

# Discusión del valor de la componente horizontal de la iluminación natural a partir de nuevos abacos

JAIME NAVARRO CASAS, DR. ARQUITECTO

La iluminación horizontal (FINZ) ha sido tradicionalmente el indicador más usual de la iluminación natural interior. Aún reconociendo su parcialidad y limitación para describir el campo luminoso, resulta, por su uso generalizado, el factor con que el diseñador se halla más familiarizado. Por ello, un análisis comparativo de la iluminación horizontal producido por distintas ventanas resulta altamente significativo en cuanto dicha componente se erige en representativa de la acción total de la ventana.

Los ábacos, construidos por el autor de estas líneas para el estudio particularizado de la componente Z del vector iluminación,<sup>1</sup> constituyen un valioso instrumento para

llevar a cabo un análisis en esta línea, en algunas de sus facetas y éste es el propósito de las siguientes páginas.

En efecto, los ábacos I y II que se adjuntan tienen una serie de particularidades estructurales que permiten establecer discusiones de tipo elemental de las que se obtienen conclusiones de carácter universal. Dichas particularidades se encuentran explicitadas en el trabajo reseñado y a él hemos de remitirnos en cuanto se refiere a su justificación. Aquí nos centraremos exclusivamente en establecer una discusión de los aspectos más notables que pueden obtenerse de dichos ábacos con independencia de la información particularizada que ofrecen.

## 1. INCIDENCIA LATERAL

La posibilidad de interpretar la semidiferencia punto a punto de dos curvas del ábaco I, como la distribución de iluminación en un eje como el de la figura 1, siendo los valores nominales de dichas curvas  $2\left(\frac{L}{H} + \frac{a}{H}\right)$  y  $2\frac{a}{H}$ , nos permite establecer la siguiente discusión, basada en la disposición relativa de las curvas del ábaco citado y en función de las distintas proporciones de ventana.

1.1. Ventanas horizontales (proporción  $\frac{L}{H} > 1$ )

$$\text{Si } \frac{L}{H} > 1 \rightarrow 2\frac{L}{H} > 2$$

lo que implica que restamos siempre curvas cuya diferencia de valor nominal es siempre mayor que 2.

$$1.1.1. \quad 0 < a < \frac{H}{2} \rightarrow 2\frac{a}{H} < 1$$

$$2\left(\frac{L}{H} + \frac{a}{H}\right) > 2$$

hemos de restar dos curvas, una de las cuales está por encima de la curva de valor nominal 2 y la otra por debajo de la curva 1, lo que implica que FINZ puede alcanzar valores altos, que para distancias X al plano de la ventana menores de H son como mínimo del 4% ó 5% situándose los máximos en las inmediaciones de  $x = \frac{H}{2}$

Para distancias X entre H y 2H los valores de FINZ son todavía considerables, garantizándose mínimos del orden del 1% ó 2%.

Para distancias X superiores a 2H las curvas son tan próximas que su semidiferencia es prácticamente despreciable si entendemos, como así lo hacemos en

todo el trabajo, que podemos considerar así valores FINZ inferiores al 1%.

$$1.1.2. \quad \frac{H}{2} < a < H \rightarrow 1 < 2\frac{a}{H} < 2$$

$$2\left(\frac{L}{H} + \frac{a}{H}\right) > 3$$

hemos de restar dos curvas, una de valor nominal superior a 3 y la otra comprendida entre las curvas 1 y 2. Esta acotación, unida a la similitud de las curvas por encima de 3 implica que a esta distancia del borde lateral de la ventana la iluminación horizontal es ya prácticamente independiente de la proporción de ventana e incluso del área y se encuentra acotada por valores del orden del 3% como máximo, desplazándose dichos máximos a distancias X del orden de H. A distancias superiores a 2H, la iluminación es prácticamente despreciable.

$$1.1.3. \quad a > H \rightarrow 2\frac{a}{H} > 2$$

$$2\left(\frac{L}{H} + \frac{a}{H}\right) > 4$$

la acción no llega a alcanzar valores FINZ del orden del 1%.

1.2. Ventanas verticales (Proporción  $\frac{L}{H} < 1$ )

$$\text{Si } \frac{L}{H} < 1 \rightarrow 2\frac{L}{H} < 2$$

La diferencia de valores nominales de curvas es como máximo 2

$$1.2.1. \quad 0 < a < \frac{H}{2} \rightarrow 2\left(\frac{L}{H} + \frac{a}{H}\right) < 3$$

La curva superior puede moverse como máximo entre las curvas 2 y 3. Para valores de  $a > \frac{H}{4}$  la curva inferior está comprendida entre las curvas 1/2 y 1 con lo que los máximos valores de FINZ son del orden de 4% ó 5% situándose a distancias X de la pared del orden de  $\frac{H}{2}$ . A distancias X del orden de H el FINZ no puede superar al 5% en ningún caso y al 1% a distancias del orden de 2H de la pared. En este intervalo de distancia, FINZ es del orden de 2 ó 3% como máximo para valores de a superiores a  $\frac{H}{4}$ .

$$1.2.2. \quad \frac{H}{2} < a < H \rightarrow 2 > 2\frac{a}{H} > 1$$

$$2\left(\frac{L}{H} + \frac{a}{H}\right) < 4$$

Las curvas son tan próximas que con las condiciones dadas, el máximo valor alcanzable por FINZ en esta región es de 3% desplazándose dicho máximos a distancias X del orden de H. Para  $x > 2H$  el FINZ es inferior al 1%.

$$1.2.3. \quad a > H \rightarrow 2\frac{a}{H} > 2$$

Hemos de restar curvas superiores a la de valor nominal 2. Como quiera que todas las curvas superiores a 2 son prácticamente iguales, su semidiferencia es prácticamente despreciable ya que la máxima semidiferencia no llega a alcanzar el 1% desplazándose dichos valores máximos para distancias x superiores a H.

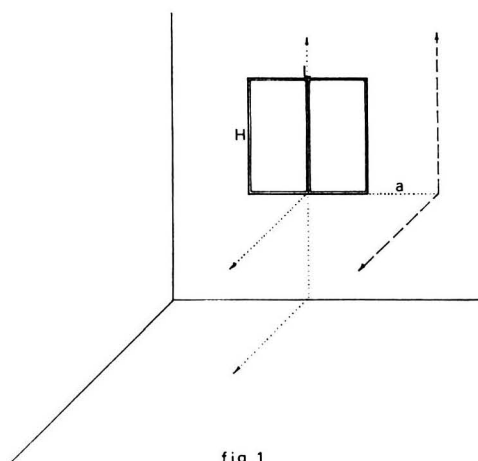
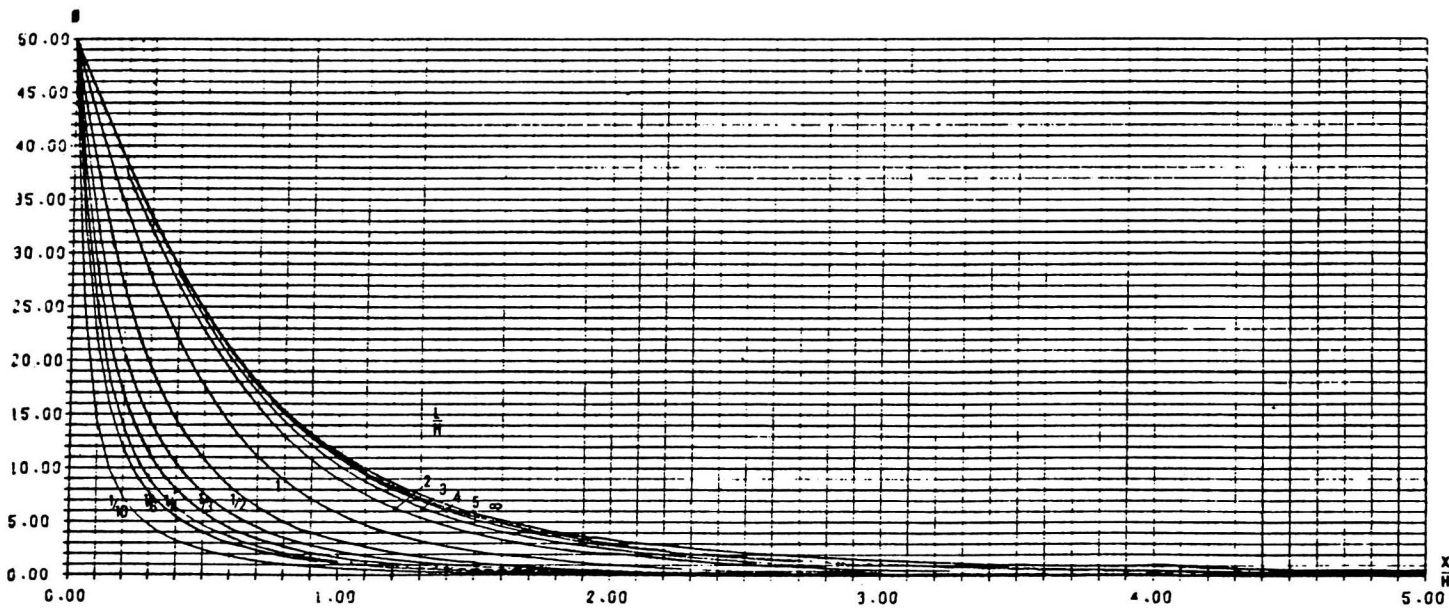
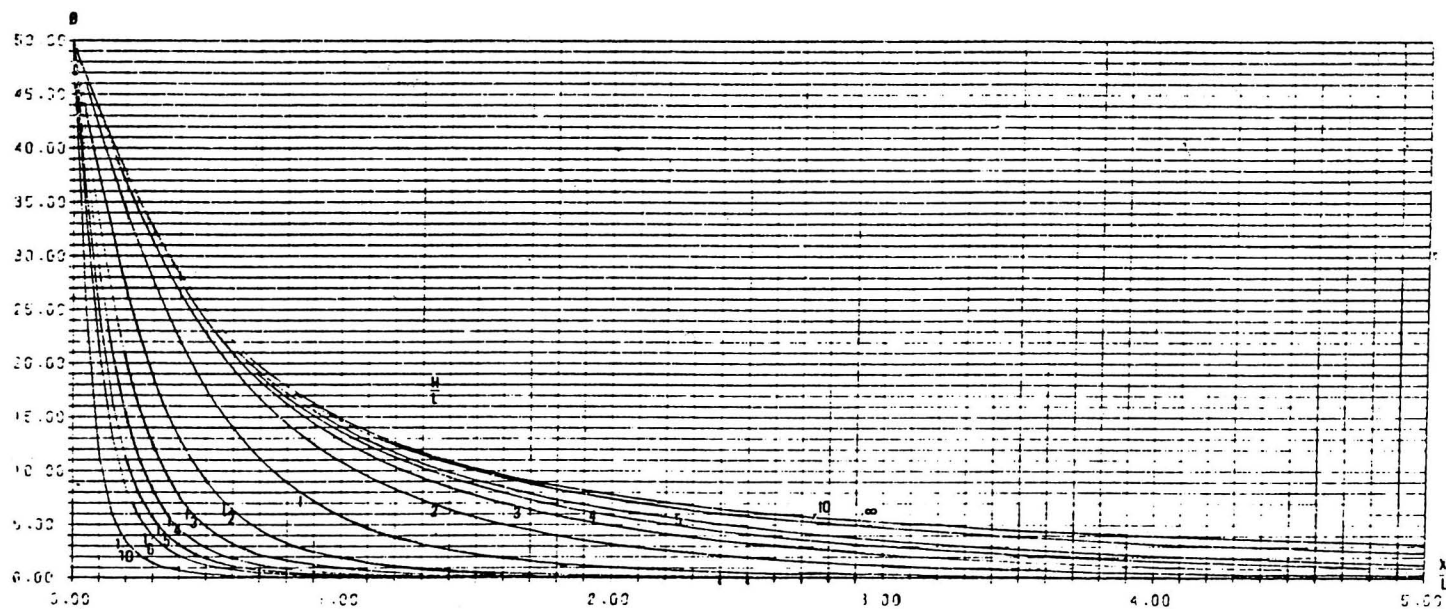


fig. 1



ABACO I



ABACO II

## CONCLUSIONES

- 1.º Tanto para ventanas verticales como horizontales, la incidencia lateral  $a$  de la iluminación que produce es, en el plano del antepecho, del orden de su altura  $H$ . Los valores de FINZ son todavía altos a distancias del orden de  $\frac{H}{2}$ .
- 2.º Dentro de estas bandas laterales los valores máximos se encuentran a distancias  $x$  de la pared del orden de  $H$  siendo la acción despreciable a distancias superiores a  $2H$ .
- 3.º En la banda  $\frac{H}{2} < a < H$  no parecen alcanzarse valores FINZ superiores al 3% cualquiera que sea la proporción y área de ventana, dándose las mayores diferencias entre ventanas verticales u horizontales en la banda  $a < \frac{H}{2}$  donde en general las ventanas horizontales dan mayores valores de FINZ. (figura 2).

## 2. INCIDENCIAS INFERIORES

En este caso la discusión se basa en la posibilidad de interpretar la diferencia punto a punto de dos curvas del ábaco II, de valores nominales  $\frac{p+H}{L}$  y  $\frac{p}{L}$  respectivamente, como la distribución de iluminación horizontal en un eje como el de la figura 3, a una profundidad  $p$  del borde inferior de una ventana de dimensiones  $L \times H$ .

2.1.1. Ventanas horizontales (Proporción  $\frac{H}{L} < 1$ ).

Restamos curvas cuya diferencia de valor nominal es menor que 1.

$$2.1.1. \quad p < L \rightarrow \frac{p}{L} < 1$$

$$\left(\frac{p}{L} + \frac{H}{L}\right) < 2$$

Lo que implica restar curvas por debajo de la curva de valor nominal, tanto más próximas cuanto menor sea  $\frac{H}{L}$ .

Sólo podemos garantizar que a distancias  $x$  del orden de  $L$ , el máximo FINZ es del 10%; del 3% a distancias  $x$  del orden de  $2L$  y menores del 1% a distancias  $x$  del orden de  $3L$ .

Si  $p$  es mayor que  $\frac{L}{2}$  restamos curvas comprendidas entre las de valor nominal  $1/2$  y  $3/2$  lo que implica que a esta profundidad no se superan valores de FINZ del 1% a distancias  $x$  superiores a  $2L$  dándose las máximas a distancias  $x$  menores que  $L$ . La acotación a esta distancia es ahora de FINZ 6%.

$$2.1.2. \quad p > L \rightarrow \frac{p}{L} > 1$$

$$\left(\frac{p}{L} + \frac{H}{L}\right) > 1$$

Restamos curvas por encima de la curva 1 y cuya diferencia de valor nominal es menor que 1. Ello implica que los valores FINZ son sensiblemente menores a distancias  $x$  menores que  $L$  desplazándose las máximas al intervalo  $(L, 1,5L)$  y estando acotadas por FINZ  $< 5\%$ .

A distancias  $x$  del orden de  $2L$  el FINZ no supera al 2% siendo menor que el 1% a distancias  $x$  superiores a  $2,5L$ .

$$2.1.3. \quad p > 2L \rightarrow \frac{p}{L} > 2$$

$$\left(\frac{p}{L} + \frac{H}{L}\right) > 2$$

Debemos restar curvas por encima de la curva 2 y cuya diferencia de valor nominal es menor que 1 lo que conlleva iluminación prácticamente menor del 1% para cualquier distancia  $x$  de la ventana.

Los máximos se desplazan hacia distancias del orden de  $2L$ .

Los valores de FINZ en el intervalo  $(0, L)$  de distancias a la pared son mucho más pequeños que en los casos anteriores.

2.1.2. Ventanas verticales (Proporción  $\frac{H}{L} > 1$ )

Restamos curvas cuya diferencia de valor nominal es igual que 1.

$$2.1.1. \quad p < L \rightarrow \frac{p}{L} < 1$$

$$\left(\frac{p}{L} + \frac{H}{L}\right) > 1$$

En estas condiciones la única acotación general que podemos establecer es que para distancias  $x$  del orden de  $L$  el FINZ no puede superar el 15% al 8% a distancias  $x$  del orden de  $2L$  y al 5% a distancias superiores a  $3L$ .

Si la proporción es:

$$\frac{H}{L} > 2,$$

la curva superior está por encima de la curva 2 mientras que la inferior está por debajo de la curva 1, lo que garantiza valores de FINZ superiores al 5% a distancias  $x$  del orden de  $L$  y superiores al 2% a distancias  $x$  del orden de  $2L$ . Para  $x = 3L$  se garantiza FINZ mayor de 1%.

$$2.2.2. \quad p > L \rightarrow \frac{p}{L} > 1$$

$$\left(\frac{p}{L} + \frac{H}{L}\right) > 2$$

Restar una curva por encima de la curva 2 de una por encima de la curva 1 y cuya diferencia de valor nominal supere a 1 implica que FINZ está acotado entre el 2% y el 9% a distancias  $x$  del orden de  $L$  y entre el 2% y el 5% a distancias  $x$  del orden de  $2L$ .

Para distancias del orden de  $3L$  la acotación es entre el 1% y el 3%. Es decir, a distancias superiores a  $3L$  la acción es todavía considerable.

$$2.2.3. \quad p > 2L \rightarrow \frac{p}{L} > 2$$

$$\left(\frac{p}{L} + \frac{H}{L}\right) < 3$$

La acción a distancias del orden de  $L$  es como mínimo del 2% y del 4% como máximo siendo válido esta acotación hasta distancias  $x$  del orden de  $2L$ . A distancias  $x$  menores de  $L$  los valores de FINZ son mucho menores.

El valor de FINZ puede superar el 1% incluso a profundidades  $p$  del orden de  $5L$ .

## CONCLUSIONES

1. Las ventanas horizontales tienen una incidencia inferior  $p$  del orden de  $2L$  aproximadamente, en tanto que en las ventanas verticales la acción puede ser significativa hasta profundidades  $p$  del orden de  $5L$ .
2. La acción en las proximidades de la pared disminuye notablemente al aumentar la profundidad  $p$ .
3. Las máximas FINZ a cada profundidad  $p$  se encuentran a distancias  $x$  de la pared comprendidas entre  $L$  y  $2L$ , alejándose conforme crece  $p$ .

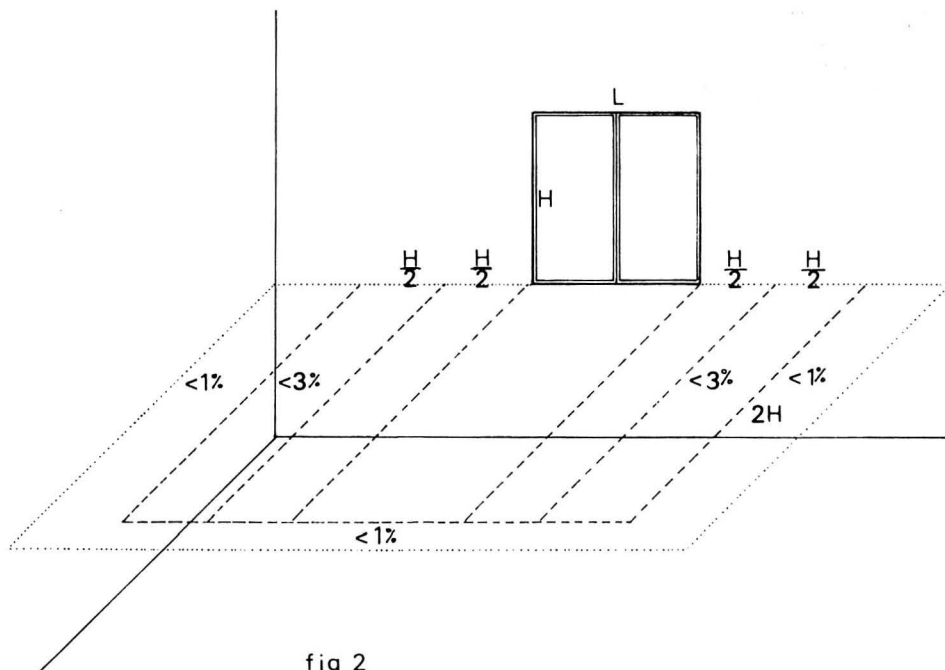


fig. 2

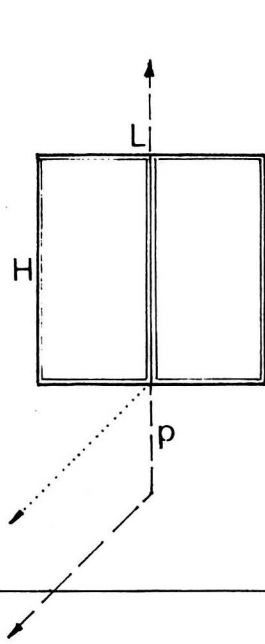


fig. 3

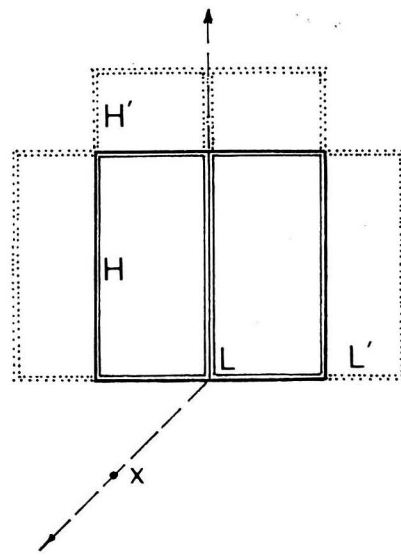


fig. 4

### 3. INCIDENCIA DE LAS VARIACIONES DE L Ó H EN LA ILUMINACION EN UN PUNTO

En una abscisa cualquiera  $\frac{x}{H}$  la sucesión de valores correspondientes a cada curva es interpretable como la variación de FINZ en un punto a una distancia x de la ventana y situado en el plano del antepecho al modificar el ancho L de la ventana. (Figura 4).

La misma operación en el ábaco II es susceptible de interpretar como la variación de la iluminación en un punto al modificar la altura H de la ventana.

Si analizamos conjuntamente los dos ábacos bajo esa perspectiva podemos establecer las siguientes consideraciones:

3.1. Para una ventana cuadrada ( $L = H$ ), a una distancia x del orden de su magnitud, el FINZ es aproximadamente del 6%. Si duplicamos el área, duplicando el ancho L, FINZ crece aproximadamente al 9%.

Si seguimos aumentando el área aumentando L, el crecimiento de FINZ es ya muy poco considerable ya que al tender L a infinito, FINZ tiende a valores del orden de 11% como máximo.

Sin embargo, si duplicamos el área duplicando la altura H de la ventana, el FINZ crece sensiblemente

más que en el caso anterior ya que prácticamente se duplica al pasar a valer prácticamente 11%. Al triplicar el área triplicando la altura FINZ crece al 13% y a partir de esa dimensión los crecimientos de área apenas se reflejan en crecimientos de FINZ puesto que al tender H a infinito FINZ se hace del orden de 15%.

3.2. Para distancias x del orden de dos veces la magnitud de una ventana cuadrada, el FINZ es ya del orden del 1%. Si duplicamos su área duplicando L, FINZ también se duplica pasando a ser del orden del 2%. Sin embargo, si lo que duplicamos es la altura H de la ventana, la iluminación crece hasta el 3%.

A partir de aquí el crecimiento de FINZ con L es ya inapreciable puesto que al tender L a infinito, FINZ tiende a 3%, mientras que el aumento de la iluminación al crecer H es todavía muy considerable: al triplicar H, FINZ crece al 5% y al tender H a infinito, FINZ crece hasta el 8%.

3.3. Para distancias x del orden de tres veces la dimensión de una ventana cuadrada, FINZ es prácticamente 0. El crecimiento de FINZ con L está limitado por el valor 1,5% al tender L a infinito. El crecimiento de FINZ con H es sensiblemente superior, del orden del 5,5%.

3.4. Igualmente, el decrecimiento de

FINZ con el área es mucho más acusado al decrecer H que al decrecer L. Así, a una distancia x del orden de la magnitud de una ventana cuadrada, FINZ es 6%. Si reducimos a la mitad el área reduciendo L, FINZ pasa al 3%, mientras que si reducimos H a la mitad, FINZ no llega al 2%.

A distancias de dos veces la dimensión de la ventana cuadrada los decrecimientos de FINZ con L o con H son indiferentes, al estar ambos muy por debajo del 1%.

### CONCLUSION

Después del área de la ventana, el factor preponderante en la determinación de la iluminación horizontal en el plano del antepecho es la altura H de la ventana, cuyas modificaciones redundan mucho más notablemente en dicha iluminación que las modificaciones del ancho L de las ventanas.

(1) J. NAVARRO, "Sobre Iluminación Natural en Arquitectura". Capítulo IV. TESIS DOCTORAL.