OC que es perpendicular a AB.

Por supuesto lo que buscamos no es hallar la respuesta desde una proyección axonométrica sino en proyecciones bidimensionales, el propósito de este gráfico es aclarar el concepto que aplicaremos a continuación.

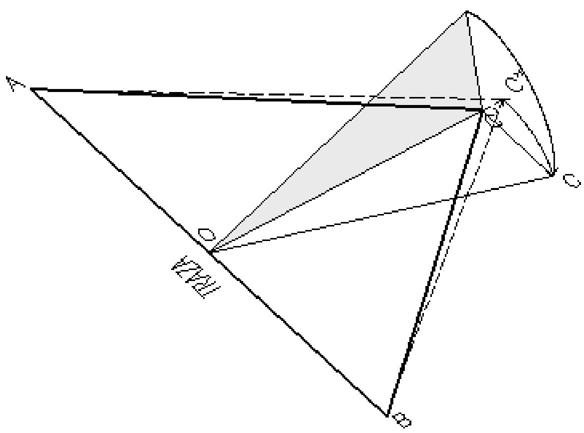


Fig. 8.64

Rotamos el triangulo equilátero que se forma con la pendiente del plano y el segmento de recta trazado desde el vértice C’ perpendicular a AB (OC’), haciendo centro en O y con una abertura igual a OC’ trazamos un arco de circunferencia hasta que corte la prolongación de OC’ en el punto C”, finalmente unimos los punto ABC” y así obtenemos la verdadera magnitud del plano proyectada sobre un plano horizontal (planta), este será entonces el plano que debemos cortar para construir el modelo.

Vamos a tomar como ejemplo la cubierta de planos inclinados que se resolvió en el inicio de este capitulo.

NOTA: Para facilitar la construcción y armado de la cubierta se recomienda numerar los planos y dibujarlos separadamente en un papel o directamente en el cartón que se utilizará para el modelo. La razón principal es no confundir los planos y su ubicación en la cubierta pues la mayoría de la veces hay planos semejantes (igual forma pero diferentes dimensiones) y podríamos incurrir en un error cuando al interesar pegarlos no correspondan.

Ejemplo de cubierta a cuatro aguas con pendientes iguales a la cual le vamos a construir la verdadera magnitud de sus planos. (Pendiente = 40%).

Recordemos que una pendiente del 40% significa que por cada 1.00 metro en proyección horizontal corresponde una altura igual a 0.40 metros.

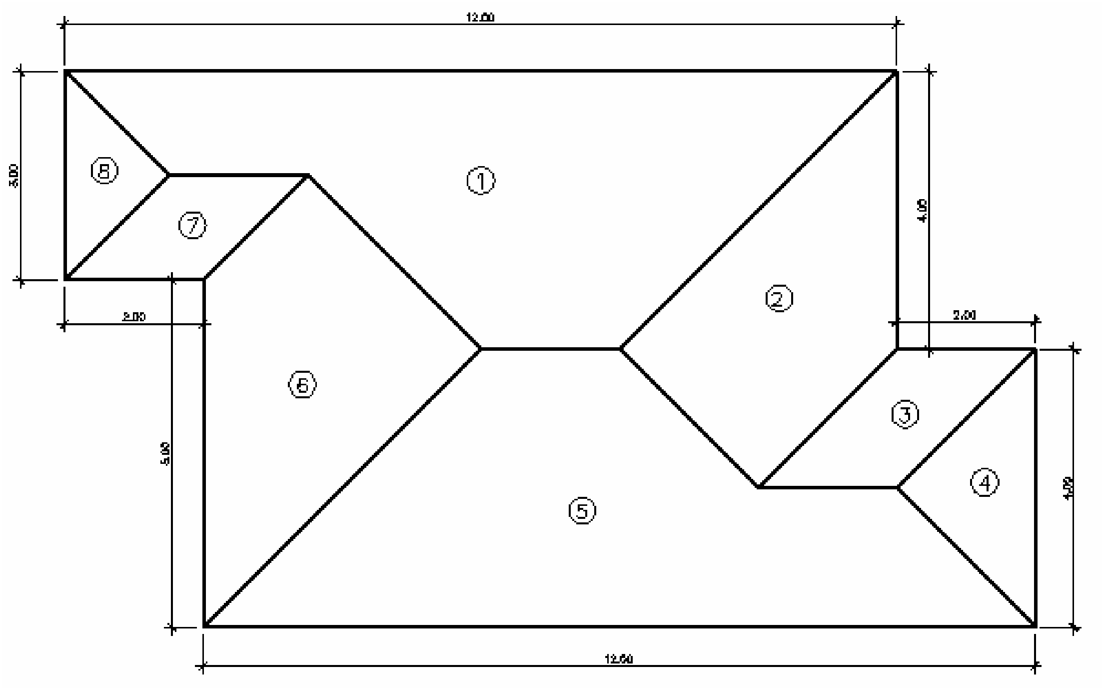


Fig. 8.65

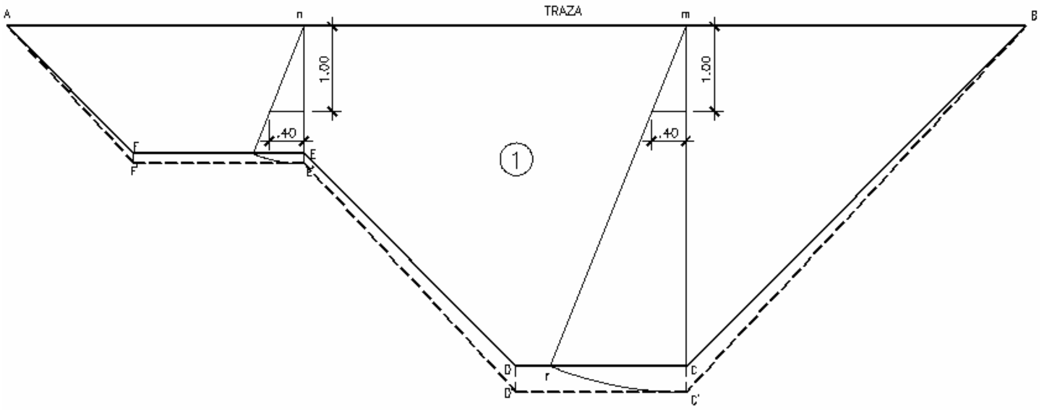


Fig. 8.66

PROCEDIMIENTO

1. Dibuje aparte la proyección horizontal del plano (1) de la cubierta.
2. A partir del punto C dibuje una línea Cm perpendicular a la recta AB (traza).
3. En el punto de intersección de la nueva línea con la recta AB dibuje la pendiente del plano. Para este caso se tomo una pendiente del 40%, utilizando cualquier escala gráfica se mide 1 metro y en ese punto se levanta una recta perpendicular de 0.40 metros.
4. Prolongue la recta anterior (hipotenusa del triangulo rectángulo) hasta formar un nuevo triangulo con la recta Cm (triángulo Cmr).
5. Haga centro en (m) y con una abertura igual a mr trace un arco de circunferencia hasta que corte la prolongación de la recta Cm en el punto C'. Este será el punto para el nuevo plano en verdadera magnitud.
6. Para el punto (D) basta con dibujar una recta C'D' paralela a CD y de igual magnitud. En este caso es debido a que CD es una recta horizontal en el espacio y por tanto ya tiene verdadera magnitud.

7. Aplique el mismo procedimiento con el punto E para obtener el nuevo punto E'.
8. EF esta en verdadera magnitud, por tanto, E'F' es paralela y de igual magnitud a la anterior.
9. Para finalizar una los puntos **ABC'D'E'F'A** y tenemos en plano completo en su **VERDADERA MAGNITUD**.

A continuación VERDADERA MAGNITUD DE LOS PLANOS RESTANTES.

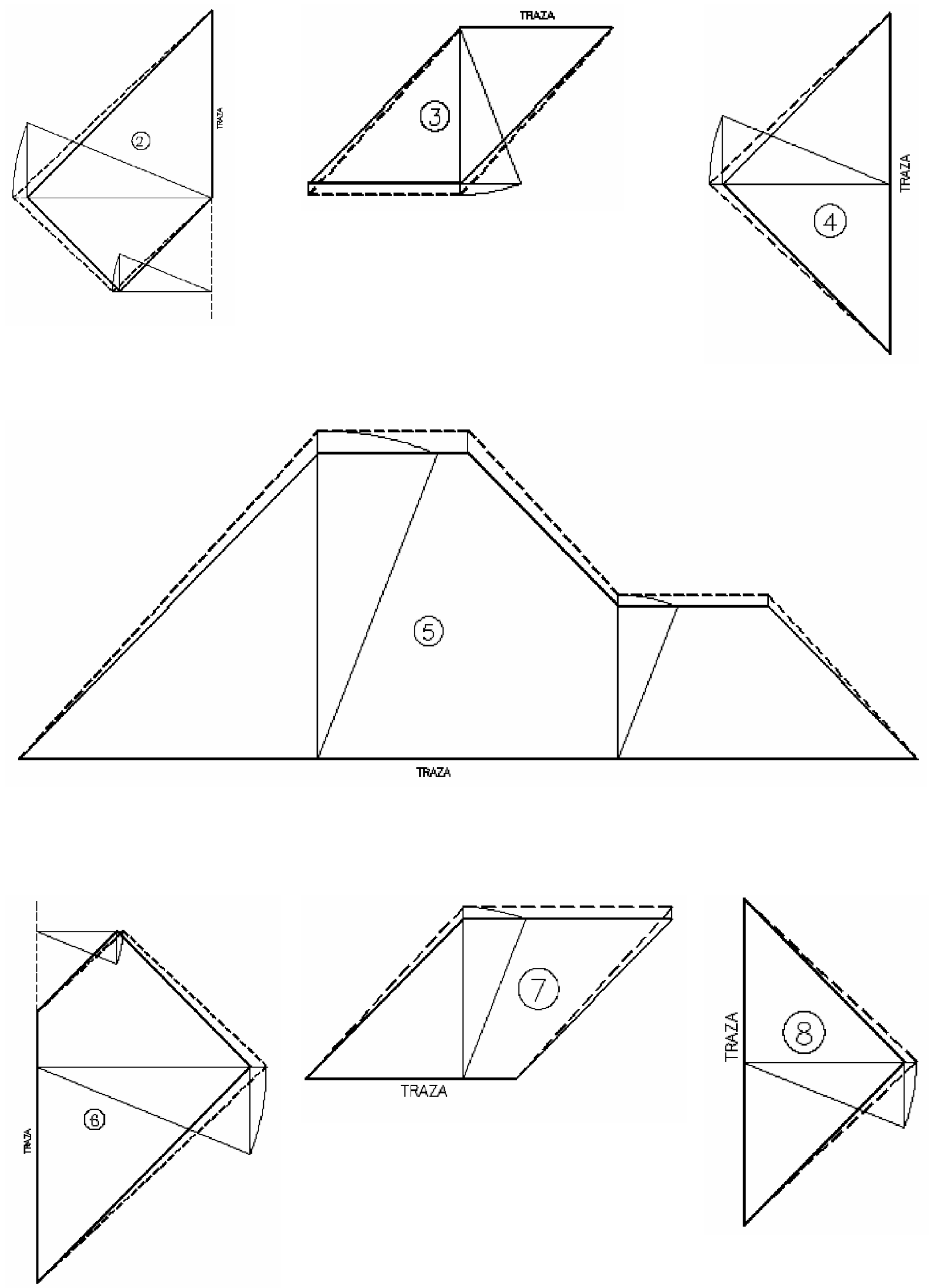


Fig. 8.67

CASAS CON CUBIERTAS DE PLANOS INCLINADOS

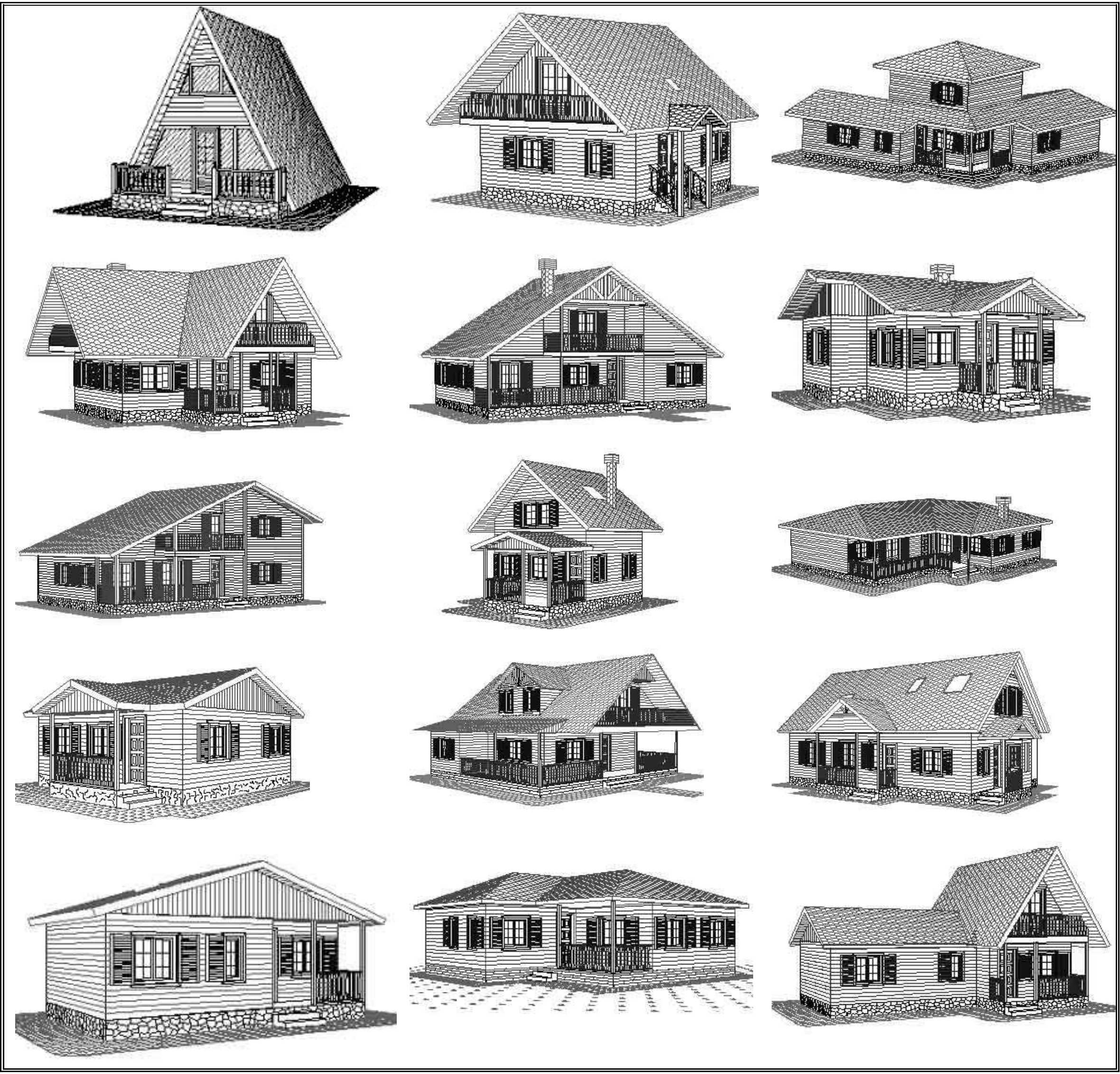


Fig. 8.68

Fig. 8.69

Capítulo 9

SÓLIDOS Y SUPERFICIES

En éste capítulo veremos las generalidades de los sólidos y las superficies, su representación en proyecciones diédricas, así como la representación en el sistema axonométrico, explicado en le Capitulo 7 del libro. Explicaremos el desarrollo de los sólidos (desenvolverlos sobre un plano horizontal) para obtener la verdadera magnitud de todos sus planos.

La parte mas importante que nos ocupa en éste capitulo, tiene que ver con la aplicación de dichos sólidos ó las superficies en los proyectos arquitectónicos, de tal forma que trataré de mostrar ejemplos concretos de proyectos reales en los cuales se hacen presenten estos objetos del espacio, conocer la naturaleza de ellos nos permitirá en su momento proponerlos en la concepción de los modelos arquitectónicos e igualmente representarlos de la forma correcta, lo cual conduce a una comprensión de la intención del diseño, tanto en lo formal como en los aspectos donde la solución constructiva cobran importancia.

Si bien en el Capítulo de la proyección de los planos se desarrolló el tema de las intersecciones de estos elementos en el espacio, no intento hacerlo en esta parte del libro, pues considero que es el momento oportuno para replantear las temáticas de un área como la Geometría Descriptiva, de tal forma que pretender desarrollar temáticas como la intersección de sólidos a través de las herramientas tradicionales (el dibujo de mesa), no tiene mucho sentido si tenemos en cuenta la proliferación de herramientas de Computador (Sistemas CAD) en el cual se pueden lograr resultados asombrosos en tiempo record con solo algunas pulsaciones en el teclado.

Quiero hacer claridad que mi posición no es suprimir la enseñanza de la Geometría Descriptiva, más bien se trata de concentrarnos en los aspectos relevantes de esta ciencia que permitan al estudiante resolver diversos problemas de los objetos del espacio y tomar acertadas decisiones en sus proyectos, luego en su momento podrá apoyarse en las herramientas que le brinda la nueva tecnología informática.

Clasificación de los sólidos y superficies

SUPERFICIES REGLADAS

Conformadas por el paso o movimiento de una <u>línea recta</u> (Generatriz).

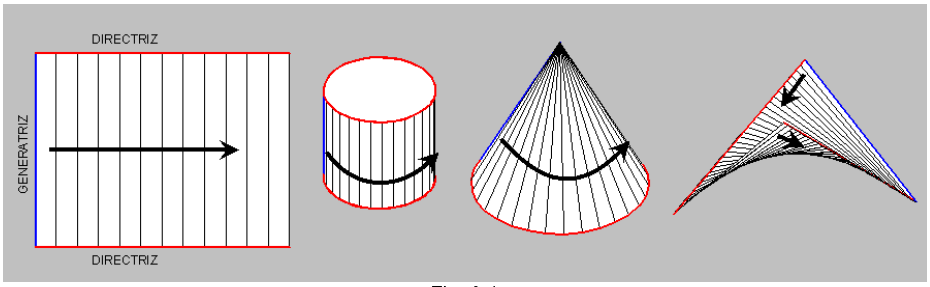


Fig. 9.1

DESARROLLABLES Se pueden desplegar todas las caras sobre un mismo plano para su construcción en modelos a escala.	**POLIEDROS** Sólidos limitados por superficies planas, las superficies que los delimitan se llaman caras y sus intersecciones, aristas.	REGULARES	Tetraedro Hexaedro ó cubo Octaedro Dodecaedro Icosaedro
		IRREGULARES	Prismas Pirámides
	SIMPLE CURVATURA Formadas por una base curva, tiene infinitos elementos pero solo se representan los extremos.		Conos Cilindros
NO DESARROLLABLES No se pueden desplegar sobre un mismo plano.	**ALABEADAS** Superficies regladas en la que cada dos rectas generatrices contiguas se cruzan en el espacio. Su desarrollo no se adapta a un plano		Hiperboloide de revolución Paraboloide hiperbólico Conoide Cilindroide Helicoide recto Helicoide oblicuo

SUPERFICIES CURVADAS

Conformadas por el paso o movimiento de una <u>línea curva</u> (Generatriz).

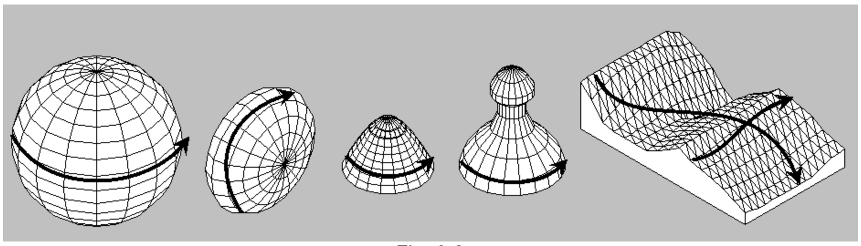
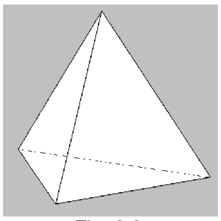
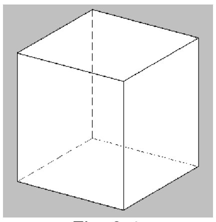
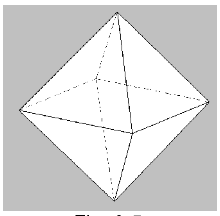
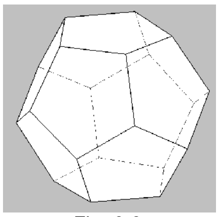
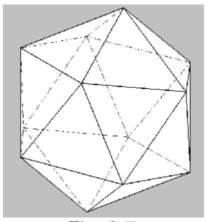


Fig. 9.2

DE REVOLUCION Generatriz curva, directriz circular.	Esfera Elipsoide alargado Elipsoide achatado Toro Paraboloide de revolución Formas complejas de revolución
DOBLECURVATURA Generatriz y directriz curva.	Hiperboloide parabólico Superficies libres

Poliedros regulares

Sólidos conformados por superficies regladas que son polígonos regulares.

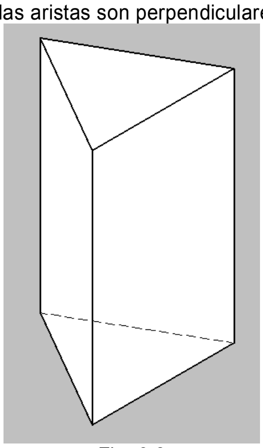
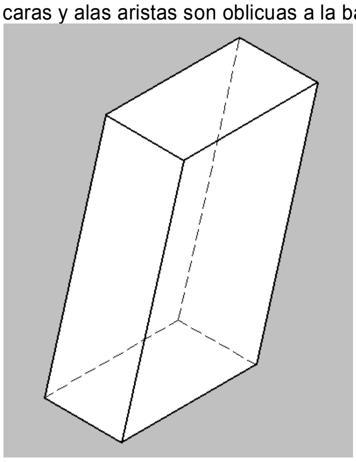
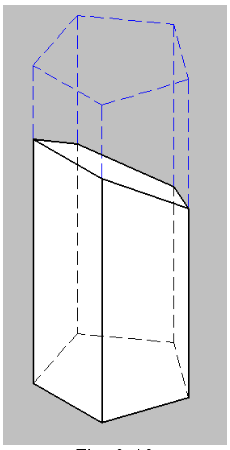
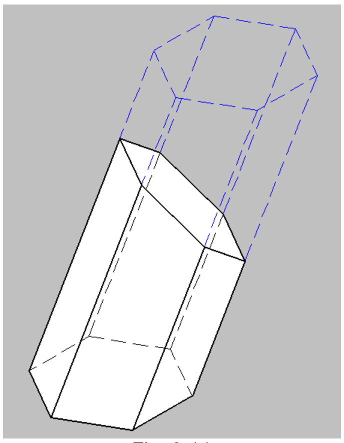
TETRAEDRO	HEXAEDRO Ó CUBO	OCTAEDRO	DODECAEDRO	ICOSAEDRO
 Fig. 9.3	 Fig. 9.4	 Fig. 9.5	 Fig. 9.6	 Fig. 9.7
Formado por 4 triángulos equiláteros	Formado por 6 cuadrados	Formado por 8 triángulos equiláteros	Formado por 12 pentágonos	Formado por 20 triángulos equiláteros

Poliedros irregulares

PRISMAS

Es un poliedro irregular, compuesto por dos bases que son polígonos iguales y paralelos, unidos por caras que son paralelogramos. La base de estos puede tener cualquier forma poligonal, identificándose estos sólidos por el número de lados que tenga en su base.

La altura de un prisma es la distancia perpendicular a la base; cuando se intersecta por una cortante (no paralelo a la base) la parte comprendida entre una base y la sección es denominada como *tronco de prisma* o *prisma truncado*.

Prisma recto	**Prisma oblicuo**
Las caras y las aristas son perpendiculares a la base.  Fig. 9.8	Las caras y alas aristas son oblicuas a la base.  Fig. 9.9
Prisma recto truncado  Fig. 9.10	**Prisma oblicuo trucado**  Fig. 9.11

PIRAMIDES

Es un poliedro irregular que tiene las caras laterales formadas por triángulos que se unen en un punto común llamado vértice y cuya base es un polígono cualquiera, su base al igual que el prisma puede tener cualquier forma poligonal.

Si una pirámide es cortada por un plano que intersecte todas sus aristas, la parte comprendida entre la base y la sección se denomina *tronco de pirámide* o *pirámide truncada*.

En la pirámide recta, el eje une el vértice con el centro de la base, en la pirámide oblicua no se cumple esta condición.

Pirámide recta

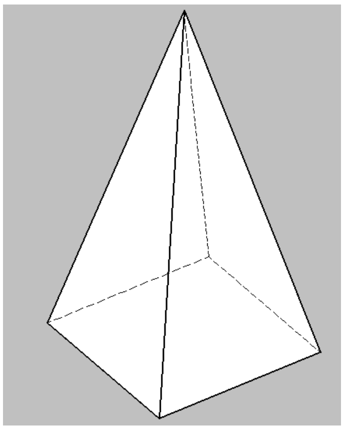


Fig. 9.12

Pirámide oblicua

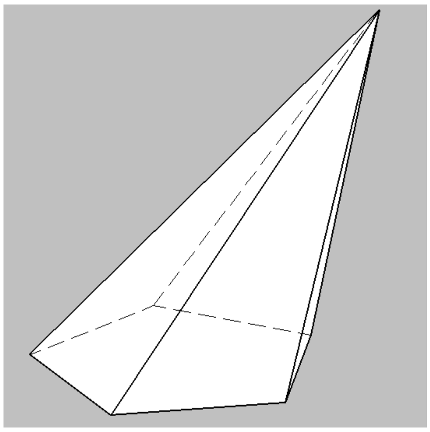


Fig. 9.13

Pirámide recta truncada

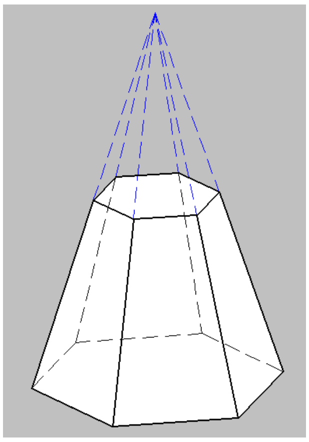


Fig. 9.14

Pirámide oblicua truncada

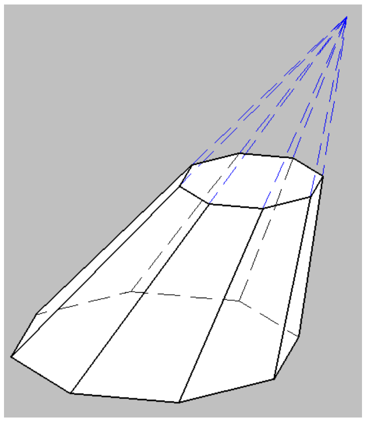


Fig. 9.15

Superficies de simple curvatura

Son superficies regladas generadas por el movimiento de una línea recta, llamada *generatriz*, que se desplaza en contacto con una *curva directriz*, las líneas consecutivas han de cortarse (cono) o ser paralelas (cilindro), pero no cruzarse. Estas superficies son desarrollables y hacen parte de este grupo los conos y los cilindros, tanto rectos como oblicuos e igualmente truncados.

CONOS

Formados por una línea recta que se desplaza en contacto con una línea curva y que pasa siempre por un punto llamado vértice y que no es coplanar con el plano de la base.

Cono recto	Cono oblicuo	Cono recto truncado	Cono oblicuo truncado

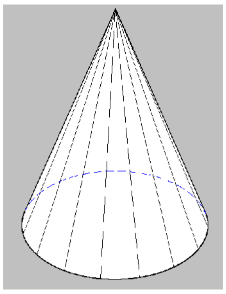
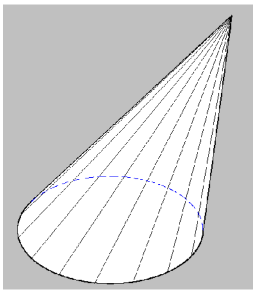
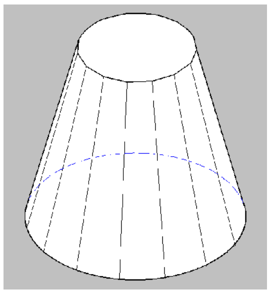
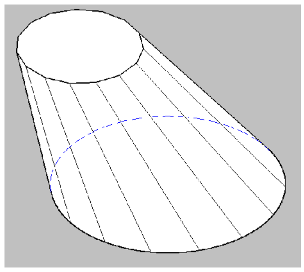

			

Fig. 9.16	Fig. 9.17	Fig. 9.18	Fig. 9.19

CILINDROS

Formados por una línea recta que se desplaza en contacto con una línea curva plana y cada posición de la recta permanece siempre paralela a la posición inicial.

Cilindro recto	Cilindro oblicuo	Cilindro recto truncado	Cilindro oblicuo truncado

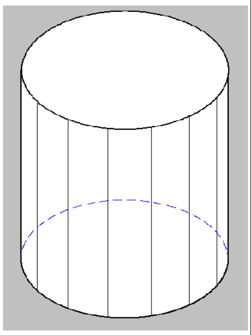
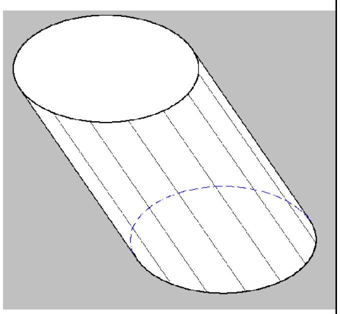
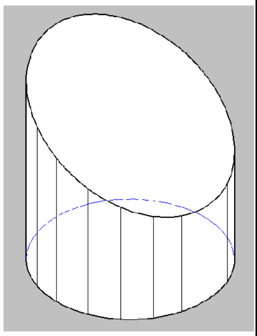
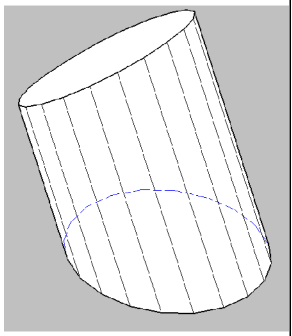

			

Fig. 9.20	Fig. 9.21	Fig. 9.22	Fig. 9.23

Superficies alabeadas

Superficies regladas en las que dos rectas generatrices consecutivas se cruzan en el espacio. Estas superficies no son desarrollables.

HIPERBOLOIDE DE REVOLUCION DE UNA RAMA

Generado por una línea recta que se mueve siempre en contacto con tres círculos cuyos centros pertenecen y son perpendiculares a su eje, dicha recta no es paralela al eje ni se corta.

En la figura 9.24 se observa como en la proyección horizontal tenemos dos círculos concéntricos, el exterior corresponde a las bases superior e inferior y el central que se llama círculo de garganta. La línea recta generatriz parte del punto 1 en la base inferior, pasa tangente al círculo de garganta y va hasta el punto (a) en la base superior. En el ejemplo se ha dividido el círculo directriz en 20 partes y cada nuevo elemento consecutivo va girando en contacto con los tres círculos así: el (2) con el (b), el (3) con el (c), el (4) con el (d), el (5) con el (e), y así sucesivamente hasta completar todo el giro.

Las curvas resultantes que delimitan la superficie, vistas en la proyección vertical (alzada) son hipérboles que giran alrededor del eje central, de allí su nombre de hiperboloide de revolución.

Las figuras 9.25 y 9.26 muestran el hiperboloide en vistas axonométricas, alámbrica y superficie terminada respectivamente.

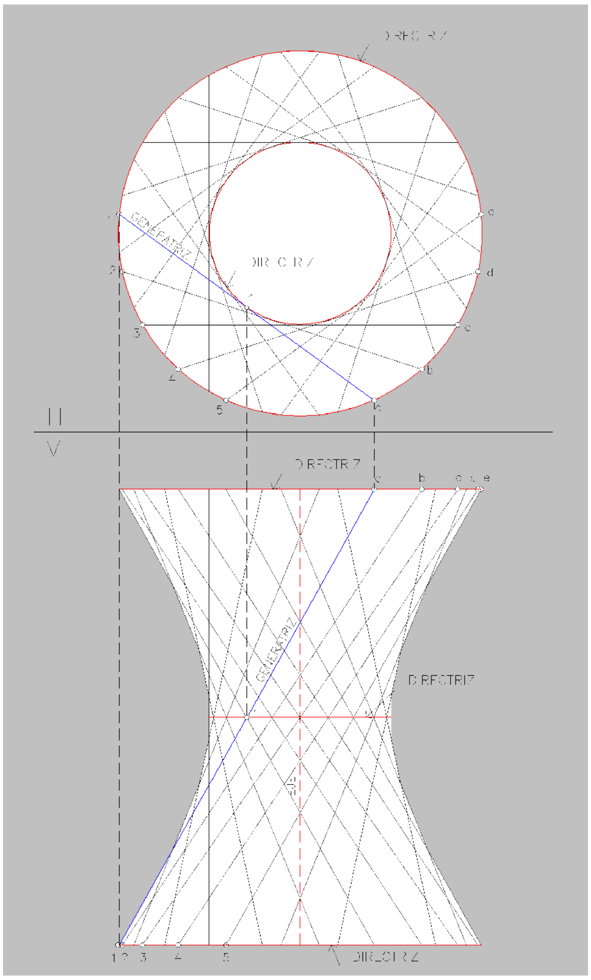


Fig. 9.24

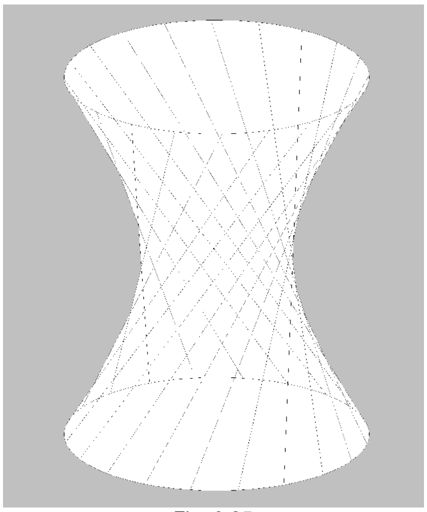


Fig. 9.25

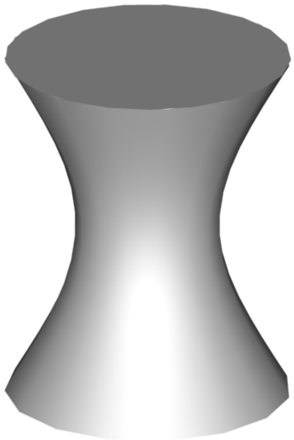


Fig. 9.26

PARABOLOIDE HIPERBOLICO

Superficie alabeada originada por el movimiento de una línea recta que está siempre en contacto con dos líneas rectas que se cruzan y dos generatrices consecutivas siempre se cruzan.

La figura 9.28 muestra las proyecciones H y V de un paraboloide formado por las rectas oblicuas AB-CD y BC-AD. Cada recta directriz se divide en número determinado de partes iguales, el primer grupo (AB-CD) esta marcado por los puntos 2,4,6,8,10,12 y 14, el segundo par de rectas por los puntos 2',4',6',8',10',12' y 14' respectivamente. Los puntos en los que se ha dividido cada recta, se unen así: 2 con 2, 4 con 4, 6 con 6, etc. Y el resultado es una malla formada por las rectas generatrices que se puede apreciar en la proyección vertical, e igualmente en las proyecciones axonométricas de las figuras 9.28 y 9.29.

Podemos observar como al cruzarse todas las líneas de la superficie, se forma una parábola en la parte externa de la misma, y es por ello que a esta superficie se le llama paraboloide.

El paraboloide es una superficie no desarrollable, para construir el modelo en escala, es necesario aplicar el mismo principio que la originó, es decir, trazar líneas (hilos) que unan espacialmente las rectas directrices hasta formar una especie de tejido.

Arquitectónicamente se puede aprovechar la característica principal de estas superficies (ser regladas) para construir grandes superficies que cubran grandes espacios, utilizando elementos lineales (cables) trabajando a la tensión y luego se puede recubrir con películas relativamente delgadas de algún material que le de la forma final al paraboloide.

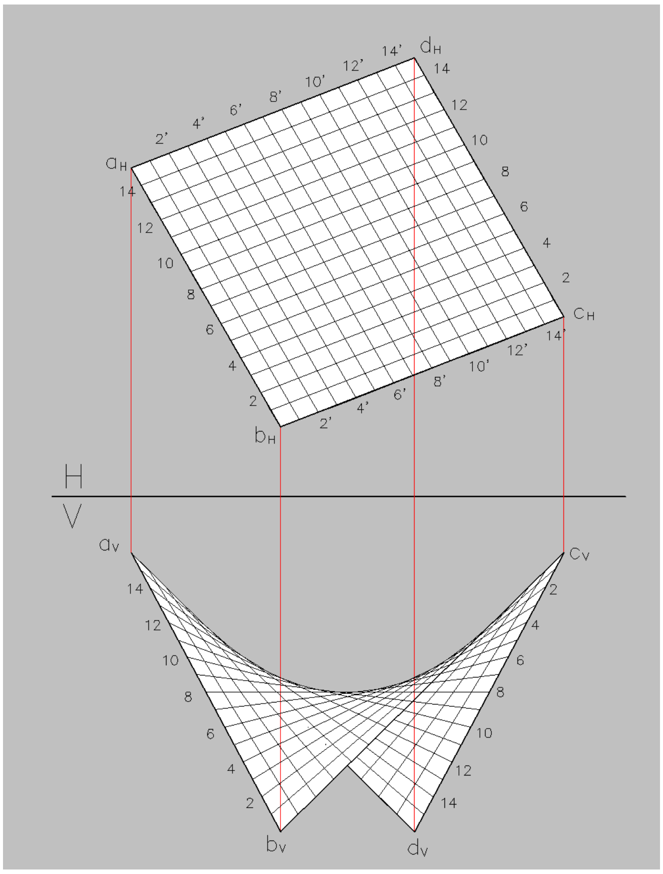


Fig. 9.27

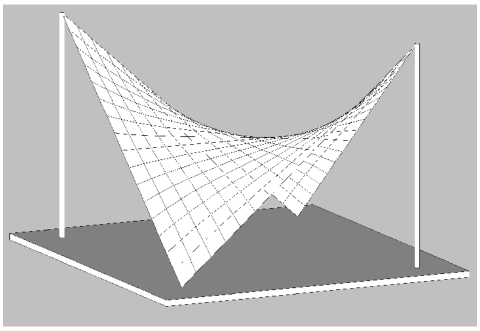


Fig. 9.28

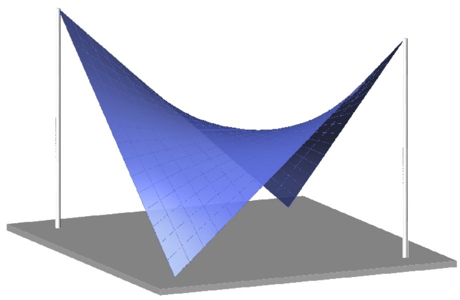


Fig. 9.29

CONOIDE

Superficie alabeada formada por el movimiento de una línea recta en contacto con una recta fija y una curva que por lo general es un círculo.

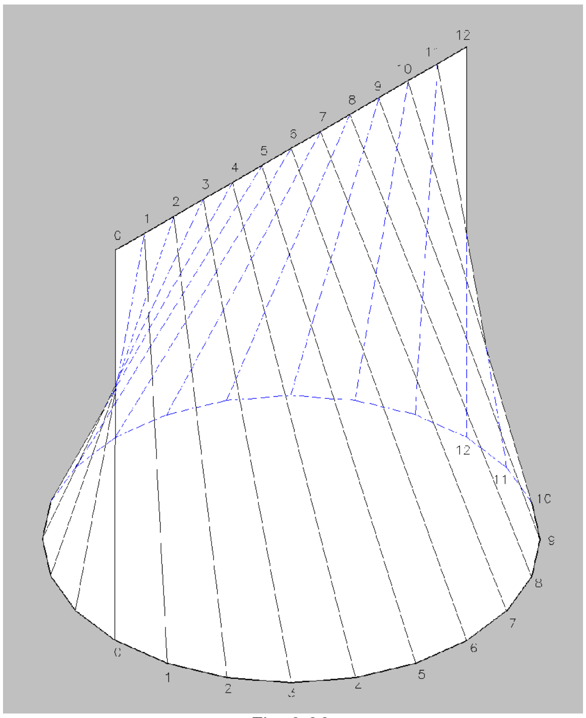


Fig. 9.30

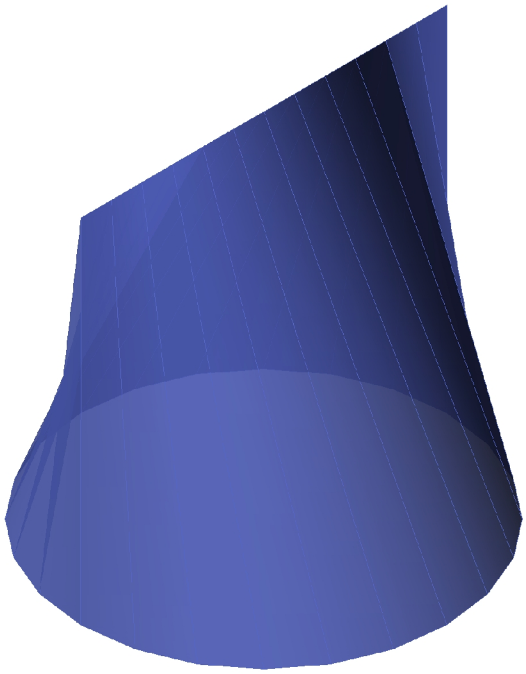


Fig. 9.31

CILINDROIDE

Superficie alabeada formada por el movimiento de una línea recta en contacto con dos curvas curva de diferente radio, dos posiciones consecutivas de la recta generatriz siempre se cruzan en el espacio. Estas superficies no son desarrollables.

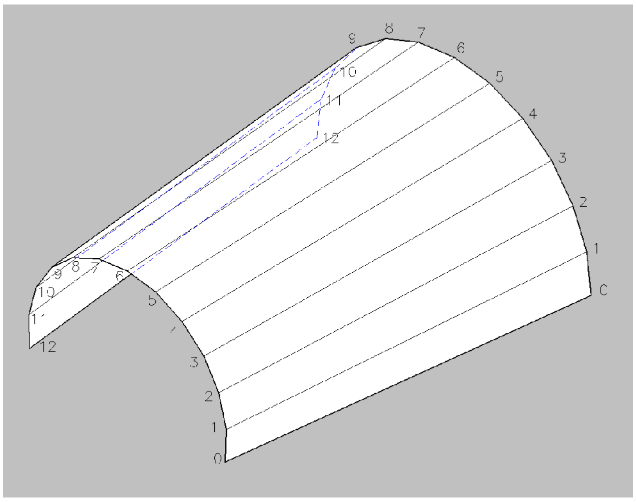


Fig. 9.32

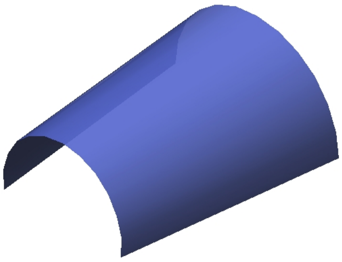


Fig. 9.33

Fig. 9.33-a

HELICOIDE RECTO

Superficie alabeada formada por el movimiento de una recta (generatriz) en contacto con una hélice, la recta siempre será perpendicular al eje del helicoide.

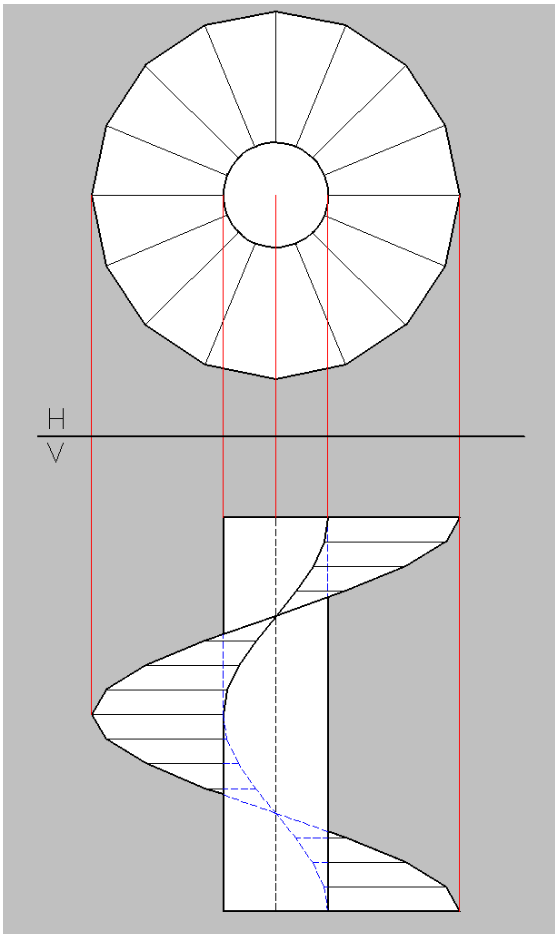


Fig. 9.34

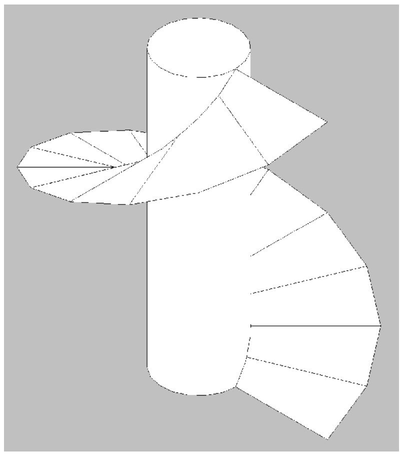


Fig. 9.35

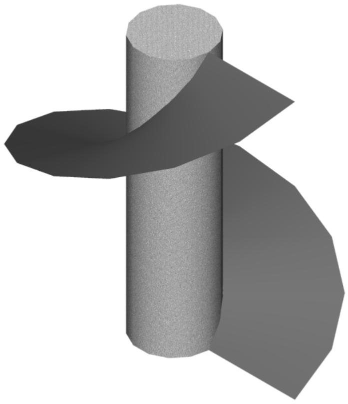


Fig. 9.36

Aplicaciones del helicoide recto en elementos arquitectónicos


Escalera helicoidal
Imagen original tomada de www.monvaga.com

Fig. 9.37


Fig. 9.38 Rampa helicoidal
Imagen original en :
http://img17.photobucket.com/albums/v51/tiagomatos/P1010165.jpg

HELICOIDE OBLICUO

Superficie alabeada que al igual que el helicoide recto esta formado por el movimiento de una línea recta (generatriz) en contacto con una hélice (directriz). En la generación de esta superficie, la recta generatriz está oblicua con respecto del eje del helicoide.

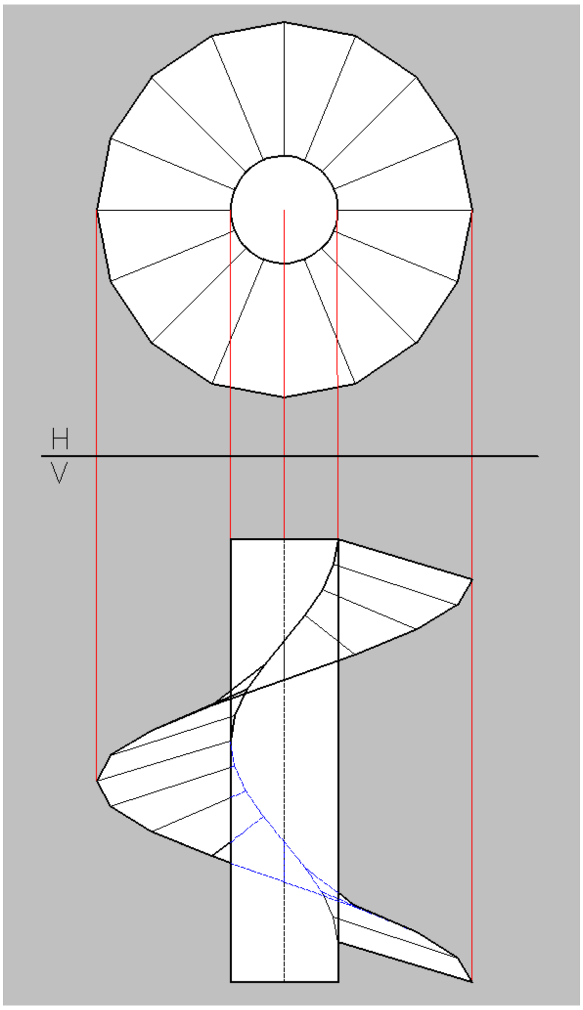


Fig. 9.39

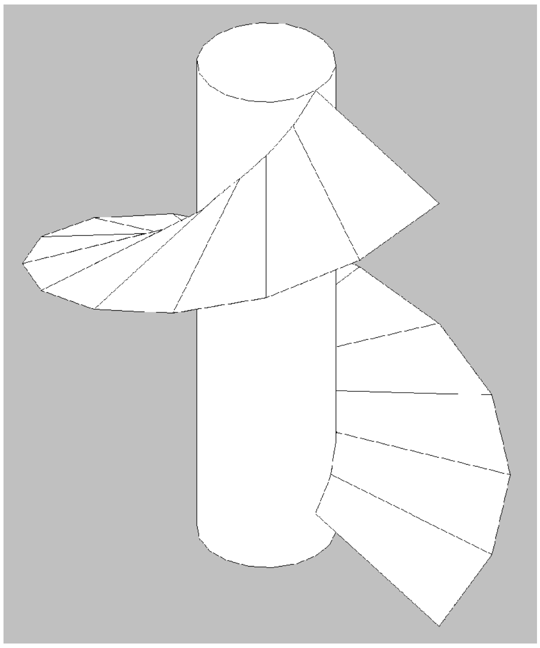


Fig. 9.40

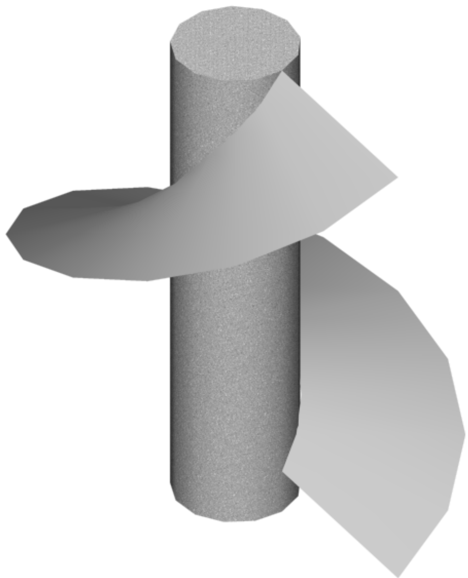


Fig. 9.41

Superficies de revolución

Capítulo 10

SISTEMA DE PLANOS ACOTADOS

Generalidades.

La representación exacta de la superficie terrestre resulta imposible por tratarse de una superficie absolutamente irregular (superficie gráfica).

No obstante, dada la importancia que el terreno adquiere en gran número de actividades de todo tipo se hace necesario disponer de un Sistema de Representación que permita, aunque sea aproximadamente,

- representar la forma y accidentes del terreno.
- determinar la cota de cualquier punto del terreno.
- determinar las pendientes del terreno.

Lo que en Geometría Descriptiva se denomina Sistema de Planos Acotados cumple estas condiciones y es empleado en la realización de los **mapas topográficos.**

Para representar el terreno se imagina que una serie de planos horizontales y equidistantes entre sí una longitud determinada.

Cada plano cortará al terreno según una curva llamada de *nivel* ya que todos sus puntos tienen la misma cota ó altitud.

Proyectando estas *curvas de nivel* sobre el plano de proyección P y anotando al lado de cada una de ellas su cota respectiva se obtendrá una representación del terreno tanto más exacta cuanto menor sea la separación entre los planos secantes.

Fig. 7.1. Curvas de nivel.

(Para facilitar la lectura de los planos todas las curvas de nivel se dibujan con trazo fino; cada cuatro ó cinco curvas se dibuja una con trazo más grueso que se denomina "curva directora"). Ver figura 7.2

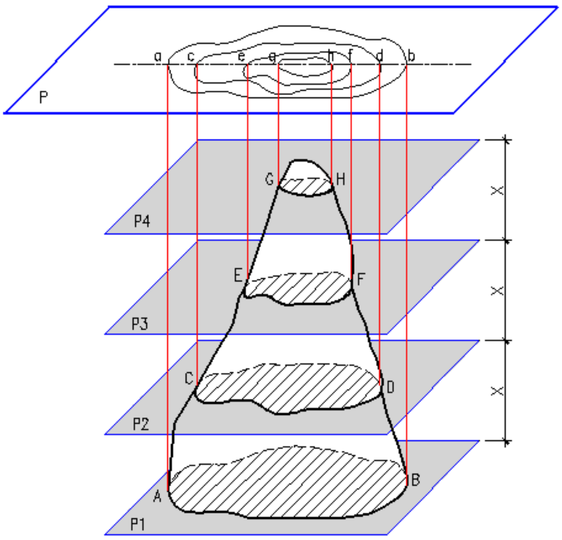


Fig. 10.1 **Curvas de nivel**

Fig. 10.2

Trazado de perfiles.

Para levantar un perfil se procede de la siguiente manera:

- Se señalan los puntos de intersección de la traza **(1-1)** del plano sección con las curvas de nivel.
- Por cada uno de los puntos de intersección hallados se trazan perpendiculares a la traza **(1-1)** del plano y sobre cada una de ellas se lleva la cota correspondiente.
- Los puntos obtenidos se pueden unir a sentimiento con el fin de dar una idea más aproximada de la forma del terreno.

En la práctica los perfiles no se dibujan directamente sobre el plano sino aparte.

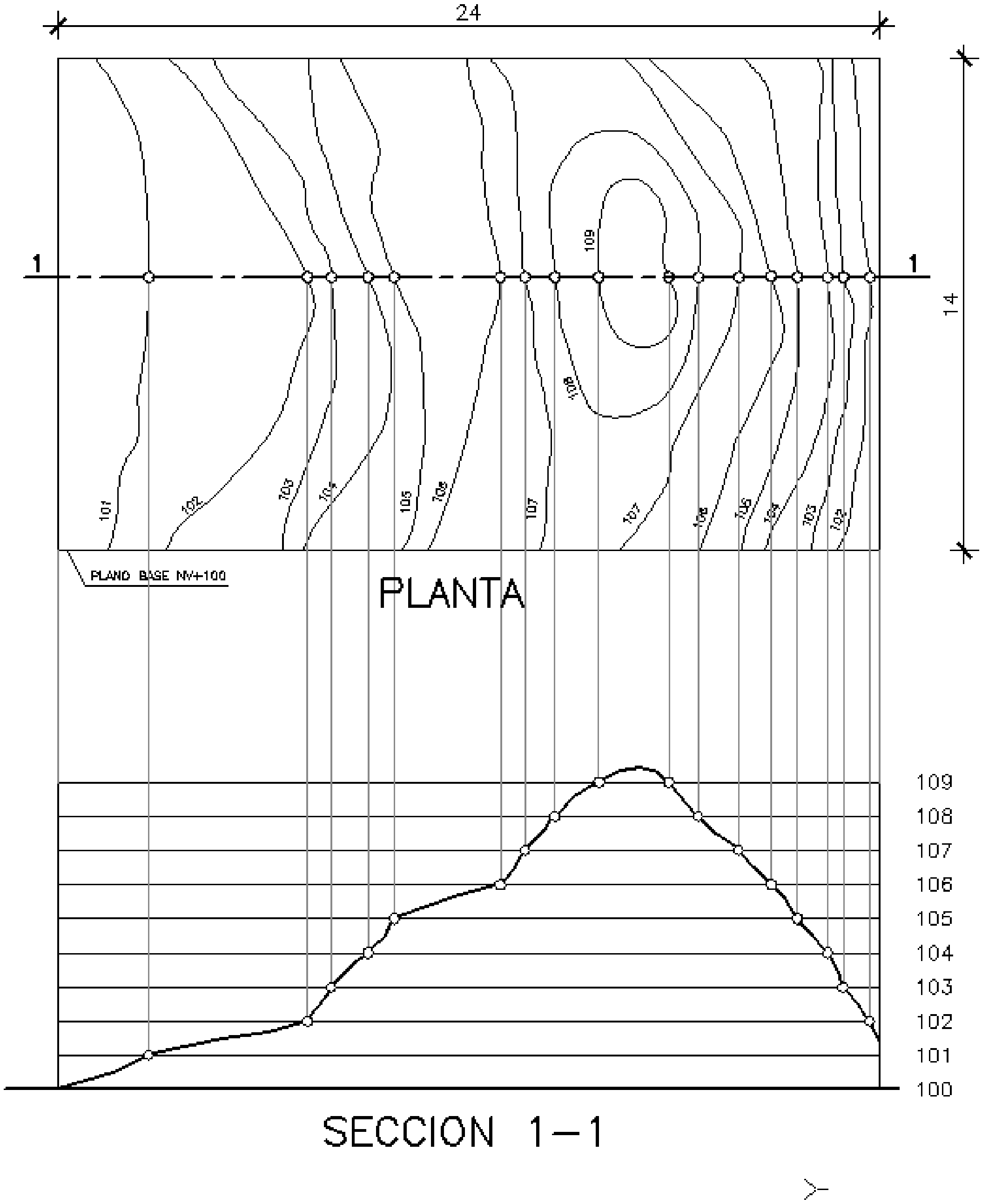


Fig. 10.3 **Perfil de terreno**

En el gráfico anterior podemos observar que cuando la vista de planta de las curvas de nivel aparecen más separadas significa que la pendiente es menor y cuando dichas curvas se juntan, el terreno tiene una mayor inclinación.

Representación tridimensional del terreno

La representación tridimensional de los terrenos puede presentarse de 3 diferentes formas:

1. Como un **volumen escalonado** que representa la porción de terreno que se obtiene de cada sección del plano horizontal, esta representación es en general muy útil en la elaboración de modelos a escala (maquetas de terreno).

Si bien esta representación no corresponde a la forma real del terreno, si permite entender su variación en altura, pendiente y cota de cada punto del mismo, suficiente para los procesos de análisis y toma de decisiones del arquitecto en los proyectos arquitectónicos sobre terrenos accidentados.

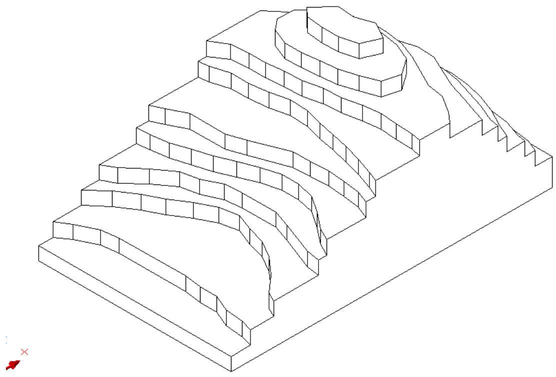


Fig. 10.4 **Terreno como volumen escalonado**

2. Como una **malla tridimensional** que representa una mejor aproximación a la forma real de la topografía del terreno.

Esta representación volumétrica puede lograrse con la ayuda de herramientas de computador (programas CAD, *Computer Aid Design*) como el Autocad en versión especializada para Arquitectura, Ingeniería Civil, Topografía o Cartografía.

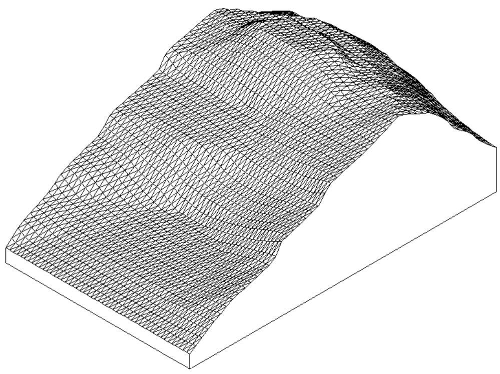


Fig. 10.5 **Terreno como malla tridimensional**

3. Como una **superficie suavizada**, la cual muestra el terreno con un alto realismo y puede se utilizado en la presentación final de los proyectos.

Al igual que la representación en malla, esta también puede lograrse con ayuda de herramientas CAD y procesos adicionales de foto realismo (Render), incluso es posible agregar texturas reales de prado y ambientar con vegetación.

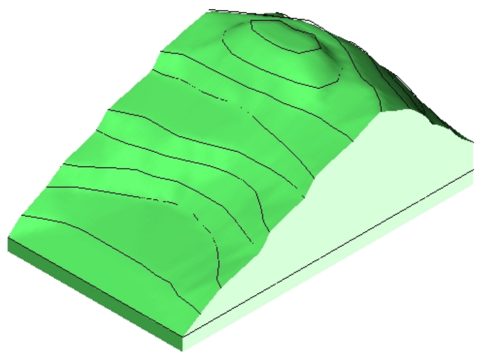


Fig. 10.6 **Terreno como superficie suavizada**

NOTA: Todos los gráficos de las figuras 7.4, 7.5 y 7.6 fueron construidas con una herramienta CAD, sin embargo, un sistema de representación manual (dibujo de mesa) puede ser empleado en la obtención de la representación de los terrenos en tres dimensiones. Lo más importante en este punto, es la aplicación que tiene dicha representación en los procesos de toma de decisiones para el Arquitecto y la correcta interpretación del proyecto final.

Finalmente, debemos anotar que el resultado de la proyección en el Sistema de planos acotados, es producto de un trabajo especializado por parte del Topógrafo, quien con los recursos y equipos necesarios obtiene la información de altimetría del terreno para luego proyectarla en un plano de curvas de nivel. Lo anterior implica que si bien no es el Arquitecto quien realiza el levantamiento altimétrico, si debe poder interpretar la información suministrada por el tipógrafo y resolver todos los aspectos que tengan que ver con la incidencia de la forma del terreno en el diseño de los objetos arquitectónicos que van a ser implantados en dicho terreno accidentado, además debe realizar los planos necesarios que muestren la intervención sobre el mismo, excavaciones, rellenos, cambios de pendiente, etc.

Los gráficos de las figuras 7.7, 7.8 y 7.9 muestran un proyecto real (Proyecto ubicado en Popayán – Colombia del Arquitecto Raúl Orlando Medellín) con la implantación de las casas en el terreno, su topografía y la intervención del Arquitecto para definir los niveles tanto de cada casa en el terreno como los niveles en el diseño arquitectónicos del proyecto. Obsérvese que para lograr un mejor manejo de la topografía, el diseño arquitectónico de las casas se define en 3 diferentes modelos.

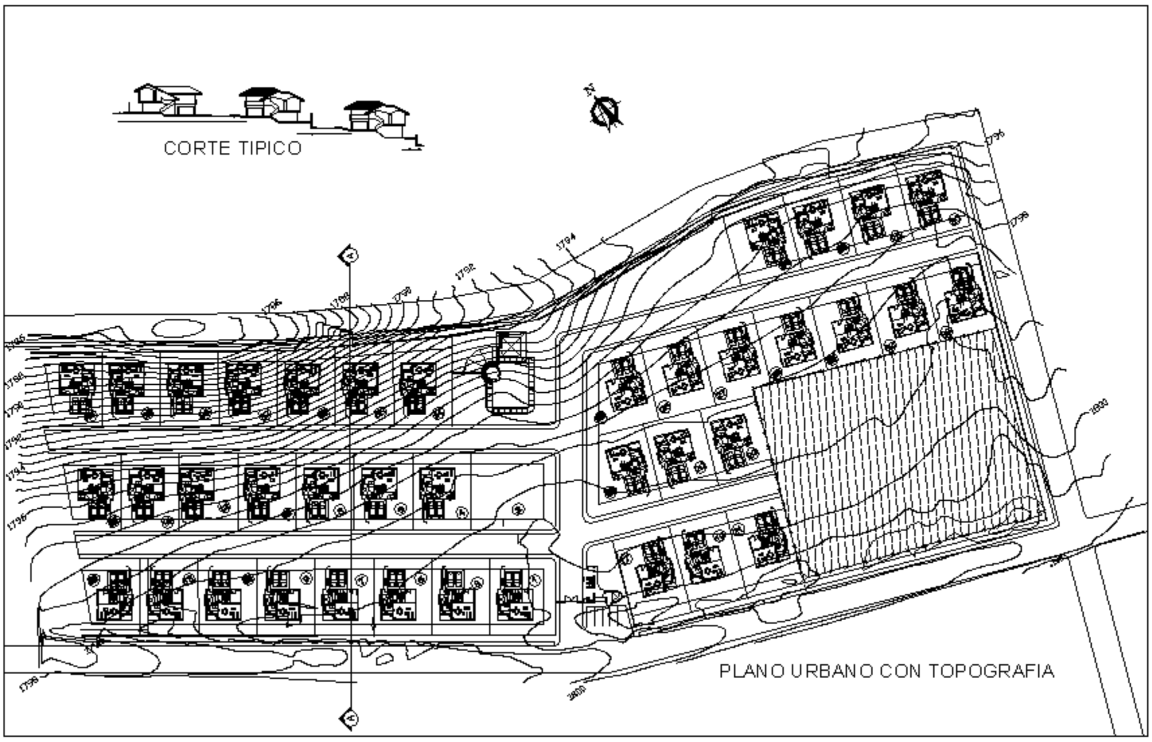


Fig. 10.7 **Conjunto urbano de casas en terreno inclinado**

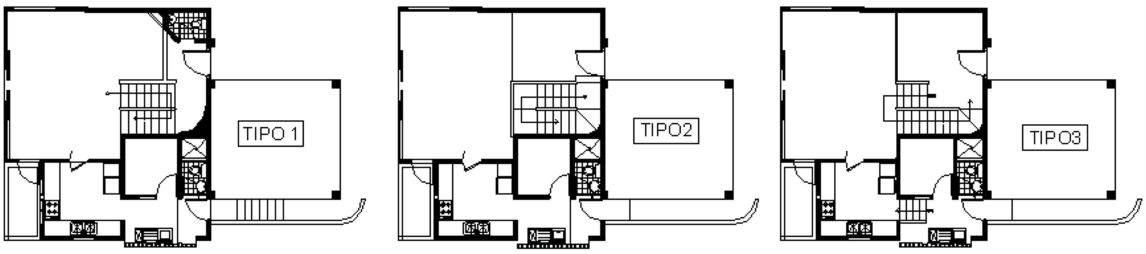


Fig. 10.8 **Tipología de casas**

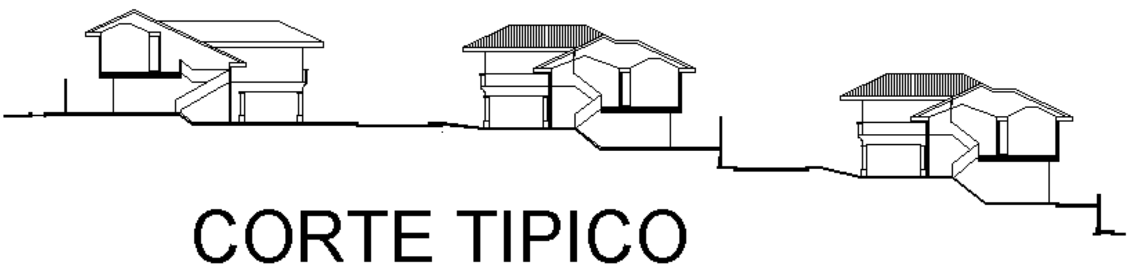


Fig. 10.9 **Corte típico con implantación de las casas en el terreno**

Capítulo 11

GEOMETRIA DE LAS SOMBRAS

Introducción

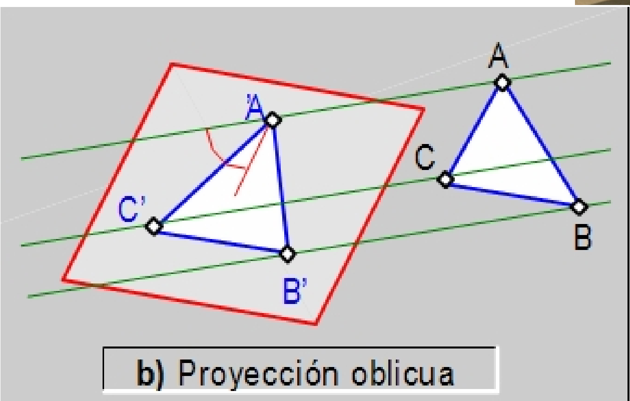
“La arquitectura es el juego sabio, correcto y magnífico de los volúmenes reunidos bajo la luz. Nuestros ojos están hechos para ver las formas bajo la luz: las sombras y los claros revelan las formas. Los cubos, los conos, las esferas, los cilindros o las pirámides son las grandes formas primarias que la luz revela bien; la imagen de ellas es clara y tangible, sin ambigüedad. Por esta razón son formas bellas, las más bellas. Todo el mundo está de acuerdo con esto: el niño, el salvaje y el metafísico. Es la condición esencial de las artes plásticas.”

Le Corbusier

“Tradicionalmente se ha enseñado este trazo mediante monteas, partiendo de la planta o vista superior y un alzado o fachada, pero la experiencia ha indicado que es mucho más fácil comprender el trazo de sombras en una representación axonométrica tridimensional y algo que resulto más sencillo, hacer diferentes opciones de ángulo de iluminación solar.

La construcción de sombras en axonometría nos permite una visión rápida y fácil de comprender; en los axonométricos, las líneas paralelas conservan su paralelismo, principio que se cumple con los rayos de luz y, por consecuencia, en las sombras.”

Manual de dibujo arquitectónico (**F**. **Ching)**

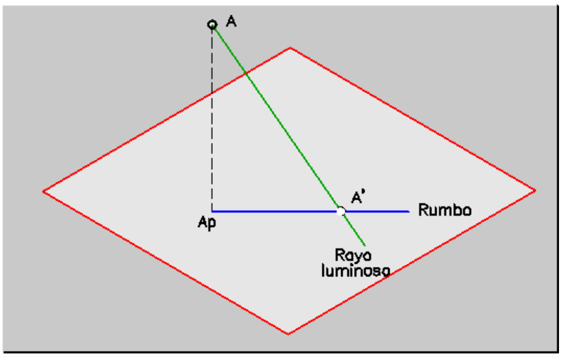


b) Proyección oblicua

La construcción geométrica de las sombras corresponde a uno de los sistemas de proyección de la Geometría descriptiva, proyección cilíndrica oblicua ó proyección clinogonal, en la cual los rayos proyectantes son inclinados con respecto de los planos de proyección y el punto de observación estará en el infinito (fuente de luz = el sol).

En este capitulo estudiaremos el sistema de construcción que permite hallar la proyección de las sombras de volumen puros (prisma, cono, cilindro) y volúmenes compuestos donde intervienen varios de los anteriores e igualmente consideraremos los volúmenes arquitectónicos como objeto de este estudio.

Reglas de construcción de las sombras



SOMBRA DE UN PUNTO EN EL ESPACIO

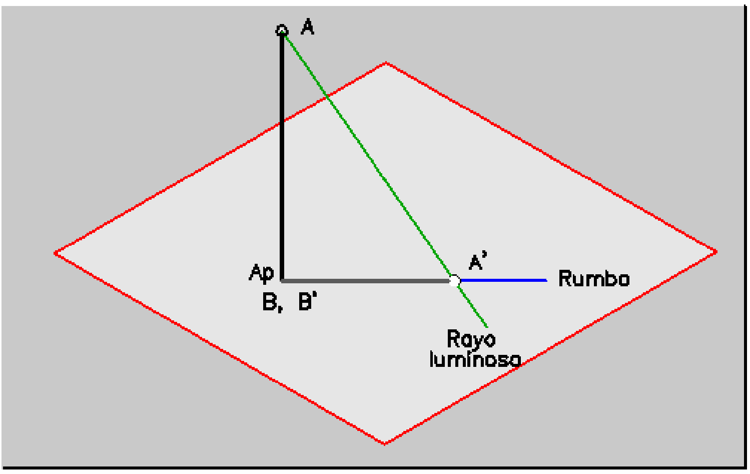
REGLA GENERAL

La sombra de un punto en espacio (A') sobre un plano horizontal es el resultado de intersectar el **rayo luminoso** que pasa por el punto (A) y el **rumbo** que pasa por su pie (Ap).

El pie del punto se consigue con una proyección desde el punto y perpendicular al plano horizontal.

Podemos entonces decir que la sombra de una recta será la unión de la sombra de dos puntos, de una plano la sombra de tres o más puntos no colineales y de un volumen la unión de la sombra de los puntos del espacio que lo definen, en otras palabras la sombra de varios planos o superficies.

A continuación vamos a establecer una serie de reglas básicas que nos servirán de base para la obtención de sombra de elementos compuestos por varios puntos en el espacio.



SOMBRA DE UN ELEMENTO VERTICAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL

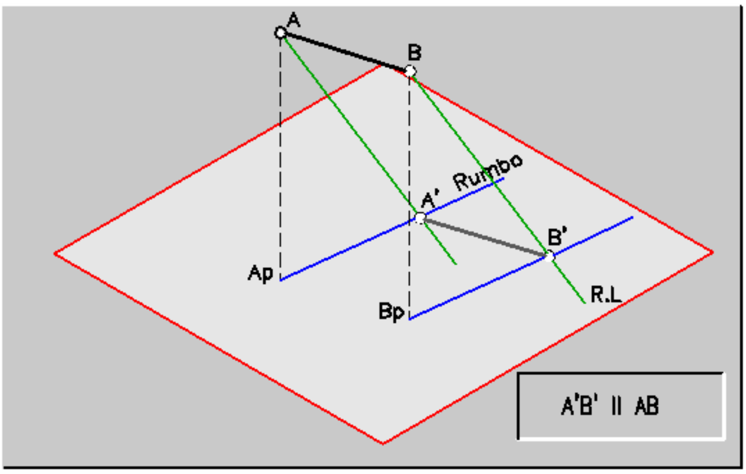
1ª. REGLA

La sombra de un elemento vertical (AB) sobre un plano horizontal sigue el rumbo de la sombra (B'A').

Para construir la sombra de AB, pasamos por el punto A el rayo luminoso y por el punto (B) el rumbo de la sombra, unimos B' con A' (intersección del rayo luminoso con el rumbo) y el resultado es la sombra del elemento vertical.

2ª. REGLA

La sombra de un punto (B) contenido en un plano es el mismo punto (B').

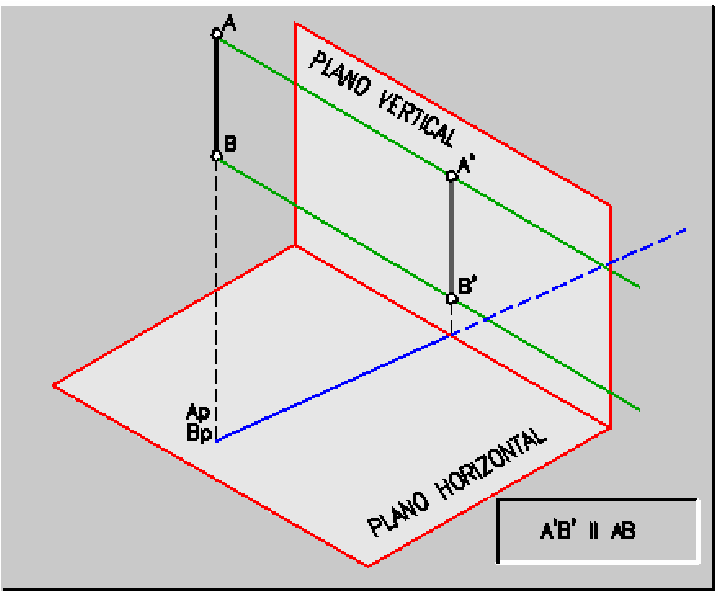


SOMBRA DE UN ELEMENTO HORIZONTAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL

3ª. REGLA

La sombra de un elemento horizontal (AB) sobre un plano horizontal es paralela al elemento (A'B').

Utilizando la regla general hallamos la sombra de los punto A y B (A' y B') y el resultado será que dicha sombra se proyecta paralela al elemento.



SOMBRA DE UN ELEMENTO VERTICAL SOBRE UN PLANO VERTICAL

4ª. REGLA

La sombra de un elemento vertical (AB) sobre un plano vertical es paralela al elemento (A'B').

Hallamos primero el pie de sombra de los puntos A y B (Ap y Bp), pasamos por este punto el rumbo de la sombra.

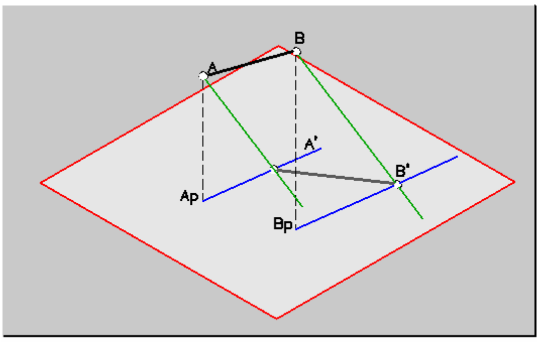
Cuando el rumbo se intersecte con el plano vertical cambia de dirección y sigue verticalmente.

Por los puntos A y B del espacio pasamos respectivos rayos luminosos (paralelos entre sí).

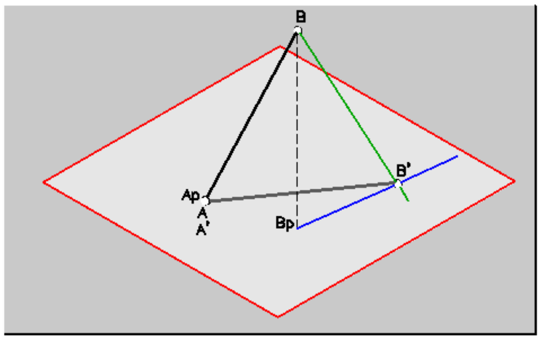
Donde se intersectan los rayos luminosos con el rumbo en el plano vertical, se forma la sombra de cada punto (A' y B').

La sombra resultante (A'B') es paralela al segmento AB.

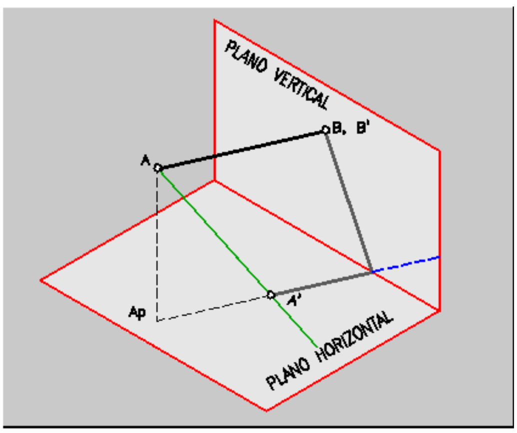
Si aplicamos las reglas anteriores podemos construir la sombra de algunos casos especiales.



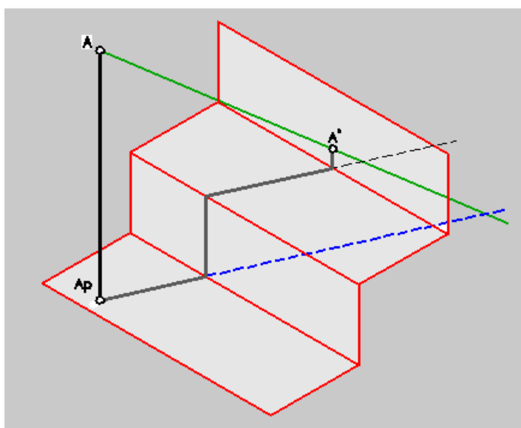
SOMBRA DE UN ELEMENTO INCLINADO SOBRE UN PLANO HORIZONTAL



SOMBRA DE UN ELEMENTO INCLINADO APOYADO EN UN PLANO HORIZONTAL



SOMBRA DE UN ELEMENTO HORIZONTAL APOYADO EN UN PLANO VERTICAL



SOMBRA DE UN ELEMENTO VERTICAL SOBRE VARIOS PLANOS

Sombra de cuerpos sólidos

En la sombra de los cuerpos sólidos podemos identificar 2 diferentes planos:

PLANOS ILUMINADOS: Sobre los cuales incide directamente la luz.

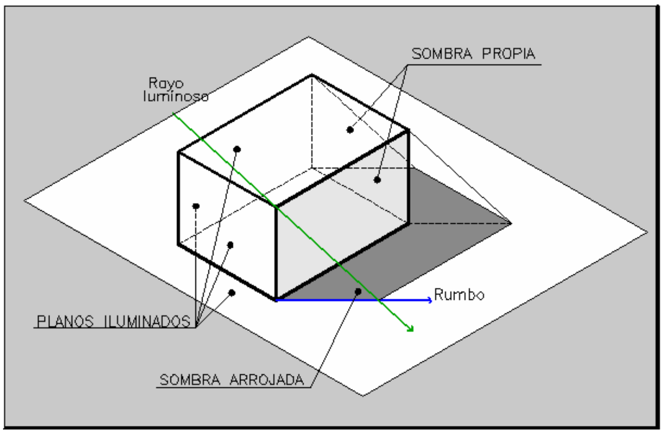
PLANOS EN SOMBRA PROPIA: La sombra propia aparece cuando la forma del objeto excluye los rayos de luz de una parte de su superficie.

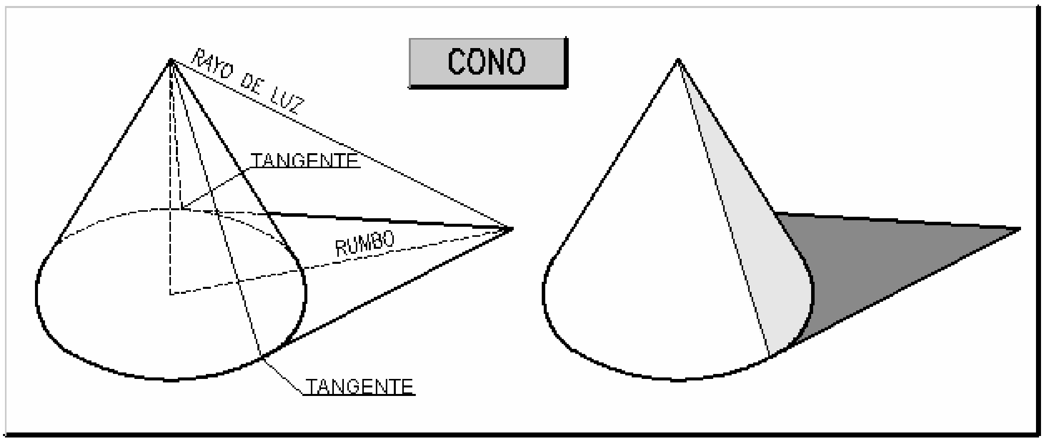
La forma de la **sombra arrojada** depende de:

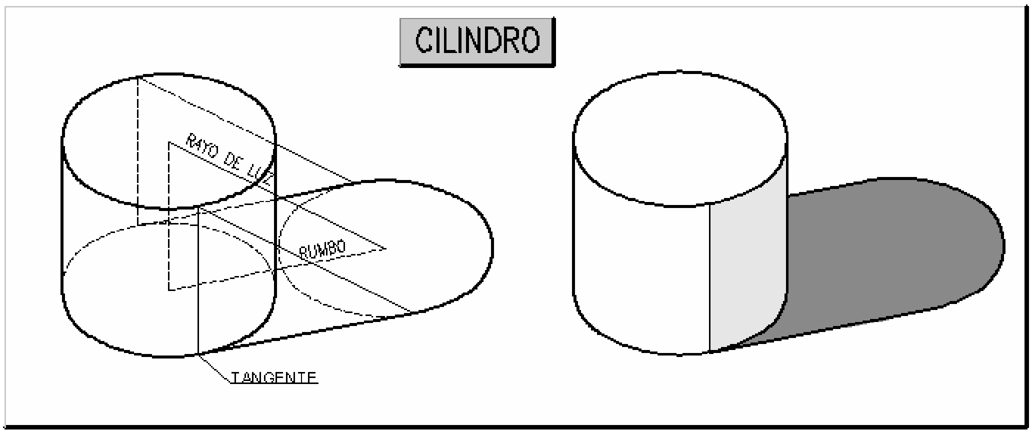
- La posición del limite de la sombra propia
- La posición del observador
- La dirección de la luz
- La forma de la superficie sobre la que se proyecta.

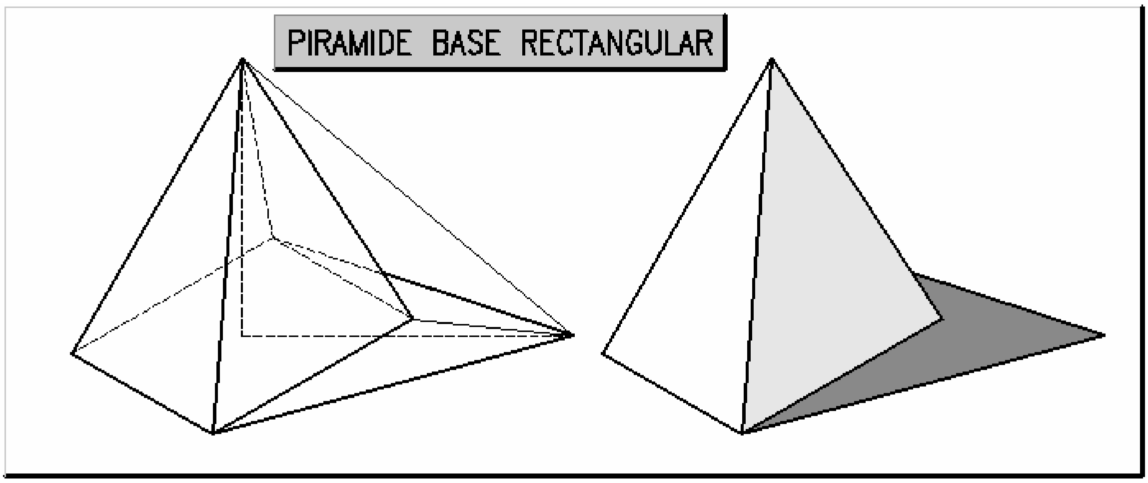
Los rayos de luz y el rumbo de la sombra se suponen paralelos respectivamente.

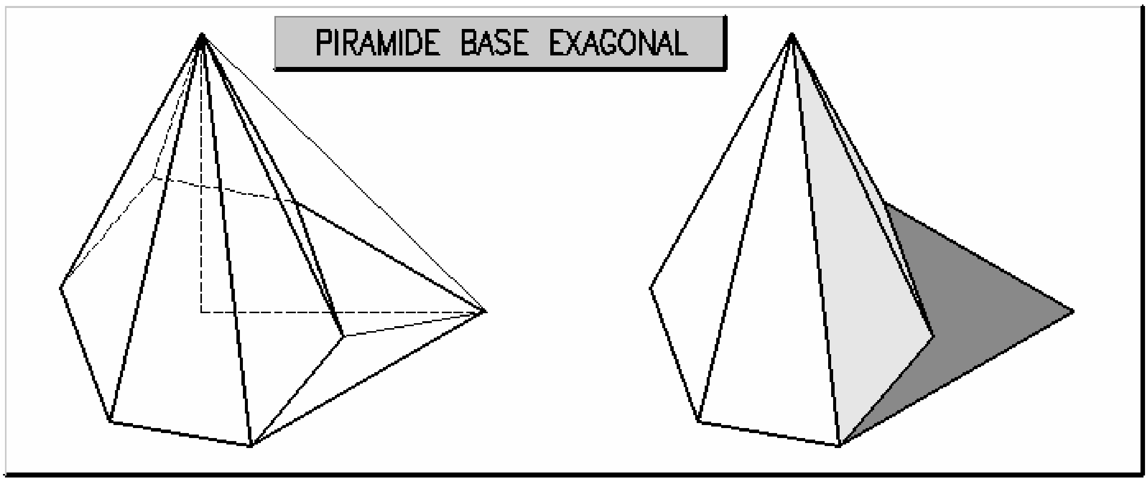
Para la identificación de los elementos de la sombra en los cuerpos sólidos se utilizan diferentes intensidades que van desde el claro (planos iluminados) pasando al tono medio (sombra propia) y el oscuro (sombra arrojada ó proyectada).

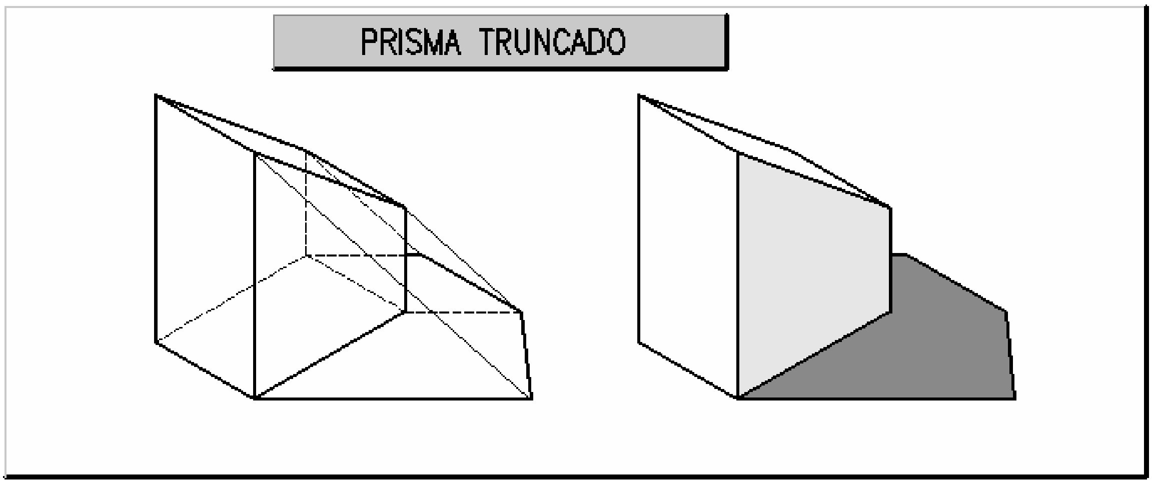












Podemos observar que en cada uno de los casos de sombras de cuerpos sólidos, siempre se aplica la regla general y las reglas básicas enunciadas en el comienzo de este capítulo.

Teniendo en cuenta la dirección de los rayos de luz y el rumbo de la sombra, se debe analizar el sólido y determinar cuales son los planos de sombra propia y cuales los planos iluminados, en base a esto podemos afirmar:

1. Solo los planos en sombra propia originan sombra arrojada.
2. La sombra arrojada se proyecta únicamente sobre planos iluminados.

Sombra de cuerpos sólidos compuestos

Dado el siguiente volumen, construir sus sombras, asumimos que se encuentra apoyado en un plano horizontal.

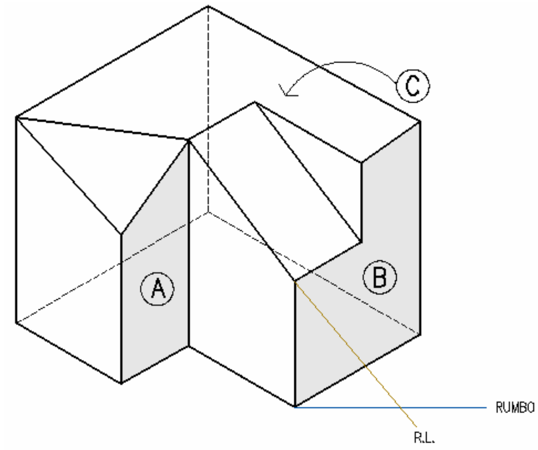
PASOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA SOMBRA

1. Asuma la posición de la luz (sol) y determine la dirección de los rayos luminosos y el rumbo.
2. De acuerdo al paso anterior analice el volumen y defina los planos del mismo que quedan en sombra propia.

Para el ejemplo serían los planos A, B y C.

Estos serán entonces los únicos planos del volumen que producen sombra arrojada la cual puede proyectarse sobre el plano del piso o alguno (s) de los otros planos del volumen (planos iluminados).

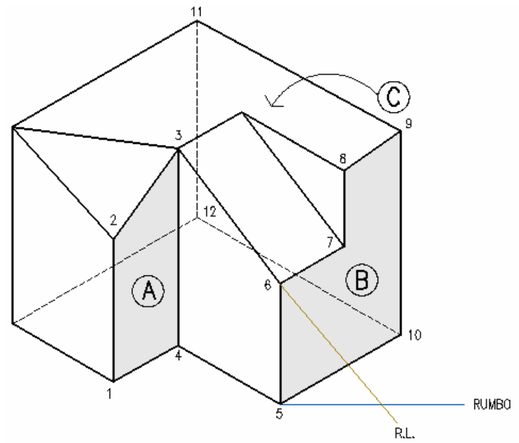
NOTA: EL PLANO C ES LA CARA POSTERIOR QUE SE ENCUENTRA OCULTA EL LA VISTA ISOMETRICA.



3. Numere los vértices de los planos A, B y C.

   El objetivo de esta numeración es poder analizar los segmentos de recta que conforman cada una de las caras a las cuales les vamos a construir las sombras para así poder reverenciarlos con las reglas básicas explicadas al comienzo del capítulo.

   Si separamos los elementos complejos en elementos simples como las líneas, podemos encontrar más fácilmente la sombra de los puntos extremos de las líneas y luego unirlos manteniendo la misma secuencia de estos en los planos, tendríamos entonces al final unas formas geométricas definidas como la silueta de las sombra de los planos en sombra propia.



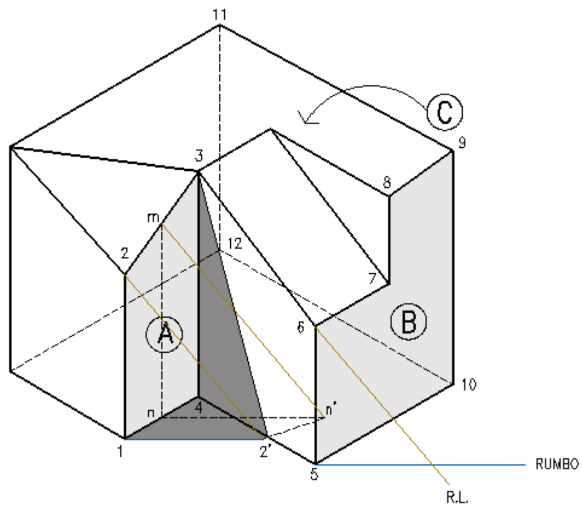
4. Inicie la construcción de la sombra de cada uno de los planos. (Empezamos con el plano A).

El segmento 1-2 es una línea vertical apoyada en un plano horizontal por tanto, la 1ª. Regla dice: **La sombra de un elemento vertical sobre un plano horizontal sigue el rumbo de la sombra.** La sombra del punto 2 (2') será por tanto la intersección del rumbo de sombra con el rayo luminoso que pasa por dicho punto.

Una parte del segmento inclinado 2-3 proyecta su sombra sobre el plano del piso, para poder conocer la dirección que sigue la sombra en este plano colocamos una línea auxiliar m-n vertical y le aplicamos la regla anterior, de esta forma tendríamos la sombra 2'-m' sobre el piso.

Cuando la sombra 2'-m' se interfecta con el plano vertical cambia de dirección se une directamente con el punto 3, esto es porque otra regla dice que **la sombra de un punto contenido en un plano es el mismo punto**, aquí se cumple que la sombra del punto 3 en el plano vertical queda allí mismo.

Unimos los puntos en sombra y pintamos el área resultante con un tono oscuro. (Ver gráfico adjunto)



5. Hallar la sombra del plano B.

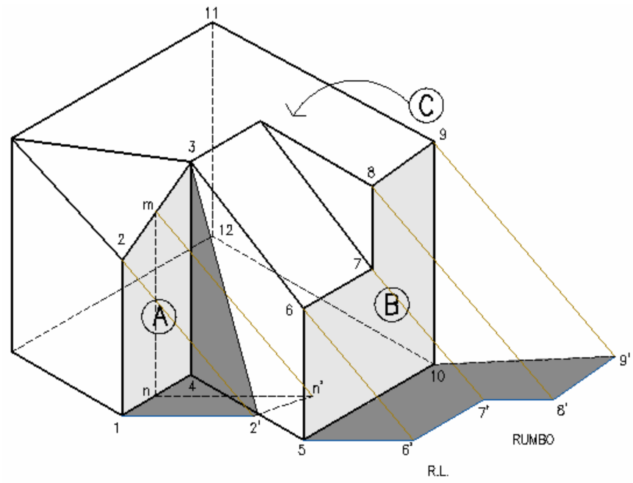
La sombra de la línea 5-6 resulta de aplicar la 1ª. Regla.

El segmento 6-7 es una línea horizontal y su sombra se proyecta sobre un plano horizontal, la 3ª. Regla dice: **La sombra de un elemento horizontal sobre un plano horizontal es paralela al elemento.** Aquí 6'-7' es paralela a 6-7.

7-8 es nuevamente una línea vertical por tanto su sombra sigue la dirección del rumbo hasta que se intersecte con el rayo luminoso que pasa por el punto 8.

La sombra de 8-9 se resuelve como la de 6-7, es decir, será paralela al elemento.

Unimos 10 con 9' y tenemos todos los puntos que definen la silueta de la sombra del plano B, que en este caso se proyecta todo sobre el plano horizontal del piso.



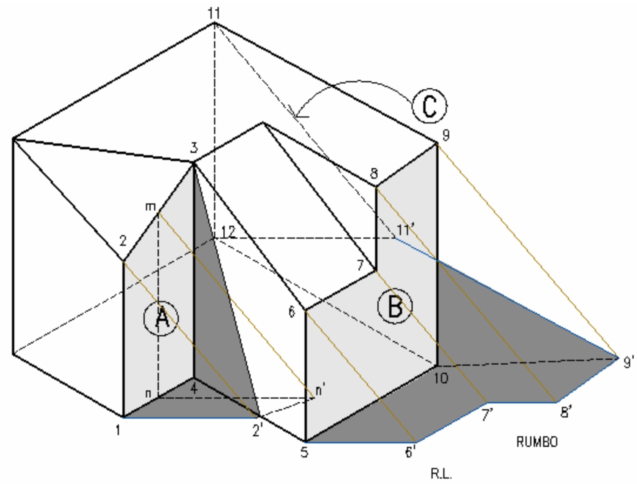
6. Hallar la sombra del plano C.

Para este último plano basta con encontrar la sombra de 11-12 que corresponde a elemento vertical apoyado en plano horizontal, su sombra entonces sigue la dirección del rumbo.

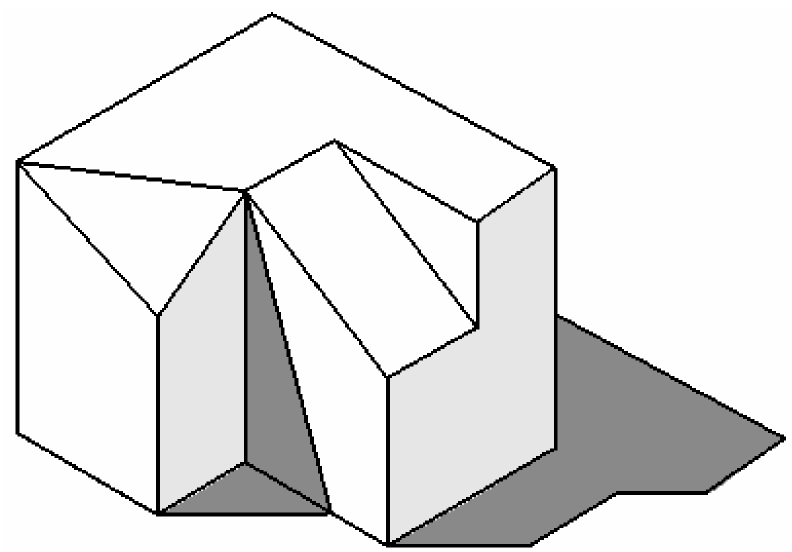
Unimos 11' con 9' y ya tenemos la totalidad de las sombras del volumen.

Observe que parte de la sombra de éste plano queda oculta en la vista, sin embargo, debemos realizar la construcción completa a fin de poder definir la dirección que sigue la sombra de 9'-11'.

También podríamos haber aplicado aquí la regla de la sombra de un elemento horizontal sobre plano horizontal, en este caso 9'-11' es paralela a 9-11.



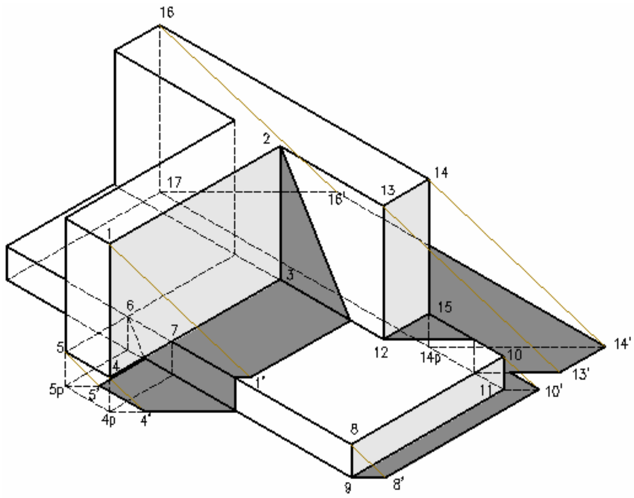
El resultado final de las sombras del volumen, sin líneas de construcción y con la expresión correcta quedaría así:



CONSTRUCCION DETALLADA DE LAS SOMBRAS DEL SIGUIENTE VOLUMEN

El análisis inicial del volumen nos permite establecer que de acuerdo a la dirección asumida para los rayos luminosos y el rumbo de la sombra, los planos en sombra propia serían:

PLANOS: (1-2-3-4), (4-5-6-7), (8-9-10-11), (12-13-14-15) y (10-15-14-16-17-11). Estos planos son los que producen la sombra arrojada y que se proyecta sobre el plano del piso y algunos de los planos iluminados del volumen.



ANALISIS DEL PLANO (1-2-3-4)

La recta 1-4 se encuentra elevada del plano del piso, por tanto, primero hallamos el punto 4p (pie del punto 4 y tambien del punto 1). Por 4p pasamos el rumbo de la sombra y por el punto 4 el rayo de luz, el resultado es la sombra 4' sobre el piso.

La sombra de la línea 4-1, se proyecta en el piso siguiendo la dirección del rumbo hasta que se encuentra con un plano vertical, cambia entonces de dirección y sigue verticalmente hasta que llega a un nuevo plano horizontal, continua de nuevo con la dirección del rumbo y termina en la intersección con el rayo luminoso formando la sombra 1'.

El segmento 1-2 tiene una primera parte de sombra sobre un plano horizontal, por tanto es también horizontal hasta que se interfecta con el plano vertical y resto de la sombra va a unirse con el punto 2 que se encuentra en el mismo plano vertical.

ANALISIS DEL PLANO (4-5-6-7)

Este plano a pesar de no ser visible en la axonometría del volumen también produce sombra, ya tenemos la sombra del punto 4 (4'), para hallar la sombra del punto 5 (5') utilice el mismo procedimiento explicado para el punto 4, así, tenemos la sombra 4'-5' que es paralela al segmento 4-5.

La sombra del segmento 5-6 la hallamos primero construyendo una paralela al elemento partiendo desde 5' hasta que se intersecte con el plano vertical y luego la unimos con el punto 6 que se encuentra en el mismo plano.

ANALISIS DEL PLANO (8-9-10-11)

El segmento 8-9 es vertical y produce una sombra en dirección del rumbo, 8-10 es paralela al plano del piso y su sombra es otra paralela a él, uniendo 9 con 8', 10' y 11 tenemos la sombra completa del plano.

ANALISIS DEL PLANO (12-13-14-15)

El segmento 12-13 tiene una parte de la sombra sobre un plano horizontal (sigue al rumbo), cuando se le acaba el límite de éste continúa su recorrido por el plano vertical hasta que llega al piso (hay que aclarar que esta tramo no es realmente una sombra arrojada sino un manera de poder determinar la continuación de la sombra sobre el plano del piso), allí continúa con el rumbo hasta que se encuentre con el rayo luminoso que viene del punto 13 y forma la sombra 13'.

La sombra de 13'-14' es paralela al elemento (13-14).

Finalmente se une con 14p (pie del punto 14) en una línea que es constructiva pues quedará oculta por la sombra del último plano (10-15-14-16-17-11).

ANALISIS DEL PLANO (10-15-14-16-17-11)

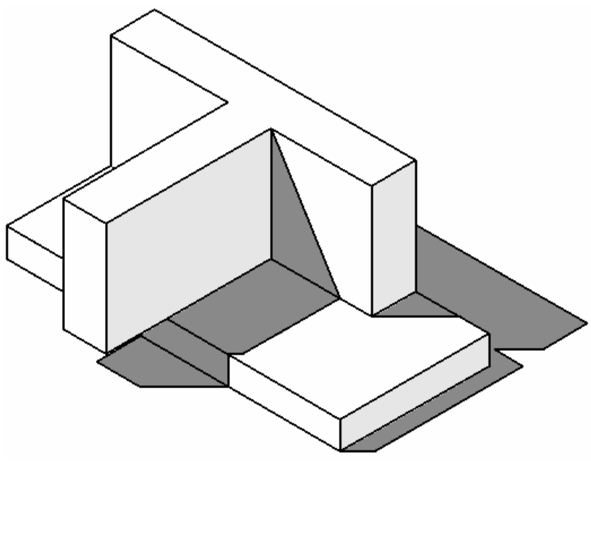
Aunque parte de la sombra de éste plano quedará unida a la sombra del anterior, es necesario construir todos sus puntos, lo que se debe hacer es luego definir con una mayor intensidad únicamente su silueta.

La sombra del segmento 10-15 inicia en 10' (ya construida) y sigue una dirección paralela al elemento hasta que se intersecte con la sombra de 12-13 que se proyectó en el piso.

13-14 es horizontal y por ende su sombra es paralela, así conseguimos la sombra 14'.

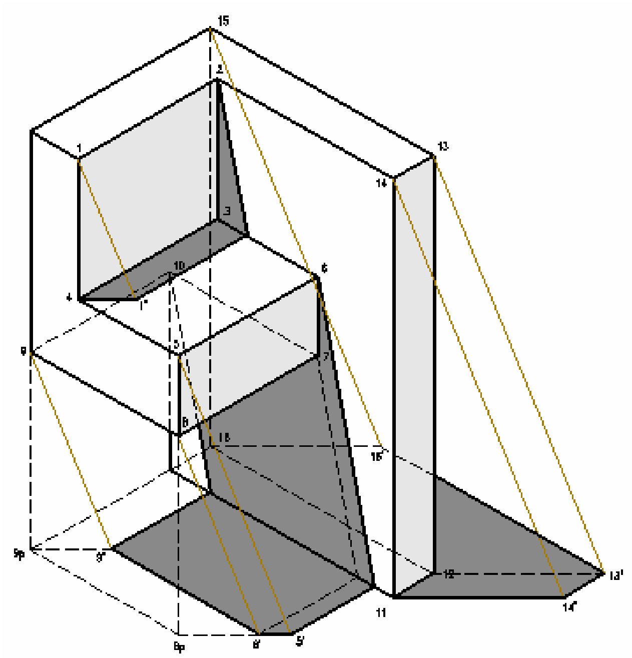
La sombra 14'-16' sigue igualmente una dirección paralela al elemento y terminamos con la unión de 16' y el punto 17 que corresponde a la sombra de elemento vertical sobre plano horizontal, debe resultar en dirección del rumbo. Este último segmento de sombra no es visible, a pesar de ello lo construimos con el fin de resolver la totalidad de las sombras del volumen y entender de esta manera como se construyen las sombras de cada uno de los planos.

El resultado final de las sombras de éste volumen sin líneas de construcción quedará así:



Para la construcción de las sombras de los volúmenes siguientes, solo haré una explicación detallada de los casos especiales que se presenten en ellos, todos los procedimientos anteriores son aplicables a cualquier tipo de volumen y la base para la construcción exitosa de las sombras consiste en analizar primero el sólido y planificar la solución del ejercicio tomando separadamente cada uno de los planos en sombra propia, luego los descomponemos en elementos más simples (líneas), aplicamos las reglas básicas a estos elementos y cuando obtengamos las sombras de los diferentes puntos procedemos a unirlos para definir la silueta completa de la sombra de todo el sólido.

EL TRUCO ES IR DE LO ELEMENTAL A LO COMPLEJO Y NO AL REVES.

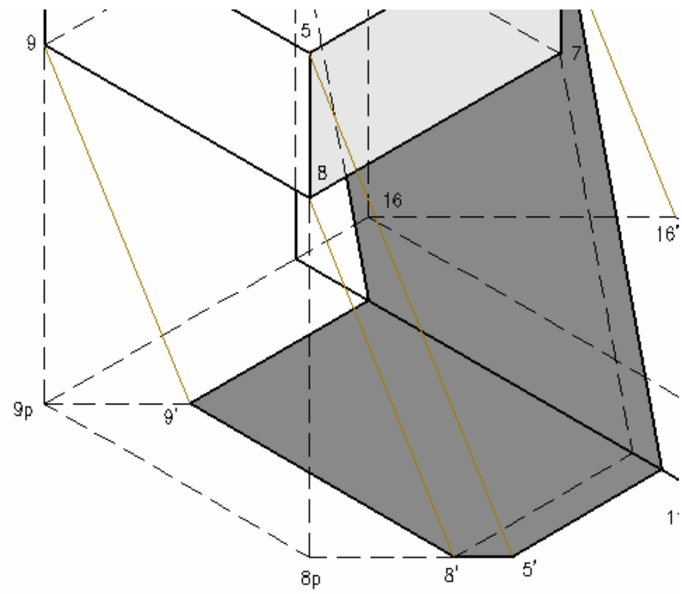


En este ejercicio vale la pena revisar la forma de construir la sombra de elementos en voladizo (elementos no apoyados en el plano del piso).

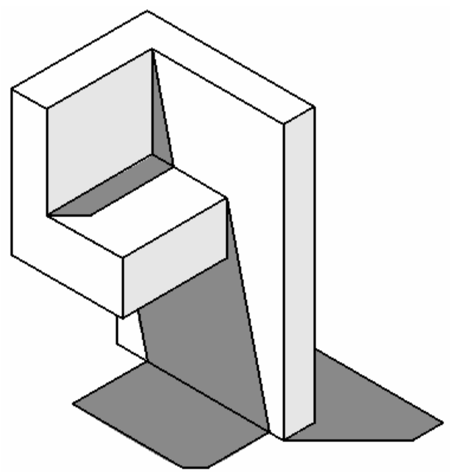
Recordemos que la teoría general de las sombra dice que para hallar la sombra de un punto se debe hacer pasar el rayo luminoso por el punto del espacio y el rumbo de la sombra por el pié del mismo (entendemos como pié del punto la proyección del mismo sobre el plano horizontal del piso), cuando esta proyección no esta definida se debe realizar una construcción auxiliar para encontrarla. Este sería el caso de los puntos 8 y 9, en el grafico apreciamos esta construcción auxiliar que nos da como resultado los puntos 8p y 9p.

El resto de la construcción sigue los mismos procedimientos ya explicados en los ejercicios anteriores.

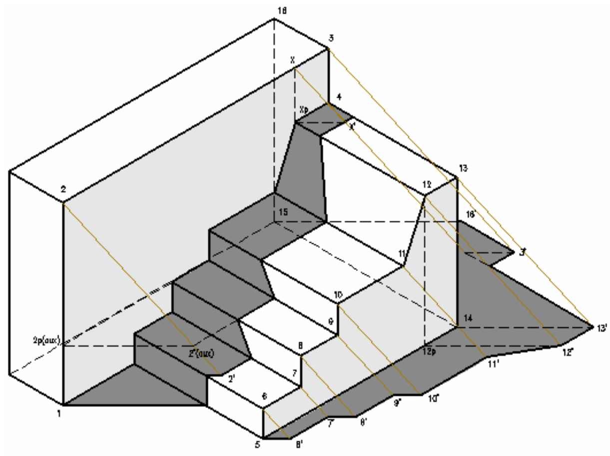
VISTA AMPLIADA DEL AREA ANALIZADA



SOMBRA COMPLETA DEL VOLUMEN



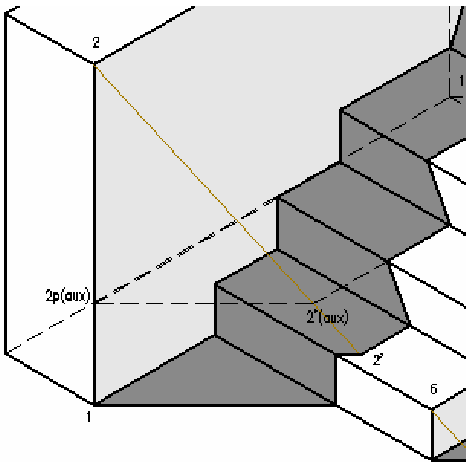
SOMBRA DE VOLUMEN SOBRE ESCALERA



En éste ejercicio destacaremos dos casos especiales:

1. La sombra que produce un elemento horizontal sobre un plano vertical.
2. Sombra de elemento horizontal sobre plano inclinado.

La solución de la sombra que cae en el plano del piso se resuelve con los mismos pasos de los ejercicios anteriores.



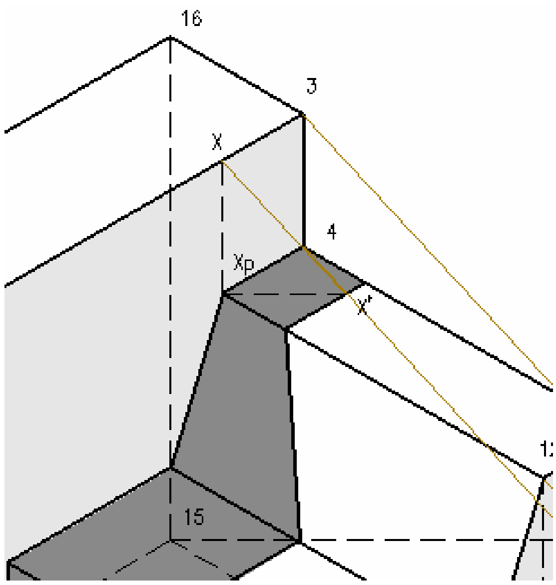
La sombra del elemento 1-2 tiene un primer tramo sobre el plano del piso, sigue la dirección del rumbo hasta el plano vertical de la primera contrahuella, allí sigue verticalmente hasta el plano horizontal de la primera huella y continúa con la dirección del rumbo hasta intersectarse con el rayo luminoso en el punto 2'.

Para el segmento 2-3 la construcción del primer tramo sigue al rumbo hasta que toca el plano vertical de la 2ª. Contrahuella, aquí es donde entra el análisis especial debido a que la sombra que proyecta un elemento horizontal sobre un plano vertical no se inscribe en alguna de las reglas básicas y por tanto es necesario realizar una construcción auxiliar.

Hallamos un punto nuevo 2p(aux) que corresponde al pié del punto 2 sobre el plano horizontal de la segunda huella.

Se halla la sombra del punto 2 sobre este nuevo plano (2'(aux)), si proyectamos la sombra de 2-3 sobre el plano, su dirección es paralela al elemento hasta que toque los planos verticales de la 2ª. Y 3ª. Contrahuella, de esta forma podemos unir los puntos que se encuentran en el mismo plano de la 2ª. Contrahuella y ésta será la dirección que sigue en ese plano vertical.

La sombra del mismo segmento 2-3 en el siguiente planos vertical (3ª. Contrahuella) es paralela a la anterior.

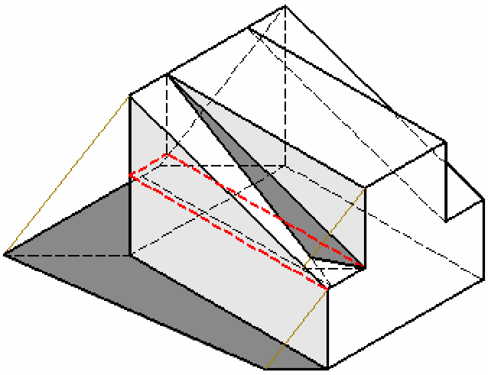


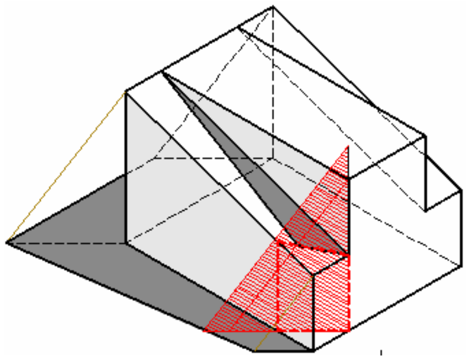
La solución de la sombra de 2-3 sobre el plano inclinado la hallamos con una construcción auxiliar.

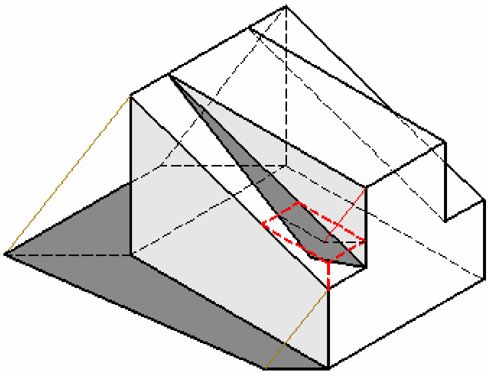
Se dibuja un elemento vertical imaginario (x-xp) sobre el plano vertical y apoyado en el plano horizontal de la última huella.

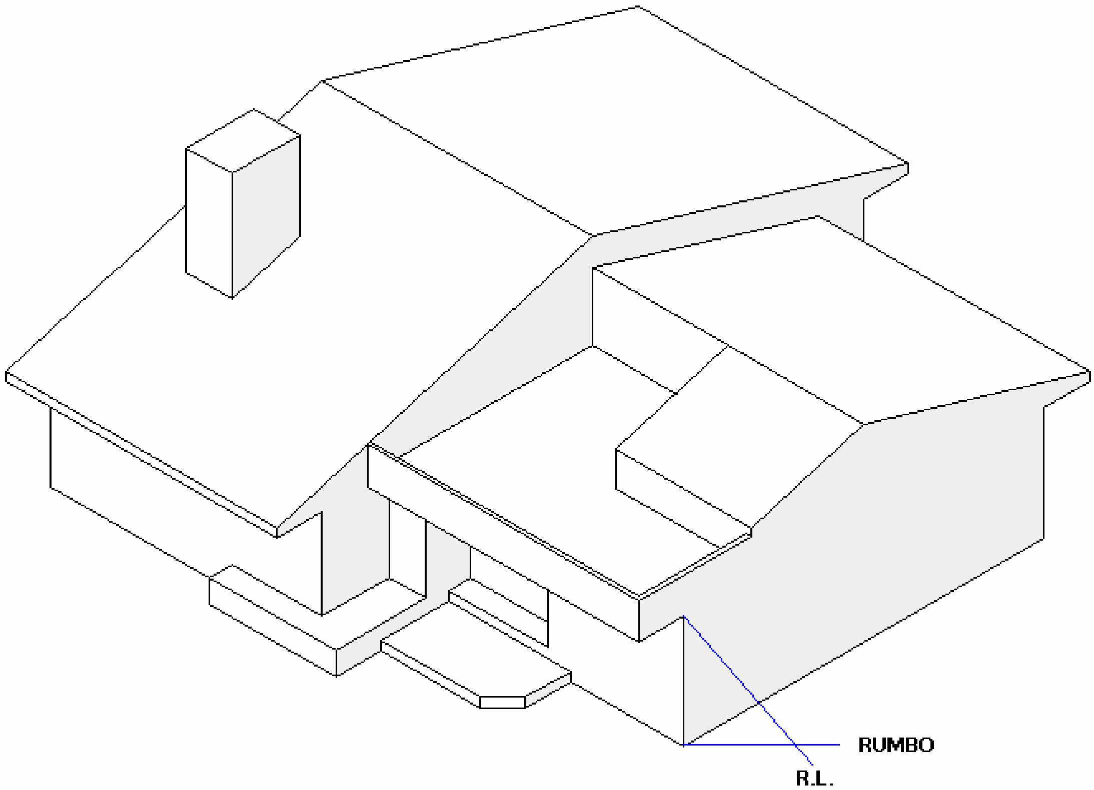
Aplicando la primera regla básica hallamos la sombra X' sobre el plano horizontal, por este punto pasará la sombra de 2-3 en dicho plano en forma paralela al elemento hasta que se termine su límite en la intersección del plano horizontal con el plano inclinado.

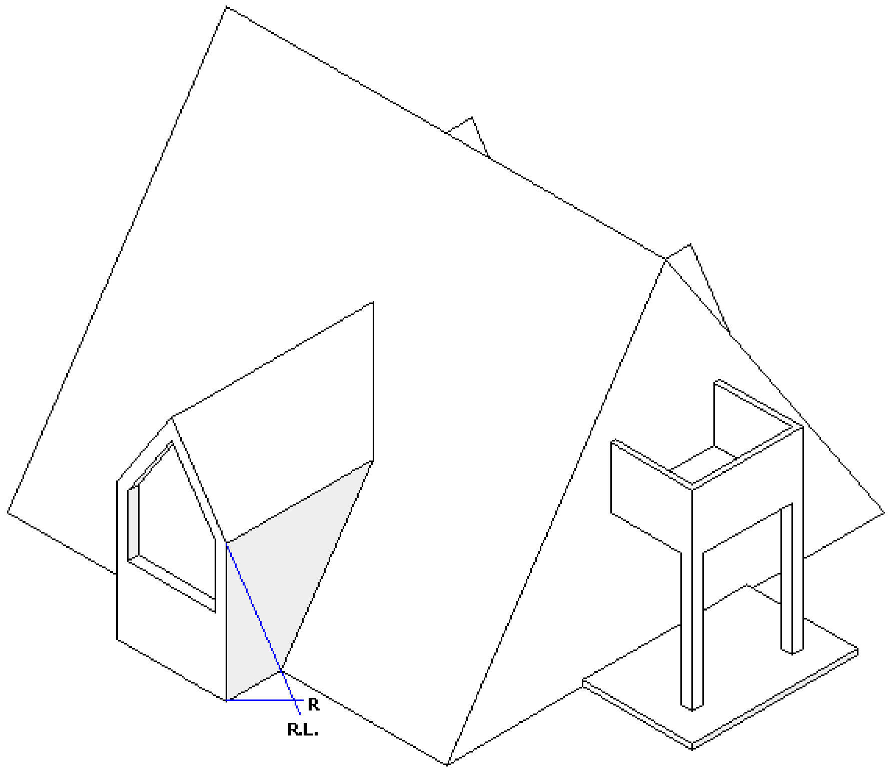
Unimos los dos puntos contenidos en el mismo plano inclinado y tenemos la sombra que produce 2-3 sobre éste plano.








RUMBO
R.L.


R
R.L.