

VENTANAS

Por ENRIQUE LANTERO y
DAMIAN GALMES, Arquitectos

Generalidades.—La definición tradicional de ventana es: Abertura de tamaño y forma variable practicada en un muro para permitir vistas y paso a la luz y al aire.

La ventana es, efectivamente, una abertura en el muro, aunque bien podría invertirse la idea y decir que el muro es un sistema de trincheras que rodea la ventana. Los muros son zanjias abiertas en el espacio. Y la ventana es, desde luego, mucho más que una abertura. Es la expresión del edificio, sus ojos. El carácter de la ventana es, en parte, independiente de cuanto la rodea y en parte también queda definido por lo que la rodea. Especialmente por lo que hay detrás de ella.

Con esto los ojos de la fachada son dobles, funcionan lo mismo hacia adentro que hacia afuera.

Este concepto clásico de la ventana como abertura en el muro queda superado con las tendencias de la arquitectura moderna. Presupone la existencia de un muro en el que se practican aberturas, un muro macizo, estructural, cuya continuidad se rompe. Hoy este tipo de construcción tiende a desaparecer; la parte resistente del edificio es la estructura metálica o de hormigón. Las ventanas son parte del cerramiento no estructural y no rompen su continuidad porque quedan integradas en este cascarón no estructural de cerramiento. Según este concepto, puede definirse la ventana así: zona del cascarón de cerramiento que permite las vistas y el paso de la luz y el aire.

Así como en la definición clásica las palabras «abertura en el muro» llevan implícita la idea de una dificultad técnica con la consiguiente limitación del tamaño del hueco, en la segunda la frase «zonas del cascarón de cerramiento» no impone más limitación que las que se fijan por razones ajenas a la estabilidad del edificio.

Lo que sí es común a las dos definiciones es el servicio que debe prestar la ventana: permitir las vistas al exterior y el paso de la luz y el aire.

Estas tres funciones a servir son las que nos determinarán las características, forma y tamaño de la ventana en cada caso, según la importancia relativa que se adjudique a cada función.

Empezaremos estudiando el paso de la luz.

Luz natural.—La luz natural tiene su origen en el sol. La luz del sol es la luz blanca cuyo espectro tiene una distribución característica de longitudes de onda de 0,4 a 0,76 u. El ojo humano está perfectamente adaptado a esta distribución, y su curva de sensibilidad se ciñe casi exactamente a la de distribución de longitudes de onda de la luz blanca. Esto hace que sea la iluminación natural la que mejor se preste a la fisiología humana y con la que se consigue menos fatiga y mayor rendimiento.

A los efectos de la iluminación natural, debe considerarse como fuente de luz no sólo la producida por el sol como punto brillante, sino también la luz difusa que nos llega reflejada por la bóveda celeste y la luz reflejada en el suelo y cualquier otro paramento reflector.

La luz recibida directamente del sol puede ser excesiva en su intensidad o portadora de calor, y, en general, debe recurrirse a una serie de artificios para matizarla, y, en unos casos, evitar y, en otros, favorecer el calor de sus radiaciones.

La luz difusa que proporciona la bóveda celeste puede llegar a tener valores superiores a los de la luz directa y es mucho más uniforme que ésta, puesto que la superficie de iluminación es más grande y, por tanto, puede alcanzarse el mismo nivel en lux con menor contraste.

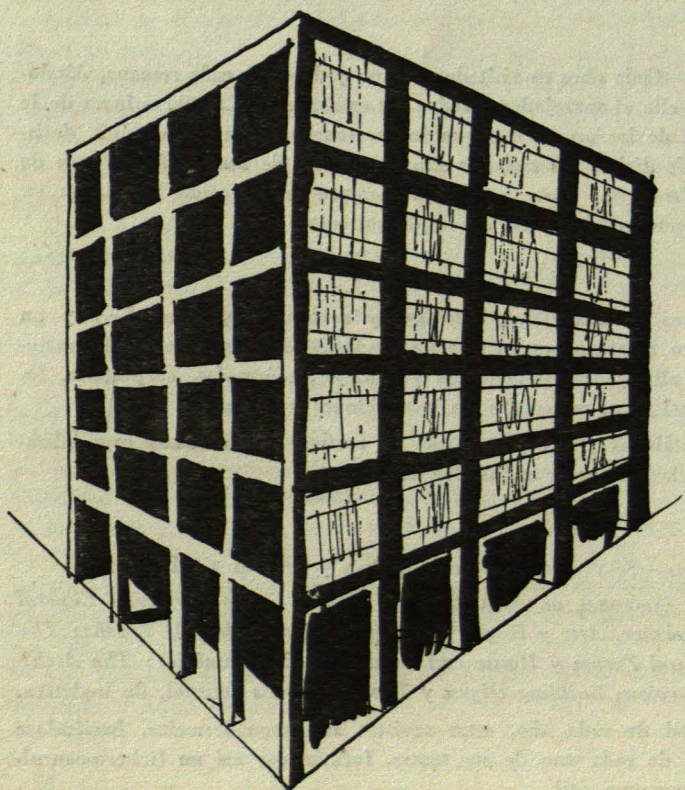
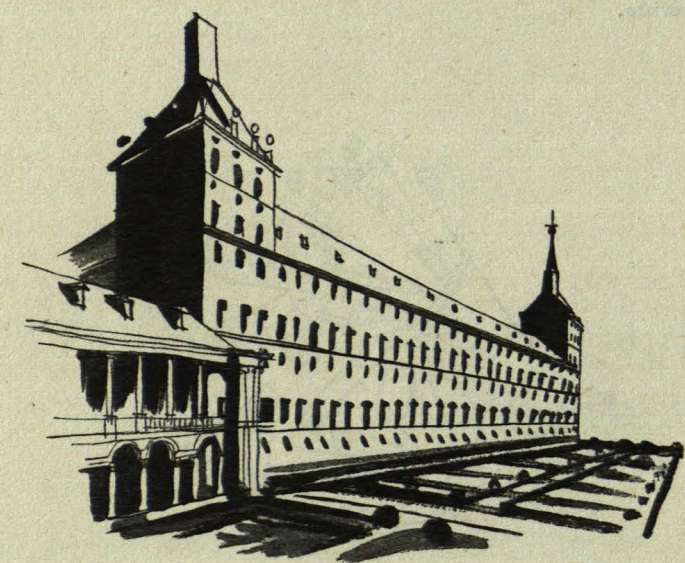
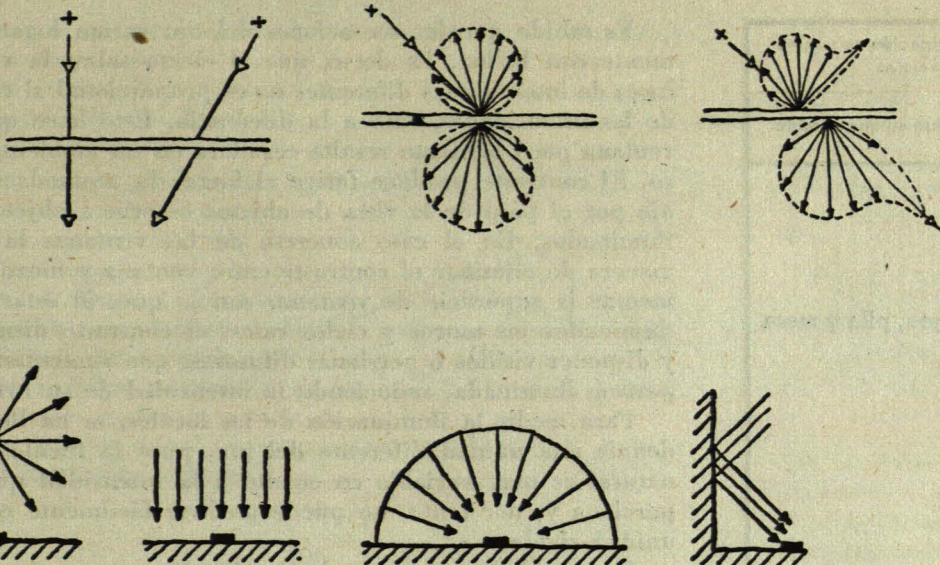


Figura 1.—Hueco en el muro o zona transparente del cascarón de cerramiento.



Efectos de transparencia, refracción, difusión y difusión reflexión.

Figura 2.—Luz polarizada directa del sol, luz difusa de la bóveda celeste y luz reflejada en el suelo o cualquier otra superficie.

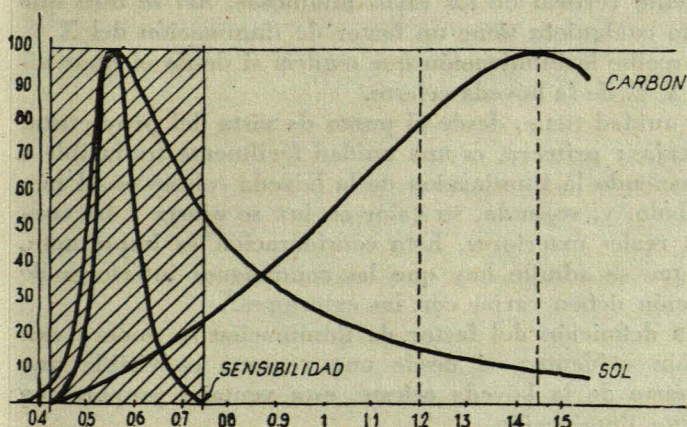


Figura 3.—Gráfico en el que se muestra la curva de sensibilidad del ojo humano y las curvas de composición de las luces solar y de carbón. Se aprecia la magnífica adaptación de la sensibilidad del ojo a la luz solar.



Figura 4.—Efecto de contraste entre la ventana y las paredes mal iluminadas. Iluminación deficiente, deslumbramiento y fatiga para el ojo.

La luz reflejada tanto en el suelo como en superficies reflectoras próximas al objeto iluminado es función de las otras dos y también depende de los factores de reflexión de los elementos reflectores.

La luz natural es una necesidad, no sólo en cuanto a la iluminación, sino también por sus efectos fisiológicos y psicológicos. En nuestros días, en que la calefacción y refrigeración están perfectamente resueltas, ya no es problema la construcción de grandes ventanales para admitir sol en cantidad, cualquiera que sea el clima y la latitud.

Los cristales normales dejan pasar las radiaciones ultravioleta de longitudes de onda de 0,25 a 0,28 micras que son perjudiciales a la salud. Sin embargo, impiden el paso de las radiaciones de 0,28 a 0,31, que son las saludables, y que por ello han recibido el nombre de radiaciones vitales. Esto quiere decir que el soleamiento directo a través de cristales normales

es prácticamente inefectivo. La técnica moderna ha desarrollado tipos especiales de cristal, como el vitaglass, que permite el paso de las radiaciones vitales, pero con un coste prohibitivo. En los Estados Unidos el avance de la técnica ha permitido la construcción a precios asequibles de lámparas de rayos ultravioleta para uso casero.

Pero estas soluciones no son más que remedios para corregir defectos de proyecto. Admitida la acción benéfica, tanto psicológica como fisiológica, de las radiaciones directas del sol, el proyectista debe tender para todos los medios a proporcionar una cantidad de sol directo natural sin recurrir a fuentes artificiales.

A lo expuesto sobre el efecto benéfico de la luz natural debe añadirse que las radiaciones directas del sol comprenden los rayos infrarrojos portadores de calor y que este tipo de luz tiene un alto poder germicida.

Iluminación.—Un interior bien iluminado debe tener luz uniformemente distribuida con nivel suficiente de intensidad para el tipo de actividades que en ese interior se lleven a cabo y sin fuertes contrastes entre las superficies iluminadas para evitar el deslumbramiento.

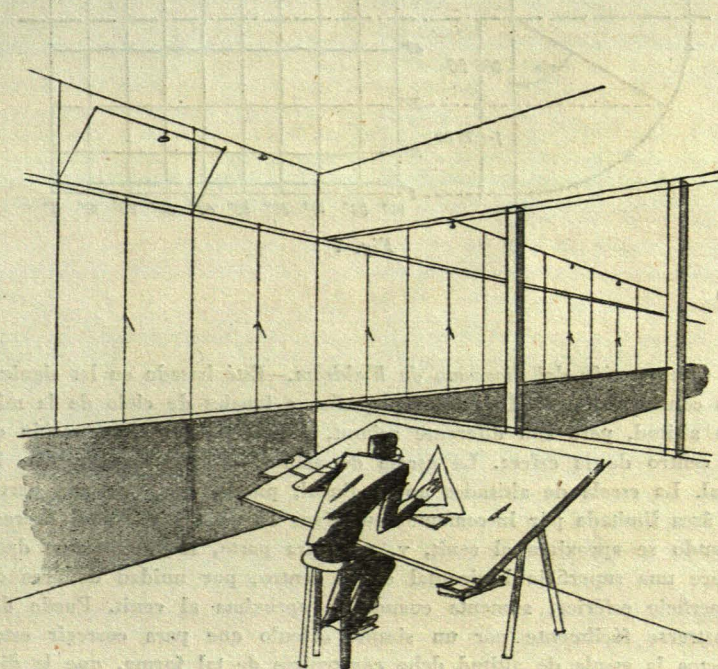


Figura 5.—Iluminación sin contraste. Ventanas amplias que iluminan perfectamente paredes laterales y cielo raso, utilizando estos elementos como reflectores. Iluminación uniforme y profunda.

HABITACION	Factor de iluminación general o/o	Factor de iluminación en puntos especiales	
		F. I. o/o	Punto en que se mide
<u>VIVIENDAS</u>			
Cocina		2	Fogón, pila y mesa
Estar	1		
Dormitorio	0,5		
<u>COLEGIOS</u>			
Aulas		5	Cada pupitre y punto de trabajo
Cocinas		2	Fogón, pila y mesa
Gimnasios	2		
Vestíbulos			
Comedores	1		
Salas de profesores			
Roperos			
Pasillos	0,5		

Fig. 6.—Tabla de factores de iluminación.

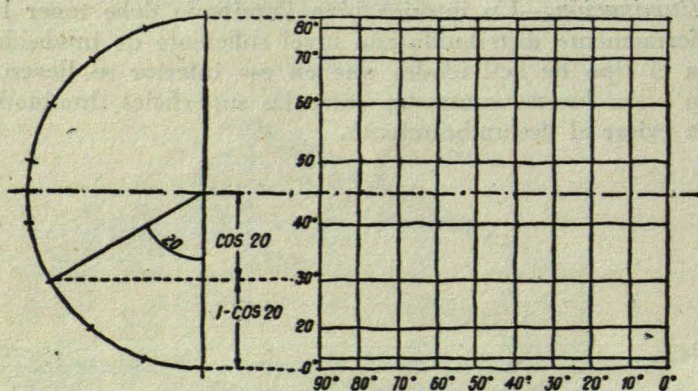


Fig. 7

Construcción del diagrama de Waldram.—Está basado en las siguientes consideraciones: Dos áreas pequeñas e iguales de cielo de la misma altitud, pero con diferente acimut, producen igual iluminación en el centro de la esfera. La escala de acimut es, por consiguiente, lineal. La escala de altitudes no es lineal, puesto que, por una parte, el área limitada por incrementos sucesivos de acimut y altitud decrece cuando se aproxima al cenit, y, por otra parte, la iluminación dada sobre una superficie horizontal en el centro, por unidad de área de superficie esférica, aumenta cuando se aproxima al cenit. Puede demostrarse fácilmente por un simple cálculo que para corregir estos efectos la escala de altitud debe construirse de tal forma, que la distancia desde la base del diagrama correspondiente al ángulo de elevación (θ) sea proporcional a $(1 - \cos 2\theta)$.

La escala de θ puede construirse por esta fórmula, o bien por la siguiente construcción geométrica (fig. 7).

Es sabido que las sensaciones del ojo varían logarítmicamente con la luz. Es decir, que el efecto sobre la vista de luces de intensidades diferentes no es proporcional al cociente de las intensidades, sino a la diferencia. Esto hace que una ventana poco brillante resulte cegadora en un ambiente oscuro. El contraste produce fatiga al forzar la acomodación del ojo por el paso de la vista de objetos oscuros a objetos muy iluminados. En el caso concreto de las ventanas la mejor manera de eliminar el contraste entre ventana y muro es aumentar la superficie de ventana, con lo que, al estar mejor iluminados los muros y cielos rasos, el contraste disminuye, y disponer visillos o persianas difusoras, que aumentan la superficie iluminada, reduciendo la intensidad de su brillo.

Para medir la iluminación de los locales, se ha llegado a definir una unidad diferente del lux, pues la fuente de luz natural es muy variable en cuanto a la intensidad que proporciona y, por tanto, no puede medirse fácilmente con una unidad rígida.

Esta unidad es el factor de iluminación que no tiene valor fijo en lux, sino que es proporcional a la iluminación exterior. Para definir esta unidad, se considera a la bóveda celeste como fuente luminosa de intensidad uniforme, prescindiendo del hecho de que es más brillante en el cenit que en el horizonte. El factor se establece en tanto por ciento, considerando la componente vertical de los rayos luminosos. Así se dice que un punto cualquiera tiene un factor de iluminación del X % cuando recibe la iluminación que tendría si desde él fuese visible el X % de la bóveda celeste.

Esta unidad tiene, desde el punto de vista del proyectista, dos ventajas: primera, es una unidad fácilmente traducible a lux conociendo la iluminación de la bóveda celeste en el momento dado, y, segunda, su valor en lux se ajusta a las condiciones reales exteriores. Esta consideración es importante, puesto que se admite hoy que las condiciones interiores de iluminación deben variar con las exteriores.

De la definición del factor de iluminación se deduce una conclusión evidente: si desde una ventana es visible una buena parte de la bóveda celeste, esta ventana proporciona una buena iluminación.

En la adjunta tabla se fijan los valores del factor de iluminación para algunos casos. Estos factores son los establecidos por las investigaciones inglesas llevadas a cabo en el Building Research Station, pero ello no quiere decir que sean demasiado elevados para nosotros, pues si bien la bóveda celeste en Inglaterra será, por término medio, menos luminosa que la nuestra, también hay que tener en cuenta el hecho de que para un exterior más luminoso debe serlo también el interior. Por lo tanto, pueden aceptarse estos valores del factor de iluminación como buenos para su aplicación en nuestro país.

Habiendo tomado la longitud total de la escala de elevación (por ejemplo, 10 centímetros), dibujamos una recta de esta longitud, y se describe un semicírculo sobre ella. Se divide el semicírculo en arcos iguales, correspondiendo cada uno al doble de la menor diferencia de ángulo que se desea reproducir en la escala (en el diagrama representado esta diferencia es 10° ; el semicírculo se dividirá, por tanto, en nueve arcos de 20° cada uno). Desde cada uno de estos puntos de división se traza una perpendicular al diámetro. Los pies de estas perpendiculares producirán la escala de θ .

Cálculo del factor de iluminación natural mediante el diagrama de Waldram (fig. 8).—Los bordes de la ventana se trazan en el diagrama como sigue: supongamos que P es un punto del borde de la ventana, y O, el punto en que se quiere determinar el factor de iluminación; sea OM la perpendicular al muro de la ventana, y OMN, el plano horizontal que pasa por O. Entonces, si todos los puntos del contorno

de la ventana se marcan sobre el diagrama, tomando los ángulos de acimut como abscisas y los ángulos de altitud θ como ordenadas, el factor de iluminación es la relación del área de la ventana así trazada al doble del área total de este diagrama.

Si, como ocurre generalmente, la ventana está obstruida, el límite superior de la obstrucción, visto desde el punto interior, puede ser trazado en el diagrama del mismo modo que se traza el dintel de la ventana. Si el área obstruida (sombreada en la figura) suponemos que tiene un valor igual a n veces la brillantez del cielo (siendo n siempre menor que la unidad), entonces el factor iluminación será igual a

$$\frac{nA_1 + A_2}{2A}$$

siendo A_1 , A_2 y A , respectivamente, las áreas de la parte obstruida, de la no obstruida y de la total del diagrama (fig. 9).

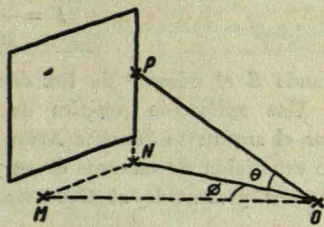


Fig. 8

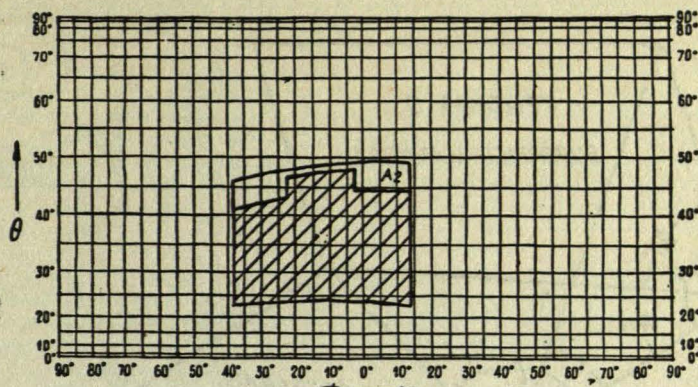


Fig. 9

Fig. 10. Waldram simplificado gráficamente por Maclaw-Turner-Szymanski en un folleto publicado por la Universidad de Michigan (*A Rapid Method for Predicting the Distribution of Daylight in Buildings*), que permite la determinación rápida de la iluminación en lux de cualquier punto de una habitación, con una o varias ventanas.

El punto cuya iluminación quiere determinarse tiene que estar situado en la normal a la intersección del plano de trabajo con el plano

de la ventana desde uno de los vértices de ésta, y en el caso en que no se cumpla esta condición, hay que considerar la ventana como suma o diferencia de otras dos o más.

El procedimiento se llama del «transportador», porque son suficientes dos gráficas, que luego indicaremos, y el uso de un transportador, para determinar la iluminación en lux sobre un punto cualquiera.

No vamos a detallar la demostración de este método, sino simplemente exponer el modo de aplicarlo:

Supongamos (fig. 11) que se quiere determinar la iluminación sobre el punto P del plano de trabajo; con ayuda de un transportador se mide el valor de los ángulos γ y β , para determinar por medio del ábaco (fig. 10) el parámetro B; éste se obtiene simplemente uniendo con una reglilla el valor del ángulo γ , llevado sobre la línea «a», con el del ángulo β , llevado sobre la «b», y viendo el punto en que corta a la secante. Conocidos γ y B, se determina la iluminación en el punto con el siguiente gráfico (fig. 12), en el que hay una curva para cada valor del parámetro B, y en el eje de las abscisas están los valores de los ángulos γ , viéndose en el de las ordenadas la iluminación correspondiente.

Este gráfico está construido suponiendo el cielo con una brillantez uniforme de cien lux.

Como la brillantez del cielo es muy variable, es preferible sustituir los valores de iluminación en lux por valores en «factor iluminación».

Los valores «factor iluminación» son, como dijimos antes, relaciones entre la iluminación que tiene el punto considerado y la que tendría si estuviese iluminado por un hemisferio completo de cielo, sin obstrucción de ninguna clase.

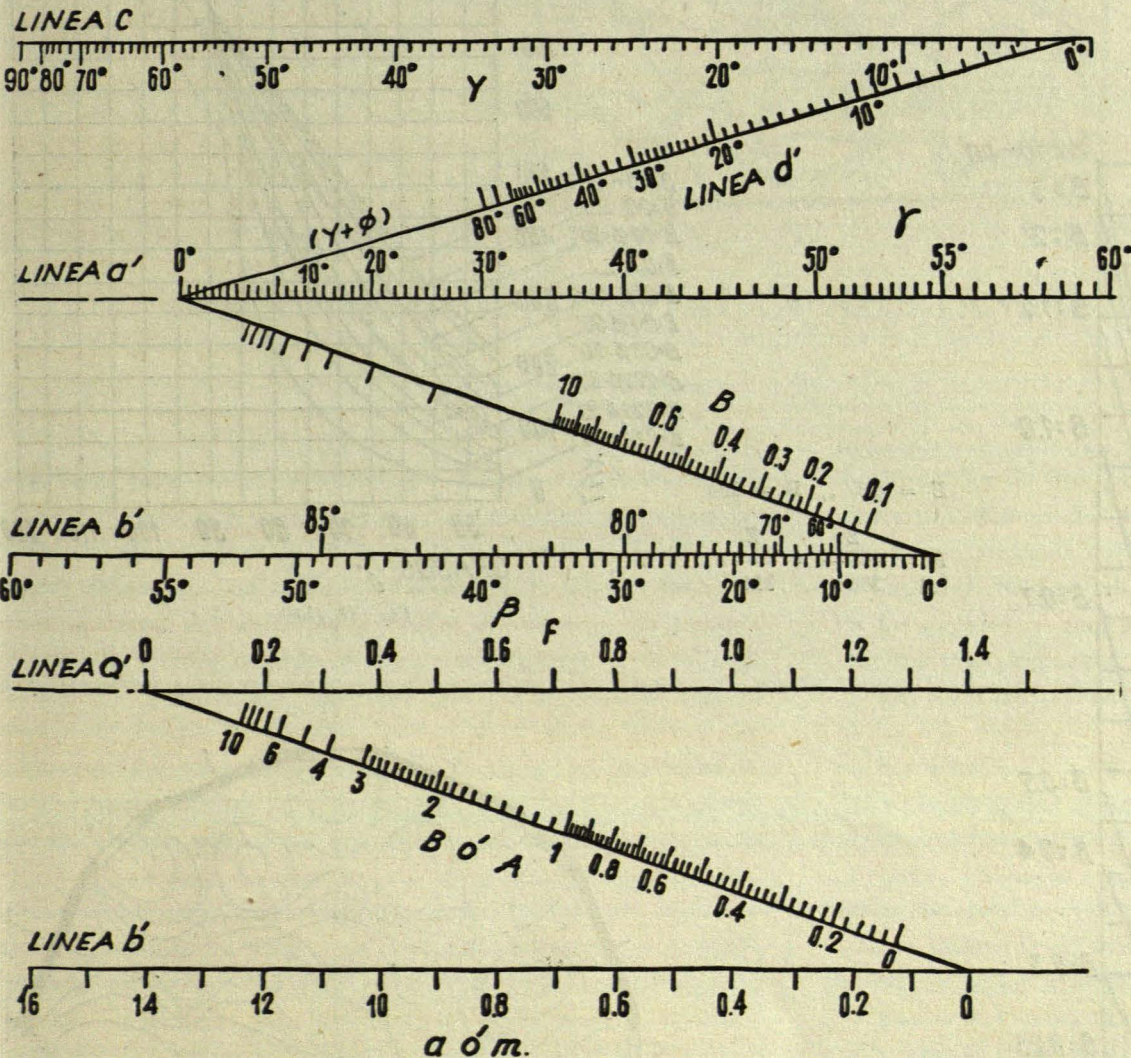


Fig. 10

Sirve este nomograma para determinar los valores de $B = \frac{m}{f}$ correspondientes a cualquier combinación de valores de γ , β , φ , sin necesidad de conocer m y f .

Para $\beta \geq 60^\circ$, $\gamma < 60^\circ$, se utiliza la escala superior en a y b y se multiplican los valores de B por 10.

Para $\beta < 60^\circ$, $\gamma \geq 60^\circ$, se utiliza la escala inferior en a y b y se dividen los valores de B por 10.

Para $\beta \geq 60^\circ$, $\gamma \geq 60^\circ$, los valores de B no cambian.

Para $\varphi \pm 90^\circ$, $\varphi > 90^\circ$, se utiliza $(180^\circ - \gamma)$.

Para $\varphi \pm 90^\circ$, $(\gamma + \varphi) > 90^\circ$, se utiliza $[180^\circ - (\gamma + \varphi)]$.

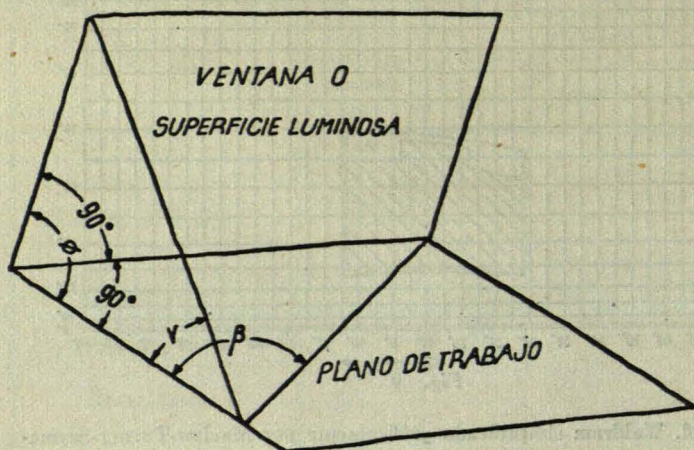


Fig. 11

Puesto que la iluminación E (en lux) de un punto iluminado por un hemisferio completo de cielo de brillantez uniforme B , viene dada por la fórmula $E = \pi B$, el factor iluminación F será

$$F = \frac{E}{100 \pi} = \frac{E}{314}$$

siendo E el número de lux deducido de los gráficos.

Una aplicación práctica de este procedimiento ha sido realizada por el arquitecto Sánchez Arcas en el estudio de iluminación de la sala de exposición de carrozas de su proyecto de Museo del Coche y de Arte popular presentado al Concurso Nacional de Arquitectura (fig. 13).

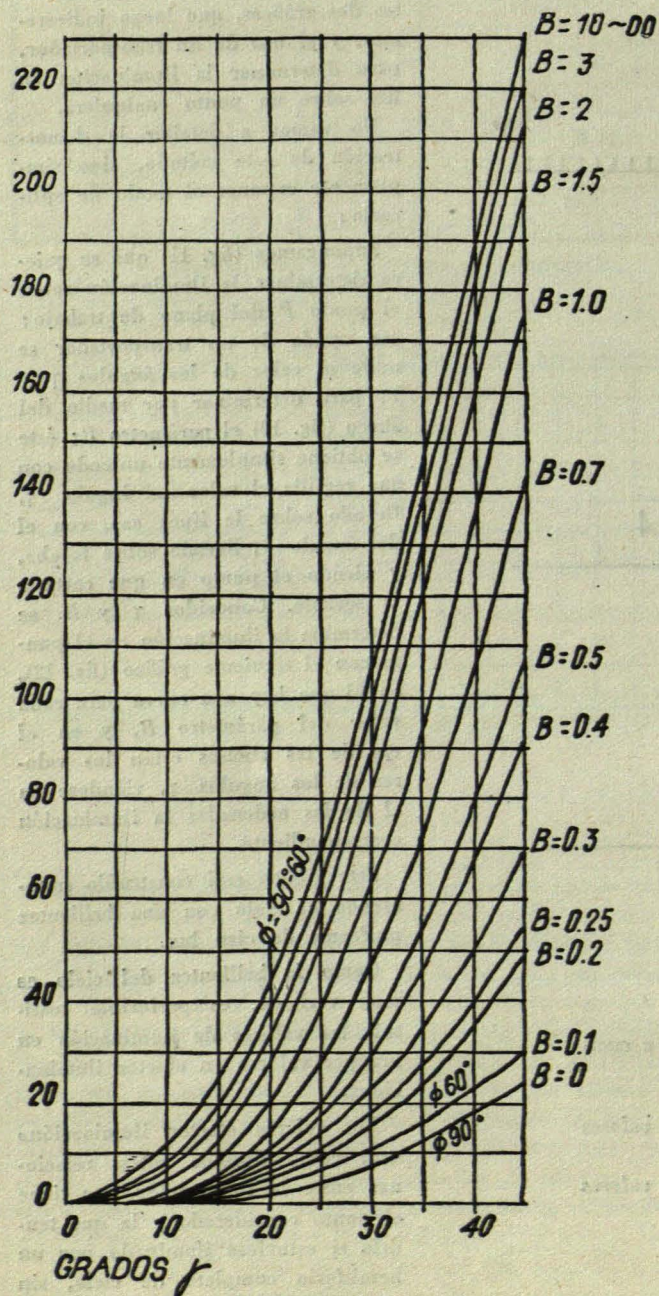


Fig. 12

$$E = \pi B \quad , \quad B = 100$$

$$F = \frac{E}{100 \pi} = \frac{E}{314}$$

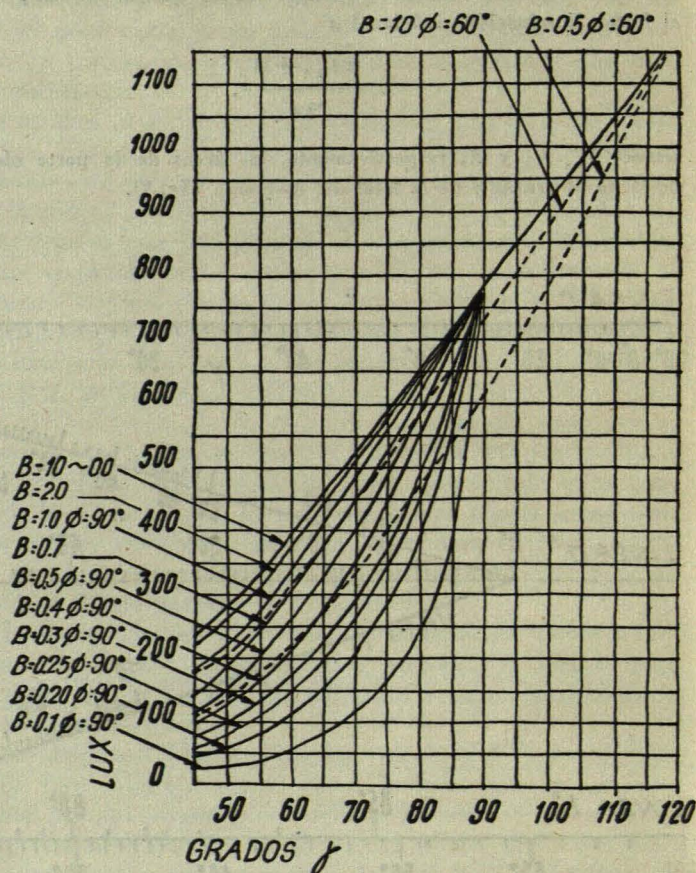


Fig. 12 (bis)

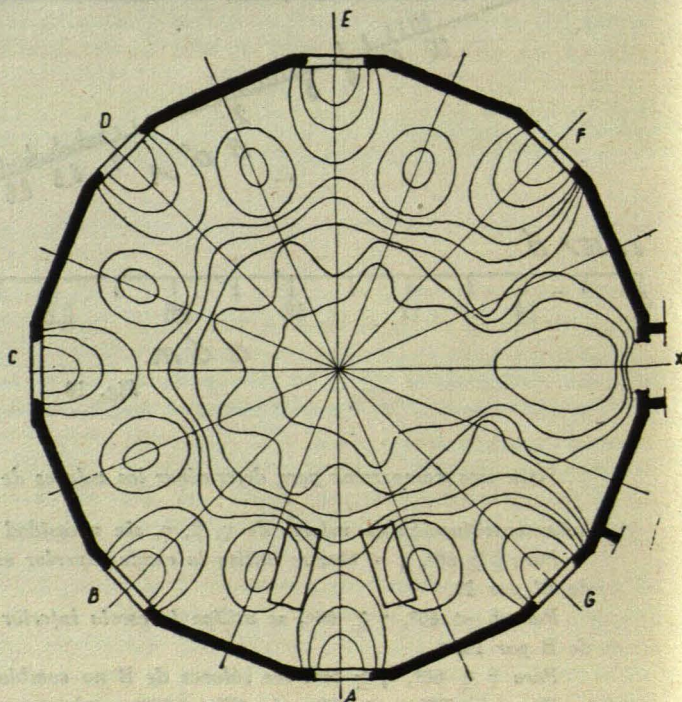


Fig. 13