

COMPENDIO DE GEOMETRÍA DESCRIPTIVA PARA TÉCNICOS

GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

Segunda edición

B. LEIGHTON WELLMAN



EDITORIAL REVERTÉ

B. LEIGHTON WELLMAN

*Jefe de la Sección de Proyectos
Instituto Politécnico Worcester*

GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

COMPENDIO DE GEOMETRÍA DESCRIPTIVA PARA TÉCNICOS

Segunda edición



**EDITORIAL
REVERTÉ**

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · México

Título de la obra original:

Technical Descriptive Geometry

Edición original en lengua inglesa publicada por:

McGraw-Hill Book Company, Inc., Nueva York

© McGraw-Hill Book Company

Edición en español:

© Editorial Reverté, S. A., 1987

Edición en papel:

ISBN 978-84-291-5090-2

Edición e-book (PDF):

ISBN 978-84-291-9119-6

Versión española por:

Ing. Máximo Conde

Propiedad de:

Editorial Reverté, S. A.

Loreto 13-15, Local B

08029 Barcelona

Tel.: (+34) 93 419 33 36

reverte@reverte.com

www.reverte.com

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, quedan rigurosamente prohibidos sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

PROLOGO

Este libro ha sido escrito con el propósito de proporcionar a los dibujantes técnicos y a los estudiantes en general, un tratado moderno y completo de las cuestiones más importantes de la geometría descriptiva. Desde un punto de vista práctico, y sin olvidar el objetivo indicado, se exponen los diferentes asuntos en forma progresiva, empezando por los conceptos más elementales para llegar por un suave escalonamiento al planteamiento y resolución, de un modo lógico y natural, de los problemas más complejos de la práctica moderna. De acuerdo con la experiencia industrial, el método de proyecciones auxiliares se emplea constantemente en este texto. Las proyecciones se clasifican, principalmente, en *adyacentes y anexas*, debiéndose prestar atención a la dirección de los *rayos visuales*, con los que se observan estas proyecciones. Cada proyección muestra al objeto en sí mismo, por lo tanto no existen proyecciones ni planos imaginarios. La *línea de tierra*, o de referencia, no tiene ninguna significación espacial, sirviendo únicamente como un medio necesario para la construcción de nuevas proyecciones; y así, el dibujante, piensa sólo en ese objeto, y en la relación lógica entre las proyecciones. La importancia de los conceptos se basa en la *lógica* y no en la imaginación.

Tradicionalmente, la geometría descriptiva se ha enseñado, más bien, como un curso de visualidad; el entendimiento se basaba en la imaginación, y el estudiante que careciera suficientemente de ella estaba condenado al fracaso. Los años de experiencia del autor le han convencido que este sistema era defectuoso. La geometría descriptiva es una ciencia basada en hechos reales, por eso debe ser enseñada en un curso de razonamiento lógico. La visualidad debe seguir, pero no preceder al razonamiento; la imaginación siempre puede ayudar, mas no encuentra la solución.

Como se describe en el capítulo I, de este texto, la visualidad de un objeto, visto en dibujos de proyecciones, desde múltiples puntos de vista, estaría basada en lógicas conclusiones que se deducen de la observación y de un exacto juicio analítico. Debemos evitar las conjeturas y las fantasías de la imaginación. Al autor, frecuentemente, le han dicho los estudiantes: —“Si no puedo *imaginar* lo que esta nueva proyección parecería, ¿cómo dibujarla?”. Y la contestación ha sido casi siempre: —¡Por Dios! Si Vd. no tiene ideas preconcebidas podrá seguir adelante y dibujar la proyección sin prejuicios de ninguna clase. Siga exactamente las reglas y principios que Vd. aprenderá aquí; cuando la proyección esté acabada, verá perfectamente que lo que le parecía y conocía es lo correcto.

Con este método de enseñanza se le inculca al alumno a emplear, solamente, hechos comprobados; aprenderá a no seguir adelante cuando no tenga razones convincentes. Deberá resolver cada problema observando detenidamente los datos

seguros e innegables que le proporcionen; recordará los principios aprendidos y que realmente puede aplicar, y, entonces, siguiendo el razonamiento lógico llegará a la verdadera conclusión.

En esta segunda edición se ha intentado que el texto sea lo más ameno posible. Cada artículo ha sido examinado de nuevo, comprobado, y escrito con la máxima claridad. Para que la referencia sea más fácil, se han puesto los subtítulos en letra negrita, y las ideas claves están concisamente expresadas en letra cursiva, separadas a mayor espacio del texto adjunto. Cada artículo ha sido cuidadosamente estudiado, y los principios más importantes han quedado establecidos en forma de reglas, *no para ser aprendidos de memoria*, sino, más bien, para resumir con el mínimo de palabras posible lo establecido, y para encontrarlos fácilmente cuando los busquemos. En forma semejante se ha establecido el análisis completo de importantes problemas, con un breve resumen. Y en el apéndice se han adicionado algunas construcciones nuevas.

Muchos dibujos han sido incorporados, otros fueron ampliados o simplificados, y también otros fueron completamente dibujados de nuevo. Los dibujos difíciles, o complicados, que requieren una construcción en varias fases, se van indicando las mismas en forma progresiva, en dos o seis dibujos separados. Las ilustraciones gráficas se han empleado libremente, para mostrarnos los conceptos fundamentales. El esquema de notaciones es sencillo y fácil de recordar. Una característica singular es la que los puntos dados se designan con tipo de negritas, para distinguirlos de los puntos solicitados. Y como respuesta a muchas solicitudes, hemos agregado dos nuevos capítulos; que son el uso de estas proyecciones aplicadas a los Vectores, así como aplicaciones a la Geología y a la Minería. Para estos capítulos nuevos se aplican totalmente la teoría y los principios básicos que se establecen en el texto, y son explicados con grabados y ejemplos prácticos específicos. Se han agregado nuevos procedimientos gráficos para la solución de muchos problemas vectoriales, y el principio fundamental de la concurrencia de vectores ha tenido aplicación a ese problema general, que se presenta, de equilibrio en el espacio. Para los problemas de geología, el método corriente de proyecciones auxiliares se ha visto suplementado con otro más corto y sencillo de una sola proyección.

El disponer las diferentes materias en doce capítulos, con temas avanzados al final de cada uno de ellos, permitirá al profesor programar el curso a su deseo, con la amplitud que prefiera, y con la continuidad lógica con que los temas se van exponiendo. El capítulo 1, aunque elemental, es muy importante al ser una especie de introducción a los capítulos siguientes, no debiendo prescindirse de él. Los capítulos 2 al 12, pueden ser expuestos en su totalidad o en parte, según el alcance que tenga el curso y el criterio del profesor. Los capítulos 9 y 10 se pueden explicar como están expuestos, en orden inverso, o alternativamente. Los capítulos 11 y 12 deben ser enseñados, solamente, después de un adecuado estudio sobre los temas del punto, línea y plano, de los capítulos 2 y 5. Los temas más avanzados se pueden dejar para los últimos cursos. Sin embargo, bien se expliquen o no muchos de estos temas, son siempre interesantes y necesarios para los estudiantes más avanzados, y dignos de ser considerados.

Todos los problemas, dispuestos en grupos, constan al final del libro. Para simplificar las relación entre estos problemas y los dibujos, se han agregado 65 figu-

ras nuevas. Se establecen 1.692 problemas, de los cuales 1.532 están acondicionados a las dimensiones exactas de los datos que constan en sus figuras correspondientes. Los problemas que sólo se pueden resolver gráficamente, se han presentado de ese modo, ahorrando tiempo con esta característica, lo mismo al estudiante que al instructor. Estos problemas han sido cuidadosamente seleccionados, en escala, desde los más sencillos y en su mayoría implican pensamientos originales. Hay problemas suficientes, como para 4 ó 5 años. Las contestaciones numéricas se dan al final de cada problema, como solución, pero si lo deseara el profesor puede variar estos resultados con sólo cambiar un dato inicial.

El autor hace constar su agradecimiento por las valiosas y numerosas indicaciones que ha recibido, de aquellos que enseñaron o estudiaron la primera edición; esa amabilidad y crítica constructiva, han sido sinceramente apreciadas. Se siente especialmente en deuda con el Profesor John M. Coke, por sus sugerencias sobre aplicaciones a la Geología y Minerología; y al Profesor Frank A. Heacock por su revisión al capítulo de Vectores. Y también a su esposa, Marjorie, expresa su reconocimiento, por sus muchas horas de mecanografía y corrección paciente.

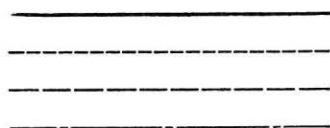
B. LEIGHTON WELLMAN.

INDICE DE MATERIAS

Prólogo	1
Representación de líneas y símbolos	7
Símbolos de corrección, para empleo del Profesor	8
Capítulo 1. Las proyecciones múltiples en los dibujos de Ingeniería	9
<i>Dibujos gráficos; Ventajas de los dibujos de proyecciones múltiples; Coordinación de las proyecciones; Afinidad entre las proyecciones; Líneas rectas; Superficies planas; Métodos de lectura y análisis de los dibujos de proyecciones múltiples.</i>	
Capítulo 2. Proyecciones auxiliares	33
<i>Lo que son las proyecciones auxiliares; Cómo se construyen; La línea de tierra, o de referencia; Proyecciones adyacentes a la proyección horizontal; Proyecciones adyacentes a la proyección vertical; Proyecciones auxiliares a otra auxiliar-adyacente; Aspecto de las proyecciones; Visibilidad.</i>	
Capítulo 3. Puntos y Líneas	48
<i>Situación de puntos y líneas; Pendiente y longitud verdadera de una línea; Línea que aparece como un punto; Proyecciones básicas; Líneas paralelas; Líneas que se cortan; Líneas perpendiculares; Problemas de líneas más cortas; Objetos con los ejes inclinados; Proyecciones auxiliares en dirección determinada; Proyecciones axonométricas y dibujos.</i>	
Capítulo 4. Superficies planas	86
<i>Situación de puntos y líneas en un plano; Rumbo o situación de un plano; Plano que se proyecta como una línea; Pendiente o inclinación de un plano; Problemas de distancias mínimas; Verdadero tamaño de un plano; Situación de una figura plana en un plano dado; Problemas de líneas oblicuas; Intersección de una línea y un plano; Intersección de dos planos; Poliedros; Líneas perpendiculares y planos; Proyecciones sobre un plano; Angulo diedro. Angulo entre una línea y un plano; Situación de un cuerpo sobre una superficie plana.</i>	
Capítulo 5. Giro o movimiento del objeto	144
<i>Principios fundamentales; Giro de puntos y líneas; Ejes supuestos; Problemas solucionados mediante giros; Contragiros; Cono engendrado por una línea; Situación de una línea que forma ángulos dados con otras líneas y planos.</i>	
Capítulo 6. Superficies de simple curvatura	169
<i>Clasificación de las superficies; Superficies de simple curvatura; Representación de conos y cilindros; Intersección de conos y cilindros por líneas o planos; Secciones cónicas; Líneas tangentes; Planos tangentes; Planos tangentes a conos y cilindros; Planos que forman ángulos dados con otros planos; La hélice; La convoluta helicoidal; Convolutas de planos tangentes con bases paralelas, y no paralelas.</i>	
Capítulo 7. Superficies alabeadas	210
<i>Lo que son las superficies alabeadas; Clasificación; La superficie alabeada</i>	

<i>en general; Directrices curvas; Intersección de una línea o un plano con superficies alabeadas; La superficie cónica alabeada; La superficie del cuerno de vaca; El paraboloide hiperbólico; El conoide; El cilindroide; La superficie helicoidal; Hiperboloide de revolución; Aplicaciones de las superficies alabeadas.</i>	
Capítulo 8. Superficies de doble curvatura	234
<i>Clasificación; Superficies de revolución; La esfera; Intersección de una línea o plano con una esfera; Plano tangente a la esfera; Cono envolvente de dos esferas; Intersección de una línea o plano con una superficie de revolución; Plano tangente a una superficie de revolución; Superficies de evolución; Superficies contorneadas o perfiladas; Modelos a tamaño natural; Cónica así modelada.</i>	
Capítulo 9. Intersección de superficies	259
<i>Principios generales y métodos; Intersección de dos prismas; De dos cilindros; De un cilindro y un prisma; De dos conos circulares; De un cono con un cilindro, y con un prisma; De dos cilindros oblicuos o conos, con base común o diferente; De una esfera y un cilindro; Giro de los planos de intersección; De una superficie de revolución y un cilindro; De dos superficies de revolución; De dos esferas; De una superficie perfilada y un cilindro.</i>	
Capítulo 10. Desarrollo de superficies	298
<i>Principios y práctica; Clasificación de los desarrollos; Desarrollo de un prisma recto; De un prisma oblicuo; De la intersección de un prisma oblicuo; De un cilindro circular recto; De un cilindro oblicuo; De la intersección de cilindros; De una pirámide recta; De una pirámide oblicua; De un cono circular recto; De un cono oblicuo; De recodos de tubería cilíndrica; Intersección de planos con cilindros y conos de revolución; El método de triangulación; Desarrollo de las piezas de enlace; De una pieza de enlace convoluta, o alabeada; De una helicoidal convoluta; Desarrollo aproximado de una esfera; Líneas geodésicas; Ensambladuras y empalmes de chapas de metal; Tolerancia de flexión.</i>	
Capítulo 11. Aplicaciones de los vectores	336
<i>La representación del vector; Suma y resta de vectores; Descomposición de un vector; Velocidad y movimiento relativo; Los vectores en el espacio; La fuerza como un vector cuantitativo; Resultantes de varios sistemas de fuerzas; Centro de gravedad; Pares; Fuerzas en equilibrio; Sistemas de varias fuerzas en equilibrio; Principio de concurrencia; Sistema de fuerzas que no son coplanares en equilibrio.</i>	
Capítulo 12. Geología y aplicaciones en la minería	373
<i>La superficie y corteza de la tierra; Terminología de la minería; Rumbo y pendiente de un estrato; Pendiente aparente; Taladros cruzados; Situación de las labores de una mina; Intersección de venas; Fallas; Falla paraclasa; Afloramientos; Perfiles y secciones; Cortes y terraplenes.</i>	
Problemas	402
<i>Consejos generales; Trazado de las láminas de figuras; Disposición de los problemas en grupos.</i>	
Apéndice	595
Índice	615

CODIGO DE LINEAS Y SIMBOLOS

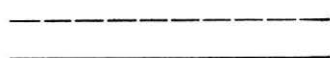


Líneas visibles del objeto, y líneas requeridas.

Líneas ocultas del objeto.

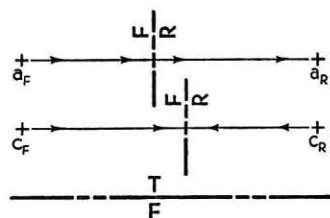
Línea en posición girada.

Línea central; eje de simetría; ejes de los cuerpos geométricos.



Líneas de construcción; puntos del recorrido del giro.

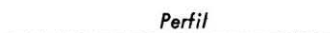
Unión de paralelas y alineación de puntos en las proyecciones adyacentes (Art. 1.5).



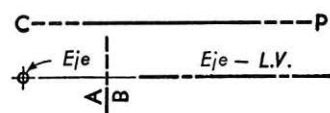
Flechas indicando una construcción en serie: el punto a_R se obtiene a partir del punto a_F .

Flechas opuestas que indican puntos situados independientemente, verificados por alineación.

Línea de tierra o de referencia, entre proyecciones adyacentes (Art. 2.4).



Proyección de perfil de un plano, de extensión ilimitada (Art. 4.6).



Proyección de perfil de un plano cortante (Art. 4.25).

Eje de revolución, en proyecciones adyacentes (Art. 5.1).

Elemento visible de una superficie (Art. 6.3).

Elemento oculto de una superficie.



Intersección de planos cortantes con los planos de las bases (Art. 9.13).



Línea de abatimiento de un desarrollo (Art. 10.4).

A, B, C, D, E, F, . . etc.

Las letras mayúsculas del texto se refieren a los puntos del espacio (Art. 1.6); las letras minúsculas se refieren a las proyecciones determinadas de esos puntos del espacio.

$a_T, b_T, c_T, \dots a_F, b_F, \dots$ etc.

Las letras de negritas en las figuras indican los puntos dados; los subíndices expresan la clase de proyección (Art. 1.6).

$e_T, f_T, g_T, \dots x_A, y_B, \dots$ etc.

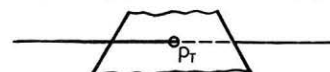
Estas minúsculas, en las figuras, significan puntos solicitados o construidos.

$a_T^R, c_F^R, e_R^R, \dots m_A^R, p_B^R, \dots$ etc.

Posiciones de puntos girados.

1 2 3 . . 1' 2' 3' . . 1'' 2'' 3'' . . 1R 2R 3R

Serie de puntos localizados por el mismo proceso; se omiten las proyecciones.



Línea que corta una superficie

SÍMBOLOS DE CORRECCIÓN PARA EMPLEO DEL PROFESOR

L	Correcto dentro de límites tolerados.
LH	Correcto, excediendo ligeramente los límites tolerados.
LH	Correcto, excediendo un poco el valor correcto.
LH	Correcto, faltando un poco al valor correcto.
LH	Método correcto, pero pasa considerablemente los límites tolerados.
X	Incorrecto.
A	Error en la alineación de los puntos de las proyecciones adyacentes.
R	Error en las medidas, tomadas a partir de la línea de referencia, entre las proyecciones anexas.
M	Error debido a una respuesta inexacta de una medida.
LO	Error debido al plantear un problema con los datos dados.
S	Valor dado en la escala y no su distancia en la figura.
WS	Equivocación en la escala empleada.
Q	Respuesta dada que no está de acuerdo con la distancia en la figura.
WV	Equivocación en la clase de proyección.
PV	Mala elección o emplazamiento de las proyecciones.
N	Notación inadecuada. No se han designado puntos, líneas, etc.
V	Línea que debería ser visible.
H	Línea que debería ser oculta.
£	Centro de línea solicitado.
H/H	Líneas que deberían ser paralelas.
	Líneas que deberían ser perpendiculares.
	Observar el error evidente dentro del área del círculo.
C	Curva mal trazada.
T	Punto de tangencia inexacto o incorrecto.
D	Dimensiones incorrectas.
I	Resultado inexacto.
Inc	Solución incompleta.
P	Dibujo imperfecto; lápiz romo impropio para el trazado de líneas.
U	Trabajo sucio o mal presentado.

I. PROYECCIONES MULTIPLES EN LOS DIBUJOS DE INGENIERIA

1.1. El problema

Vivimos en un mundo donde los objetos tienen tres dimensiones, y hemos llegado a acostumbrarnos a describir esquemáticamente estos objetos haciendo referencia a su longitud, altura y profundidad. Durante muchísimos siglos, aun desde cuando el primer hombre prehistórico dibujaba extintos mamíferos en las paredes de su cueva, un gran problema ha preocupado a todo artista y dibujante: ¿Cómo pueden los objetos de tres dimensiones ser fielmente representados en una superficie de dos dimensiones? La longitud y la altura se representan fácilmente; pero para la tercera dimensión, la profundidad, ha sido siempre precisa la imaginación. El dibujo plano, sin profundidad, de los egipcios antiguos, muestra ya algun adelanto; mas los pintores del Renacimiento lograron un notable éxito, por el ingenioso empleo de las formas y sombras, así como una mejor comprensión de la perspectiva. La fotografía ha captado perfectamente la perspectiva, y los fotógrafos hábiles pueden conseguir la iluminación del objeto para lograr una fotografía con el más puro realismo.

Pero en muchos casos, particularmente en propósitos de ingeniería, puede ser imposible fotografiar el objeto, por existir éste solamente en la mente del inventor o dibujante. Una vez que el objeto ha sido realizado puede ya ser fotografiado, pero actualmente es raro que el dibujante o proyectista sea también el fabricante; por ello, antes de que ese objeto se materialice, la más completa y fiel descripción de ese objeto tiene que transmitirse de la imaginación del proyectista a la del realizador. Esta es la misión que tiene el dibujo de ingeniería.

Han sido empleadas muchas clases de dibujos para que la forma y tamaño exacto del objeto descrito por una mente sea captado por otra, pero ninguna es enteramente satisfactoria, ni aun la misma fotografía. Cada tipo de dibujo tiene sus ventajas, pero también es deficiente en algún concepto. Para poder apreciar la superioridad del método de proyecciones múltiples, en los dibujos de ingeniería, conviene tener presente los inconvenientes de los otros métodos.

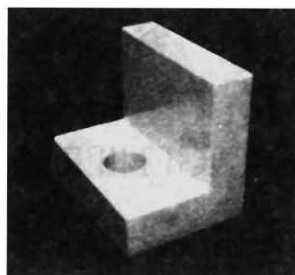


Fig. 1.1. Una fotografía.

1.2. Dibujos gráficos

La figura 1.1 es una fotografía de un objeto sencillo. La cámara, evidentemente, ha sido dirigida hacia un ángulo del objeto, y un poco encima del mismo, para que aparezcan dos lados y las superficies superiores del mismo.

A primera vista dicho objeto es un bloque en forma de L, con un orificio circular en la base de esa L. Se podría también deducir que la parte alejada o posterior parece del mismo tamaño y forma que la cercana y la profundidad del ala izquierda es igual a la de la derecha; y que to-

dos los ángulos son rectos o de esquinas cuadradas.

Estas observaciones son ciertas, pero supongamos que queremos comprobar estas conclusiones, midiendo realmente estas dimensiones sobre la fotografía.

La figura 1.2 muestra la misma fotografía medida con escalas reales, por el frente y parte posterior del objeto. La anchura de la parte posterior, que creíamos era la misma que la frontal, evidentemente aparece más corta. Medidas similares de otras distancias, que aparentemente son iguales en ese objeto, dan el mismo resultado, se descubre que las distancias más cortas son siempre las más alejadas de la máquina fotográfica. Esta reducción de tamaño, en distancias que son iguales, es originada por el hecho de que los bordes del objeto, que realmente son paralelos, no cumplen esta condición en la fotografía. Esto está demostrado convincentemente en la figura 1.2, observando las líneas de trazos. Cuando los bordes del objeto se prolongan en líneas rectas, éstas no son paralelas, sino que convergen en un punto. Las líneas horizontales paralelas a la profundidad convergen, al prolongarse, en el punto A de la izquierda; mientras que las líneas horizontales paralelas al lado frontal convergen en un

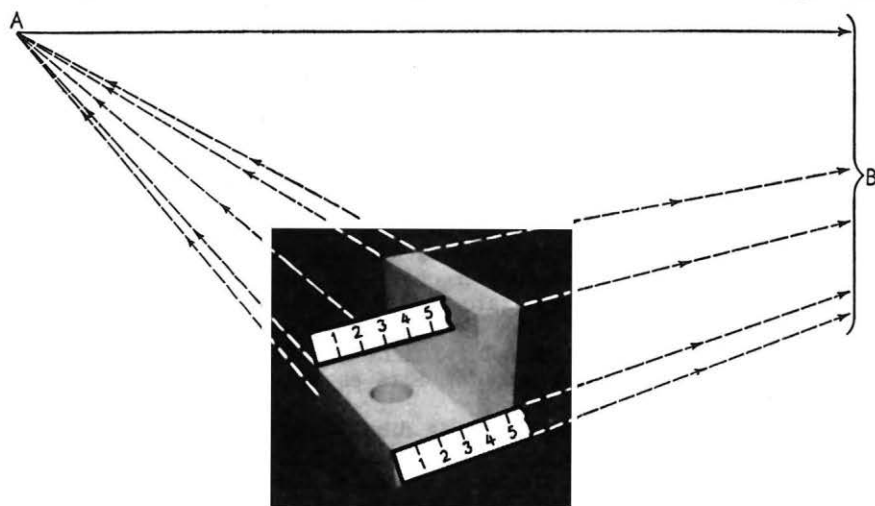


Fig. 1.2. Mediciones sobre la fotografía.

punto *B*, situado fuera de la página. Este efecto de *perspectiva* es general para toda clase de fotografías y dibujos reales de los objetos, imposibilitando que sobre ellos se tomen medidas directas de longitudes, ángulos y superficies. Debe también observarse que líneas que son precisas pueden aparecer difuminadas o confusas, por haber sido tomadas con una disposición deficiente de luminosidad.

Si el objeto no fuera susceptible de ser fotografiado, puede hacerse un dibujo que será una exacta reproducción de su fotografía. Tal como el *dibujo-perspectiva* que se muestra en la figura 1-3. De este modo se eliminan imprecisiones y sombras, pudiendo con el dibujo prescindir del objeto real, aunque la convergencia aparente de las líneas paralelas sigue todavía impidiendo en el dibujo la medida directa de longitudes y de ángulos. Este método de representación gráfica es por ello muy útil, ya que, por ejemplo, permite al arquitecto reproducir los dibujos exactos del edificio que vaya a construir. Aunque para facilitar la construcción real del edificio el dibujo-perspectiva no es práctico, ya que no expresa las distancias verdaderas.

Esa reducción del tamaño con la distancia, inherente al dibujo-perspectiva, se puede suprimir, haciendo que en el dibujo sean paralelas aquellas aristas que lo fuesen en el objeto. Son factibles muchos diseños, pero los más corrientes se indican en las figuras 1-4 y 1-5. (Los métodos de construcción se pueden encontrar en cualquier texto corriente sobre dibujos de ingeniería; véase también el artículo 3-21). Las reglas, colocadas sobre los dibujos, demuestran, como se ha dicho, que las líneas que son paralelas en el objeto lo siguen siendo en el dibujo, conservando además la igualdad. Esta es la principal ventaja, a pesar de la apariencia artificiosa del objeto, siendo además estos dibujos mucho más fáciles de construcción que los de perspectiva. Sin embargo, no todas las distancias se conservan iguales en el dibujo: así, las diagonales *AB* y *CD*, en cada figura, aunque iguales en el objeto son claramente desiguales en los dibujos. En el dibujo *isométrico* (fig. 1-4) ninguno de los vértices, al que concurren ángulos rectos, aparecen como tales; y en el dibujo *oblicuo*, solamente los ángulos de las superficies frontales son los que se representan en su verdadera amplitud. Como consecuencia, estos dibujos deformados son sólo, parcialmente,

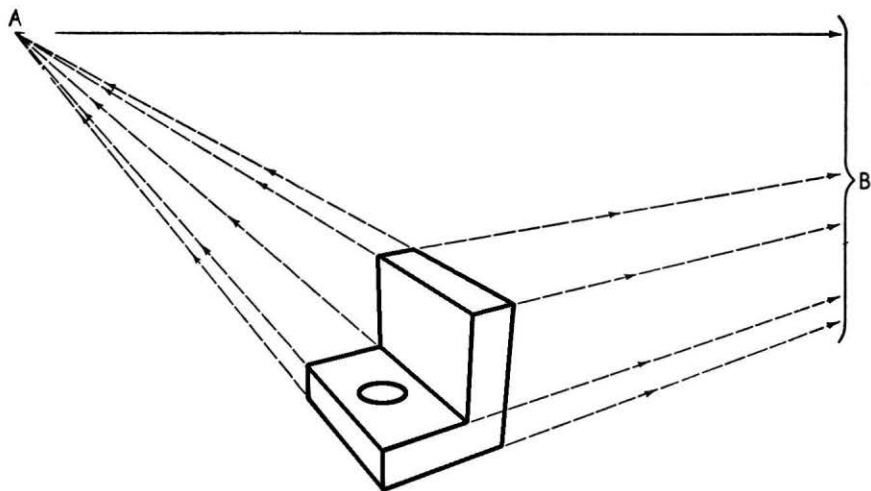


Fig. 1-3. Un dibujo en perspectiva.

fieles al representar ciertas distancias, teniendo la ventaja de su fácil construcción.

En cada uno de los dibujos antes considerados, el objeto está colocado delante del observador, en una posición tal que le permita ver simultáneamente tres planos, o vistas, de ese objeto. Pero es evidente ahora que, en cada caso, algunas de las líneas del objeto han sido deformadas, y pudiera por ello pensarse que con un cambio de posición del objeto pudieran conseguirse mejores resultados. La figura 1-6 nos muestra al mismo objeto, como si apareciera en perspectiva, desde otras tres posiciones o puntos de vista. En cada caso el objeto ha sido elevado, hasta que la superficie horizontal intermedia esté ahora, exactamente, al mismo nivel del ojo del observador. En la figura 1-6(b) el objeto ha sido alzado hasta el nivel del ojo, desde su primera posición, pero sin girar. Una línea recta, trazada horizontalmente desde el ojo del observador al objeto, daría en el vértice *A* indicado. Esta *línea visual* imaginaria se representa en la figura 1-6(a) con una flecha.

Esta nueva posición, vista en la figura 1-6(b), da un dibujo del objeto completamente diferente. La superficie superior, que está ahora encima del nivel del ojo, no puede ser vista, ni tampoco la superficie inferior que está más abajo de ese nivel; en cambio la superficie horizontal intermedia, que está exactamente al citado nivel, se representa como una línea recta, al ser vista de canto. Las superficies frontales y laterales quedan oblicuas con la línea visual, quedando deformadas las distancias reales que estén sobre estas superficies. La existencia del orificio no se hace visible.

Si conservamos al objeto al mismo nivel, pero girándolo hacia la derecha, las superficies frontales pueden traerse directamente enfrente del ojo, como en la figura 1-6(c). La línea visual es perpendicular ahora a las superficies frontales, representándose con la flecha *B*. Desgraciadamente, la forma en *L*, distintiva del objeto, ya no se aprecia, y también sigue invisible el orificio. En realidad, un objeto así dibujado se hace desconocido. Sin embargo, algo se ha conseguido; las dos superficies frontales rectangulares del objeto aparecen, sin deformación, en el dibujo, y las líneas trazadas en las mismas conservan su longitud. Una excepción evidente, entre estas dos superficies frontales, es que el ancho de la superficie posterior aparece más pequeño que el ancho de la superficie delantera, teniendo en realidad la misma anchura; ello es debido, como ya

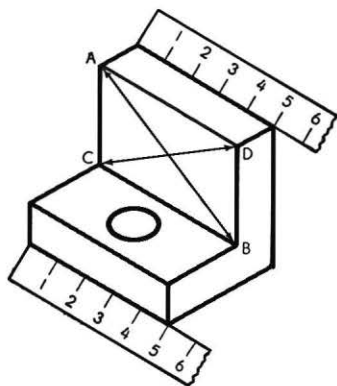


Fig. 1-4. Un dibujo isométrico.

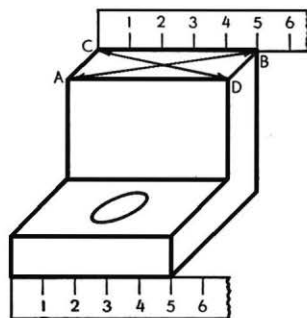


Fig. 1-5. Un dibujo oblicuo.

se dijo, a que la superficie posterior está más alejada del ojo que la inmediata, y de ahí que aparezca con más reducido tamaño. El dibujo tiene una apariencia completamente plana, porque la dimensión de profundidad falta ahora por completo.

Si el objeto se gira hacia la izquierda, en vez de hacerlo hacia la derecha, entonces la superficie lateral derecha se coloca directamente delante del ojo, de manera que la línea visual incida en el objeto en el punto C. La figura 1-6(d) nos indica que la superficie lateral derecha aparece en su verdadera forma y es evidente que la profundidad parece muy corta.

Para sintetizar el estudio completo de los dibujos reseñados podemos deducir:

1. La figura 1-3 nos proporciona la descripción más real del objeto, pero también nos acarrea las mayores deformaciones en las distancias.
2. Las figuras 1-4 y 1-5 dan del objeto una representación adecuada, pero imaginaria, proporcionando algunas distancias en su verdadera longitud.
3. Las figuras 1-6(c) y (d) facilitan incompletas representaciones del objeto, mas nos revelan también muchas distancias y superficies reales.

Se dijo en el artículo 1-1, que lo primordial de un dibujo de ingeniería es suministrar una representación exacta del objeto, en su forma y dimensiones. Se ha demostrado que no existe ningún dibujo sencillo que nos exponga un objeto con sus tres dimensiones —longitud, altura y profundidad— sin deformaciones, o en su forma o en sus dimensiones. Por esta razón los dibujos de ingeniería

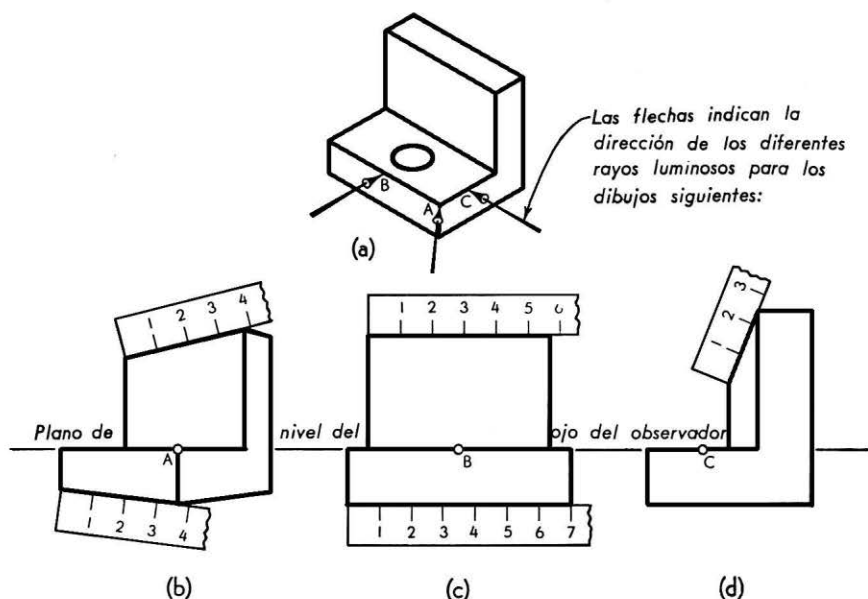


Fig. 1-6. Dibujos de perspectivas en otras posiciones.

siempre comprenden *dos o más* proyecciones (o planos) y de ahí que se les denomine *dibujos de planos o proyecciones múltiples*.

1.3. Las proyecciones principales

Cuando el objeto indicado en la figura 1-6(a) era visto directamente de frente, desde un punto de vista incidente en *B*, se obtenía el dibujo de la figura 1-6(c). Si suponemos que el observador está alejado a una distancia infinita del objeto, entonces todas las líneas visuales horizontales serían exactamente paralelas, como se observa en la figura 1-7(a). En estas condiciones las distancias desde el observador al frente y parte posterior del objeto serían prácticamente iguales, no apreciándose por ello la reducción del tamaño del objeto con la distancia. Así lo vemos como se muestra de frente, en la figura 1-7(b). Las superficies frontales o inmediatas del objeto, que en esta ocasión son perpendiculares a las líneas visuales horizontales, se manifiestan en su verdadera forma y tamaño, habiendo desaparecido completamente la dimensión de profundidad. Esta es la *proyección vertical* del objeto, o *plano o perfil*.

De la misma manera, si el observador, desde el infinito, mira horizontalmente en una dirección perpendicular al lado derecho del objeto resultaría el plano de la figura 1-7(c). En este caso el lado derecho está en su verdadera magnitud, pero ha desaparecido la dimensión de longitud, por ser paralela a las líneas visuales horizontales. Esta es la *proyección lateral derecha* del mismo objeto, o *corte por un plano transversal*.

Una tercera proyección [fig. 1-7(d)] se puede obtener, mirando desde una altura infinita perpendicularmente al objeto. Es notable señalar de nuevo que una dimensión, en este caso la altura, ha desaparecido. Esta es la *proyección horizontal* del objeto, o *planta*.

Estas tres proyecciones logradas por la visión del objeto desde tres direcciones mutuamente perpendiculares, se llaman *proyecciones principales*. Nótense las siguientes e importantes observaciones referentes a las mismas:

1. Para una proyección dada, las superficies que son perpendiculares a las líneas visuales se representan en su verdadera magnitud y forma.
2. Los rayos visuales de las tres proyecciones son perpendiculares entre sí.
3. Cada plano muestra solamente dos de las tres dimensiones del objeto.
4. Tomando en conjunto los tres planos, tendremos la descripción completa del objeto.

Las consideraciones siguientes indicarán el porqué son importantes los cuatro puntos arriba mencionados. Dado un objeto, que tenga que ser descrito con las tres proyecciones principales, el dibujante debe primeramente decidir la dirección de la línea visual para cada proyección. El dibujante, que es el primer interesado en presentar al objeto con la mayor cantidad posible de superficies en su verdadero tamaño, ha de seleccionar las direcciones de las visuales perpendiculares a las principales superficies de ese cuerpo. No debe olvidar, sin embargo, que las tres direcciones seleccionadas deben ser mutuamente perpendiculares. Esta es una condición esencial, ya que cada plano debe descubrir solamente dos de las tres dimensiones. Por ejemplo, el alzado indicado en la figura 1-7(b), nos da la altura *H* y la longitud *L*, no así la profundidad *D*, por ser las líneas visuales paralelas a esa profundidad. En la figura 1-7(c), vista del lado derecho, solamente aparecen la altura *H* y la profundidad *D*, ya que las líneas visuales son paralelas a la longitud y además

perpendiculares a las otras líneas visuales frontales. La cuarta consideración, arriba mencionada, es una consecuencia lógica de las tres primeras, al no existir objeto tridimensional que se pueda describir completamente sólo con dos dimensiones.

1.4. Coordinación de las proyecciones

Se ha demostrado que las proyecciones principales proporcionan un medio exacto de forma descriptiva, y también que dos o más proyecciones son necesarias para una descripción completa de un objeto dado. En la figura 1-7 cada una de las tres proyecciones ha sido designada para indicar desde qué dirección la proyección fue tomada. Esta denominación de las proyecciones podría no ser necesaria, si estuviesen siempre dibujados en una posición lógica previamente establecida.

En la figura 1-8, las tres proyecciones principales han sido dispuestas de acuerdo con la práctica normal de los Estados Unidos y del Canadá. La planta se coloca directamente sobre el perfil, y el plano transversal a la derecha de esa proyección vertical. No solamente es una colocación lógica y natural de las proyecciones, sino que también las dimensiones semejantes son comunes para cada dos proyecciones. La longitud L del objeto, aparece en la planta y en el perfil; por eso estas longitudes iguales son comunes en las proyecciones alineadas representadas en la figura 1-8. La altura H es la misma si el objeto se observa de frente o de costado, quedando esta igualdad manifiesta al que-

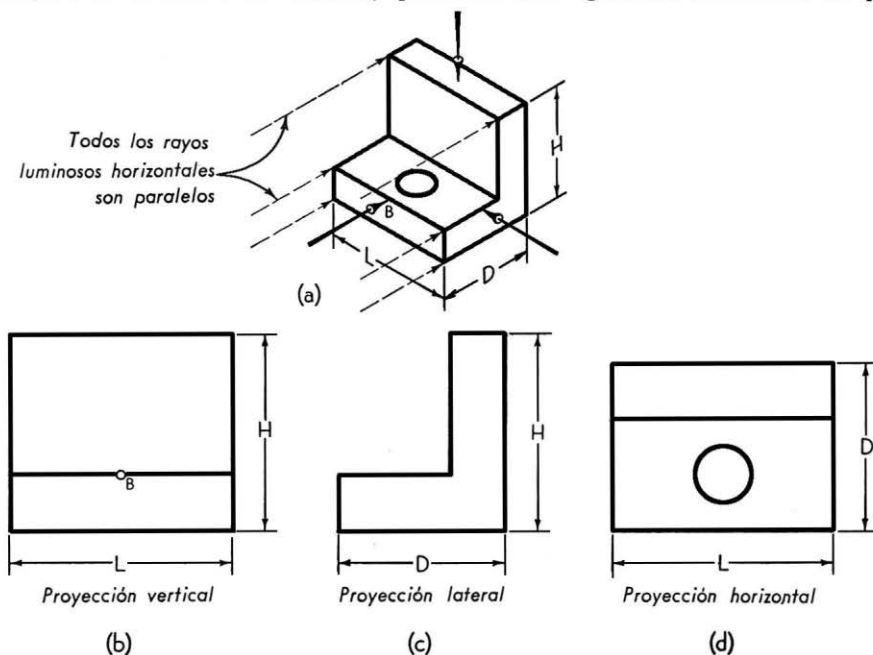


Fig. 1-7. Proyecciones principales del objeto.

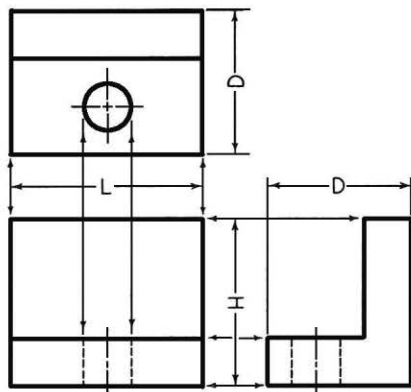


Fig. 1-8. Colocación habitual americana de las proyecciones.

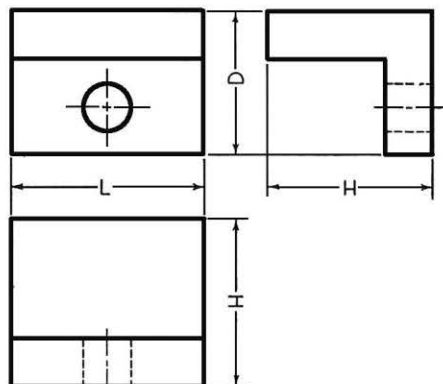


Fig. 1-9. Colocación común alternada de las proyecciones.

dar alineadas por la base las dos proyecciones citadas. Y, finalmente, aunque ahora la alineación no es posible, la profundidad D es semejante, en la planta y en la transversal derecha. La distancia entre las tres vistas podrá variarse, a conveniencia del espacio disponible, pero la *posición* y *alineación* de las proyecciones reseñadas tienen que ser observadas rigurosamente.

En ninguno de los dibujos anteriores, la profundidad del orificio ha sido indicada. Las líneas de trazos que representan los lados invisibles del agujero se han representado, sin embargo, en el plano de perfil y en el transversal de la figura 1-8, para indicar que el orificio cilíndrico atraviesa totalmente la base del cuerpo. El exponer en cada plano todas las líneas y superficies es corriente en los dibujos de ingeniería; y aquellas líneas o contornos que quedan ocultos o invisibles, en cada una de ellas, se indicarán con líneas de trazos (véase la figura 1-10).

Una colocación usual y alternada de las proyecciones principales se señala en la figura 1-9. Las proyecciones horizontal y vertical están colocadas aquí, exactamente, como en la figura 1-8; pero la transversal derecha está alineada enfrente de la planta horizontal, en vez de alinearse con el alzado de perfil. Este esquema es completamente lógico, ya que las proyecciones horizontal y lateral tienen común la misma dimensión D . Se necesitó, desde luego, un giro de la vista lateral para alinearla con la horizontal. Obsérvese que la altura H de las proyecciones vertical y lateral sigue siendo la misma.

Aunque estas tres vistas mutuamente perpendiculares, pueden describir completamente cualquier cuerpo, no es necesario que estén limitadas a las partes superiores, frontales o del lado derecho. El objeto puede también ser visto desde abajo, por detrás o por el lado izquierdo. Seis posibles proyecciones principales hay por lo tanto, y la disposición corriente para ellas se observa en la figura 1-10. Aparentemente parece que esto es una extensión sencilla de la colocación mostrada en la figura 1-8. Lógicamente la proyección del lado izquierdo se ha colocado a la izquierda de la proyección frontal, y debajo de ésta la proyección tomada desde abajo. Y aunque la proyección desde atrás podría estar alineada enfrente de la lateral derecha, o de las superior o inferior, se ha colocado arbitrariamente como se señala en la figura 1-10, para generalizar.

Siendo el propósito de un dibujo de proyecciones múltiples describir, clara

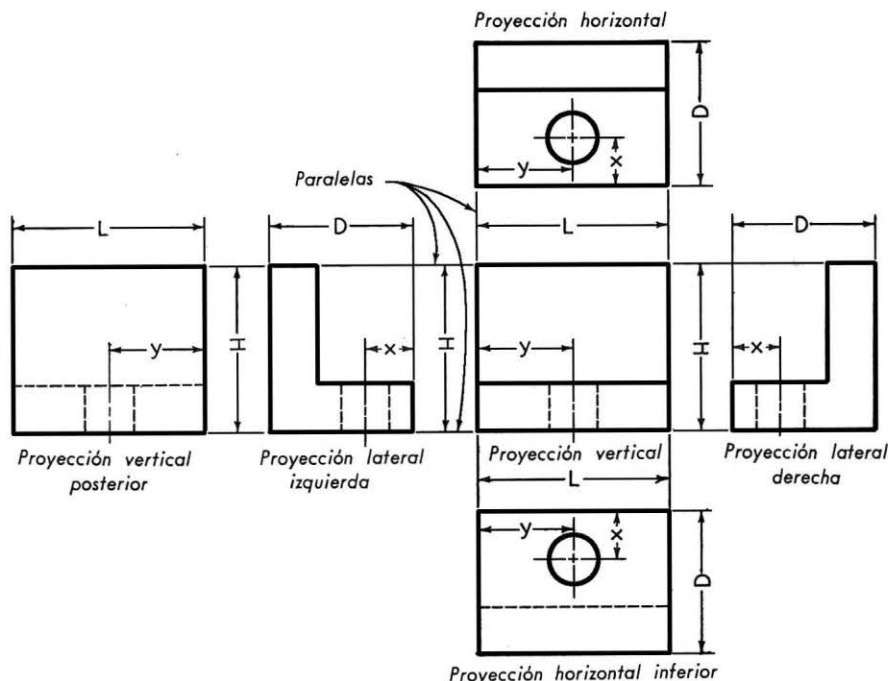


Fig. 1-10. Colocación común americana para las seis proyecciones principales.

y completamente, las dimensiones y la forma de un objeto, sin embargo, el número de las proyecciones empleadas, para mayor claridad y sencillez, debería ser el mínimo. El examen de los seis planos de la figura 1-10 nos demuestra que hay repeticiones. Las vistas de lado derecho e izquierdo son idénticas, aunque invertidas y una sería suficiente; la derecha es preferible corrientemente. Las proyecciones horizontales superior e inferior, difieren solamente en visibilidad y posición invertida; lo que también sucede con los planos delantero y posterior. Ya que los dibujantes prefieren las proyecciones con un mínimo de líneas ocultas, podrían descartarse los planos posterior e inferior. Así, aunque las seis proyecciones puedan dibujarse, en este caso tres son evidentemente innecesarias, conservándose los tres planos que originalmente se trazaron en la figura 1-8.

En ciertas circunstancias dos proyecciones pueden ser suficientes, pero debemos tener cuidado en la selección de esas dos proyecciones, para evitar ambigüedades. Por ejemplo, la figura 1-11 (a) únicamente contiene las proyecciones horizontal y vertical de la figura 1-8. Estas dos proyecciones no son suficientes, ya que podrían representar el primer objeto u otro de los dos que se indican a la derecha de la figura 1-11 en (b) y (c).

Si el cuerpo indicado en la figura 1-8 gira a su alrededor, de manera que el lado izquierdo quede de frente, tendremos entonces que los planos horizontal y vertical que vemos en la figura 1-12(a) pueden describir completamente al objeto sin que se confunda éste con cualquiera de los otros indicados en las figuras 1-11(b) y (c). Las figuras 1-12(b) y (c) representan las proyecciones horizontales y verticales de estos objetos tomados para comparación.

1.5. Afinidad entre las proyecciones

Hemos considerado el aspecto general de los dibujos de proyecciones múltiples y a continuación determinaremos las tres condiciones siguientes que nos definirán cómo se han de utilizar estos dibujos a través de este texto:

1. Siempre que dos proyecciones estén colocadas una junto a otra, bien lateralmente o una sobre otra, alineadas con la dimensión común, se designarán como **PROYECCIONES ADYACENTES**.

2. Las líneas paralelas que unen y alinean las proyecciones adyacentes, se llamarán **PARALELAS** (véase figura 1-10).

3. Todas las proyecciones de una misma vista, que no estén juntas, serán designadas como **PROYECCIONES ANEXAS**.

En la figura 1-8 las proyecciones horizontal y vertical, por un lado, y la vertical y lateral, por otra parte, son proyecciones adyacentes; pero las horizontal y lateral son anexas. En la figura 1-9 son proyecciones o planos adyacentes la planta y el alzado, así como esta planta y el plano transversal; en cambio, el alzado y el corte transversal son planos anexos. En la figura 1-10, todas las figuras que no estén juntas serán anexas; hay, entre sí, cinco figuras adyacentes y diez anexas.

El empleo de paralelas debe observarse en la figura 1-10 que se repite en otra página del texto. El dibujante, para ayudarse con la alineación de las diversas proyecciones adyacentes, emplea estas paralelas de trazo muy fino. Unas cuantas de estas líneas se conservan frecuentemente en los dibujos acabados, como especie de guía para el ojo del lector en la comparación de los planos. Las paralelas, para cada proyección, pueden también ser consideradas como representación de la dirección de la línea o rayo visual.

Aplicando las tres observaciones mencionadas, podemos ya establecer las siguientes *tres reglas básicas*, que controlan las relaciones de todas las proyecciones de un objeto dado.

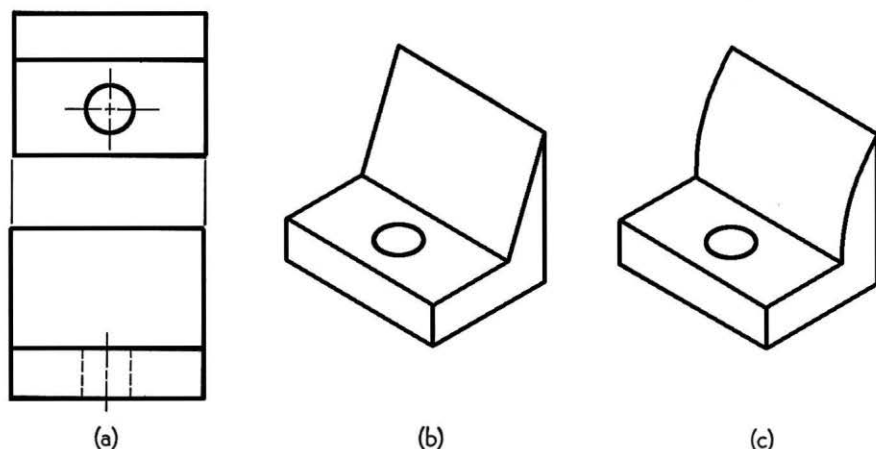


Fig. 1-11. Ambigüedad posible con solo dos proyecciones.

REGLA 1.^a REGLA DE PERPENDICULARIDAD. *Las líneas o rayos visuales para dos cualesquiera proyecciones adyacentes deben ser perpendiculares.*

REGLA 2.^a REGLA DE ALINEACIÓN. *Cualquier punto de un objeto, en una proyección, debe estar alineado por una paralela, con el punto correspondiente directamente opuesto de cualquier proyección adyacente.*

REGLA 3.^a REGLA DE SIMILARIDAD. *En todas las proyecciones anexas la distancia entre dos puntos similares del objeto debe ser la misma, medida en las paralelas.*

La regla 1.^a establece una condición importante y necesaria según ha sido ya demostrado en el artículo 1.3. La coordinación de las proyecciones, establecida en el artículo 1.4, indica que la regla 2.^a establece una condición muy necesaria. Refiriéndonos a la figura 1-10, explicaremos la aplicación de la regla 3.^a para las proyecciones anexas. Consideramos la posición del orificio en las proyecciones horizontales superior e inferior y laterales derecha e izquierda. La horizontal superior indica que el centro del orificio está situado a una distancia x de la superficie frontal del objeto. Puesto que la distancia x está medida en la dirección de las paralelas que unen las proyecciones horizontal y vertical, que son adyacentes, de acuerdo con la regla 3.^a, debe aparecer también la distancia x , similar-

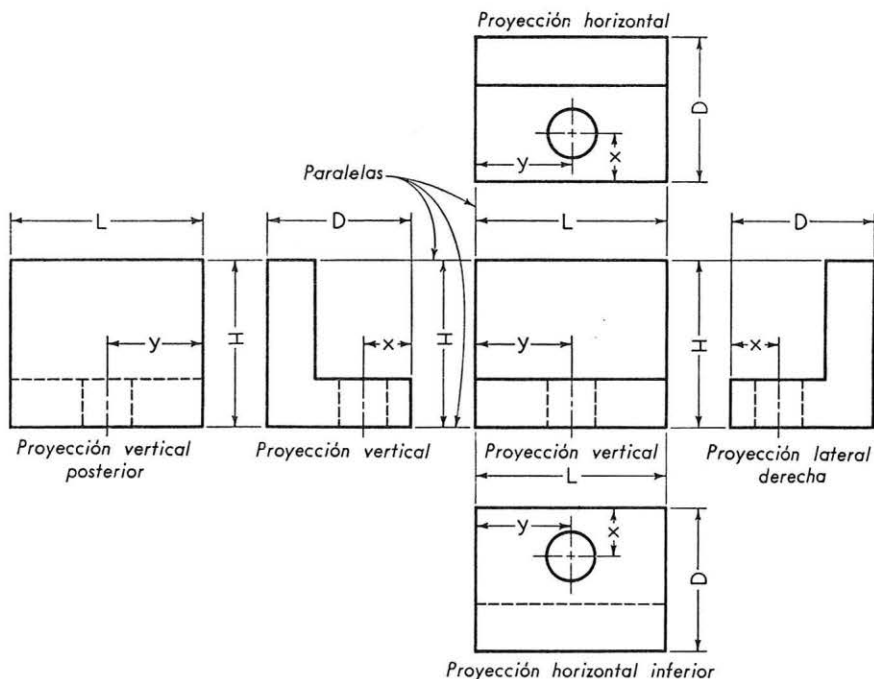


Fig. 1-10. (Repetida) Colocación común americana para las seis proyecciones principales.

mente, en todas las proyecciones anexas con la horizontal superior. La comparación de las cuatro proyecciones anexas a esa horizontal, y adyacentes con ella, prueban que ello es cierto. Debe observarse que las distancias, tales como la x , debe siempre ser medida en dirección de las paralelas.

La distancia y , indicada en la proyección superior de la figura 1-10, debe evidentemente concordar con la distancia y de las proyecciones vertical e inferior por alineación de estas vistas (regla 2.^a).

Asimismo, la distancia y , que aparece en la proyección vertical, tiene también que figurar similarmente en la proyección posterior, por ser ambas proyecciones anexas (regla 3.^a).

La figura 1-13 nos indica un error corriente en la construcción de proyecciones anexas. Aquí la proyección lateral derecha ha sido dibujada incorrectamente en una posición invertida. Este error podrá ser evitado si observamos que la superficie *frontal* del objeto debe estar siempre *hacia el frente* en cada proyección anexa.

1-6. Proyecciones principales de una línea recta

A fin de interpretar o leer un dibujo de múltiples proyecciones, es necesario analizar y comparar éstas, estudiando al objeto no sólo como un elemento global, sino que también determinando las líneas y superficies que lo componen. Ya que todos los cuerpos están limitados por superficies, y todas las superficies por líneas, empecemos por considerar las proyecciones principales de una sencilla línea recta, y más tarde, las proyecciones principales de una elemental superficie plana.

La posición de una línea recta en el espacio, se puede describir representándola en cada una de las proyecciones principales; y su longitud se puede indicar designando los dos puntos de sus extremidades. En la figura 1-14 se representan las *siete* posiciones típicas de la línea AB . Las letras mayúsculas A y B se refieren a la línea real en el *espacio*; las letras minúsculas a y b se emplean para designar los mismos puntos tal como aparecen en cada una de las *proyecciones*. Y para mayor claridad, además, la proyección horizontal del punto A se la designa por a_T la vertical por a_F y la lateral derecha por a_R .

Las situaciones diferentes de la línea AB , en la figura 1-14, han sido clasificadas como vertical, horizontal e inclinada. La línea vertical es única por su definición, pues la palabra «vertical» tiene solamente un significado: «perpendicular a la superficie de la tierra». Puesto que el extremo superior de una línea vertical está encima exactamente del extremo inferior, esta línea aparecerá en la proyección horizontal como un circulito o punto. Tenemos que referirnos a la proyección vertical o lateral para ver que, en este caso, A es el extremo superior de la línea.

Una línea horizontal tiene todos sus puntos a la misma altura o elevación. En la figura 1-14 (2), (3) y (4) una fina línea de trazos se ha dibujado horizontalmente a través de las proyecciones vertical y lateral, para indicar que los puntos a_F y b_F , y los a_R y b_R están al mismo nivel o altura, en estas vistas. De ese modo una línea puede quedar identificada como horizontal por esta característica aunque la línea pueda aparecer en la proyección horizontal en una variedad de posiciones. Las posiciones indicadas en (2) y en (3) son especiales, originando que aparezca como un punto en la proyección vertical (2) y en la lateral (3). La posición manifestada en (4) es la de una línea que, aunque horizontal, forma un ángulo α con la superficie vertical manifestado en la proyección horizontal.

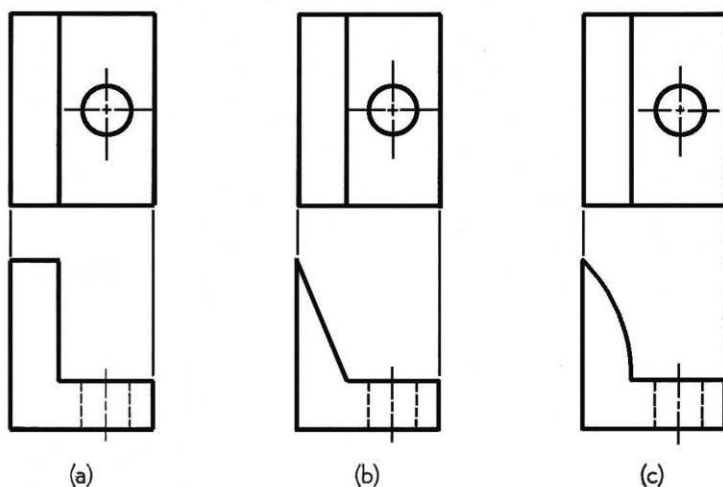


Fig. 1.12. Elección de proyecciones para evitar la ambigüedad.

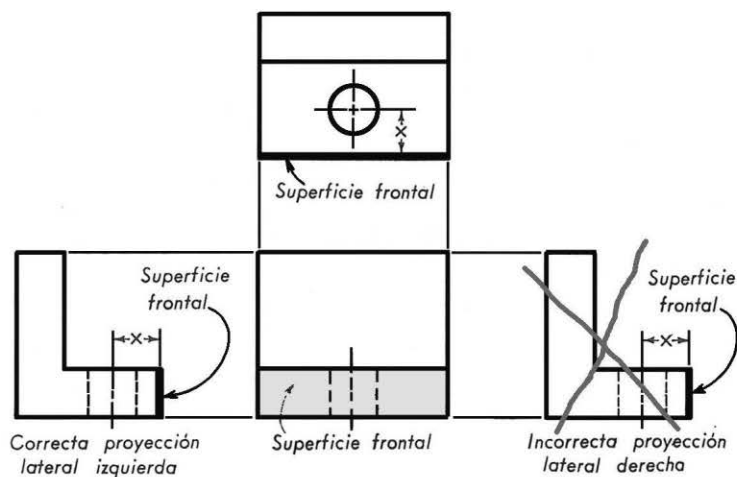


Fig. 1.13. Colocaciones correcta e incorrecta de proyecciones anexas.

Una línea inclinada tiene un extremo más alto que el otro. De nuevo se ha dibujado, horizontalmente, una delgada línea de trazos a través de las proyecciones verticales y laterales de cada una de las tres líneas inclinadas que se ven en la figura 1-14 para hacer notar que, en todos los casos, el punto a_F es más alto que el punto b_F y que el punto a_R es también más elevado que el b_R . Así las líneas que están inclinadas pueden reconocerse, como tales, solamente en los planos verticales o laterales, y en la proyección horizontal esta línea inclinada puede figurar en varias situaciones. Las posiciones (5) y (6) son especiales, pero la de la línea inclinada que se muestra en (7) es el caso más corriente, cuando forma los ángulos α con el plano vertical y β con el plano horizontal; todo de acuerdo con las reglas dadas en el artículo 1-5.

Debería advertirse que las proyecciones horizontal, vertical y lateral de cada una de las siete líneas dibujadas en la figura 1-14, han sido realizadas según las reglas dadas en el artículo 1-5. El punto a_F está siempre inmediatamente debajo de a_T y directamente alineado con el adyacente a_R (regla 2.^a de alineación). La

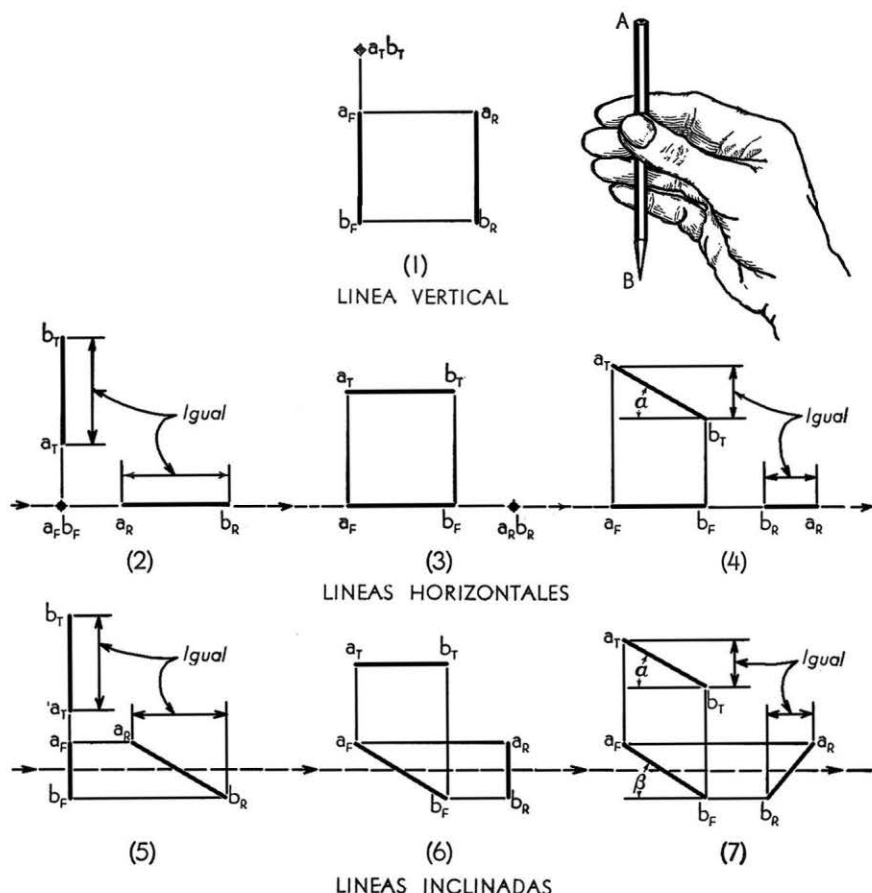


Fig. 1-14. Las siete posiciones típicas de una línea

distancia desde a_T a b_T de la proyección horizontal, medida entre las paralelas, es siempre igual a la distancia entre los puntos similares a_R y b_R del plano lateral, medida también entre las paralelas. (Regla 3.^a de similaridad). Estas distancias iguales han sido indicadas en la figura 1-14.

1-7. Proyecciones principales de una superficie plana

Con objeto de estudiar las posiciones variables que una superficie plana pudiera tomar, imaginemos una lámina cuadrada de cartón como una superficie plana. Los ángulos del cuadrado los podemos designar por A , B , C y D . Si se sostiene el plano en una posición horizontal, las proyecciones principales aparecen entonces como en la figura 1-15(1). Ya que todos los puntos de un plano horizontal están a la misma altura, las proyecciones vertical y lateral de este plano se representarán como líneas horizontales.

En otras palabras, el plano figura en cada una de estas dos vistas como una *línea*. La proyección horizontal representa el plano en su forma y tamaño verdaderos. El plano horizontal, en la planta es como únicamente aparece en su verdadero tamaño, y en las otras dos proyecciones como la línea referida.

Si el plano se sostiene en una posición vertical entonces la vista en planta será siempre como una línea o borde, ya que el filo superior de ese plano se proyecta exactamente sobre el inferior. Si este plano vertical es perpendicular al plano vertical frontal, entonces además de la proyección horizontal será la vertical la que también lo represente como una línea y en la proyección lateral es donde aparecerá ese plano vertical en su verdadero tamaño, como puede verse en la figura 1-15(2). Si se sostiene el plano vertical paralelamente al plano vertical frontal, entonces esta proyección lo muestra en su real magnitud y la proyección transversal será una línea, como se ve en la figura 1-15(3). Si este referido plano vertical forma un ángulo α con el plano frontal, entonces, en las proyecciones vertical y lateral, no aparecerán ni como una línea ni como un cuadrado en su verdadero tamaño, sino como los rectángulos de la figura 1-15(4). Es decir un plano vertical puede mostrarse en muchas posiciones, pero siempre queda identificado cuando en la vista en planta se revela como una línea.

Planos inclinados son aquellos que no son ni horizontales ni verticales. Por lo tanto un plano inclinado no puede aparecer en la proyección horizontal ni en su verdadero tamaño ni tampoco como una línea. El examen de las proyecciones horizontales de los tres planos inclinados de la figura 1-15, explica que en ningún caso aparece el plano como un cuadrado, que es su verdadera forma. Un plano inclinado puede también figurar como una línea en la proyección vertical o lateral, véanse las posiciones (5) y (6); también el plano puede tener tal inclinación que no se muestre como una línea en ninguna de las proyecciones, como en la posición (7). Este último caso es la disposición más general que un plano inclinado puede tomar. En resumen, un plano inclinado puede aparecer como una línea en las proyecciones vertical o lateral, pero nunca aparecerá en su verdadera magnitud en ninguna de las proyecciones principales.

En el caso reseñado, suponiendo que la superficie del plano indicado en la figura 1-15 sea una lámina cuadrada de cartón, se han indicado siete posiciones, comprendiendo un total de 21 proyecciones, que nos hacen notar que la superficie plana cuadrada siempre se expone o como una *línea* o como un *cuadrilátero*. Cuando en cualquier vista, figuraba como un cuadrilátero, dicha

figura era un cuadrado, un rectángulo, o un paralelogramo; pero evidentemente, no aparecía nunca como un triángulo u otra figura de tres lados. Estas observaciones pueden ser evidentes por sí mismas, pero han constituido el fundamento para la siguiente regla, de gran utilidad:

REGLA 4.^a. REGLA DE LA CONFIGURACIÓN. *Cada superficie plana, cualquiera que sea su forma, aparecerá siempre o como una recta o como una figura de configuración similar.*

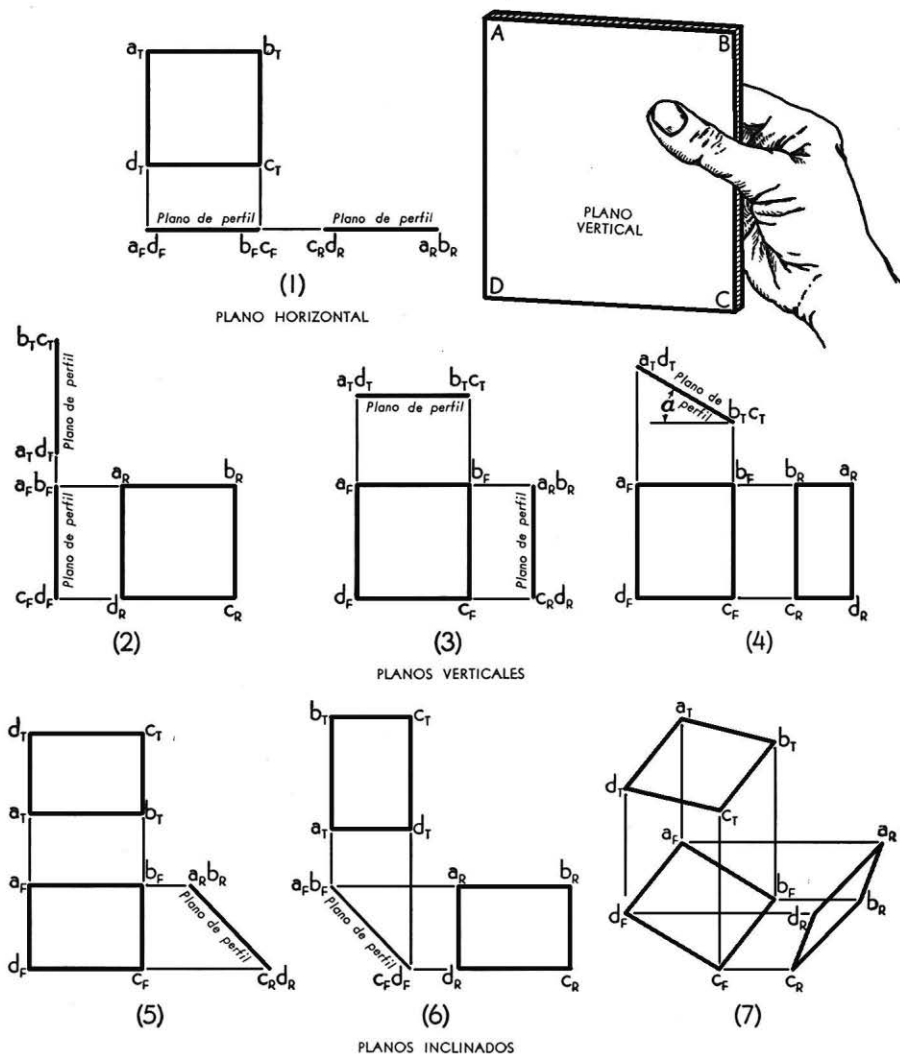


Fig. 1-15. Las siete posiciones típicas de una superficie plana.

La figura 1-16 gráficamente nos demuestra el principio reseñado, mostrándonos cinco diferentes figuras planas que se representan en sus proyecciones principales. La figura 1-16(1) nos presenta una superficie inclinada triangular, que en la proyección vertical aparece como una recta; tiene una posición similar a la figura 1-15(6). En la proyección horizontal el triángulo difiere en tamaño y forma del que se descubre en la proyección lateral, pero ambos son triángulos; es decir que estas proyecciones son de *similar configuración*. La superficie en forma de L, de la figura 1-16(2) se representa, en las proyecciones horizontal y vertical, con diferente tamaño y forma, pero conservando las características de su contorno o perfil. La figura plana correspondiente a la figura 1-16(3) no aparece como una recta en ninguno de sus planos, y aunque en cada proyección varíen los ángulos, existe una configuración similar en las tres principales proyecciones. Un círculo, situado en un plano vertical, figura de canto en la proyección horizontal de la figura 1-16(4). En las proyecciones vertical y lateral ese círculo se representa como una elipse. Si el lector ha comprendido ya la práctica de este principio, no tendrá ninguna dificultad en señalar la proyección que es incorrecta de la figura 1-16(5).

1-8. Lectura de los dibujos de múltiples proyecciones

Los dibujos de múltiples planos vienen a ser una especie de lenguaje escrito del ingeniero. Ahora es necesario leerlo; y si hacemos caso del parecer de la mayoría de ingenieros y profesores, es más difícil la lectura, que la escritura. Si se da un diseño gráfico, parecido a los indicados en las figuras 1-3; 1-4 o 1-5, el estudiante medio encuentra poca dificultad en hacer los dibujos de las tres proyecciones, tal como se ve en las figuras 1-8, o 1-9. Pero cuando falta el dibujo del objeto y solamente tenemos los de las proyecciones, enton-

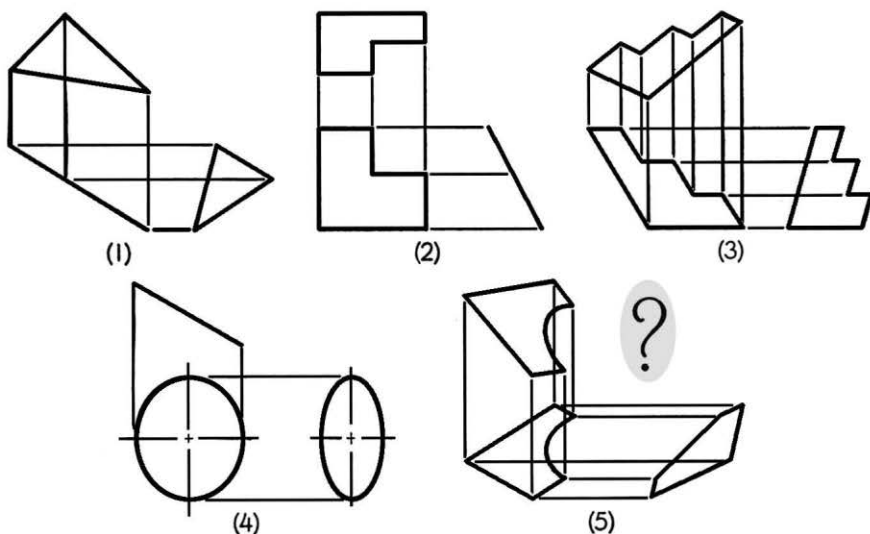


Fig. 1-16. Configuración semejante de varias superficies planas.