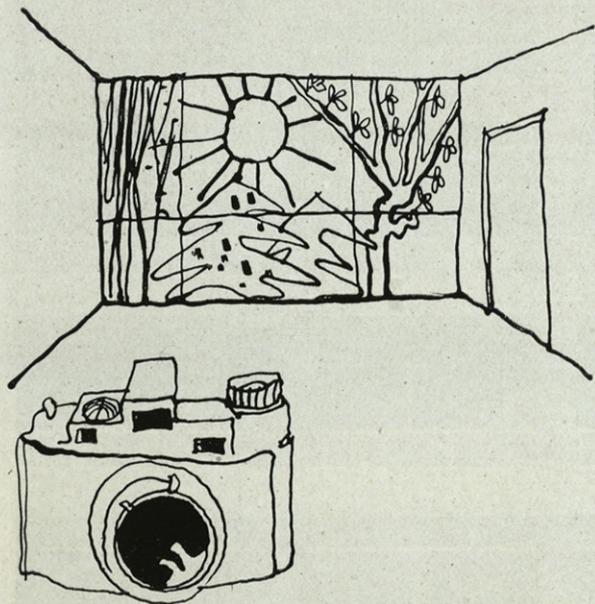


## SU COMPORTAMIENTO

Si la tecnología química o de elaboración del vidrio puede caer fuera del campo de acción del arquitecto, no ocurre lo mismo en cuanto respecta a su comportamiento en la transmisión del calor, la luz y el sonido, porque del conocimiento exacto de sus características nace también su justa y acertada aplicación arquitectónica.

La nueva etapa del vidrio de ventanas permite alcanzar lo que de siempre ha sido considerado como soñada aspiración: la conquista de interiores abiertos a la luz, el sol, el paisaje...

La ventana sencilla de composición elemental, sosa-cal-silice, que, como en otro lugar dijéramos, ha sido señalada por Munford como uno de los mayores errores de nuestra tecnología científica—al actuar en gran modo como elemento virtualmente opaco al paso de las radiaciones vitales del espectro solar, mientras que de



otro es permeable al de sus efectos perjudiciales, frío y calor—, puede considerarse superada por las nuevas realizaciones, basadas en la aplicación de vidrios nuevos de composición química diferente, o en la ejecución de paneles múltiples de alto poder aislante, cuando no en las dos técnicas conjuntas (vidrios especiales acoplados a paneles múltiples).

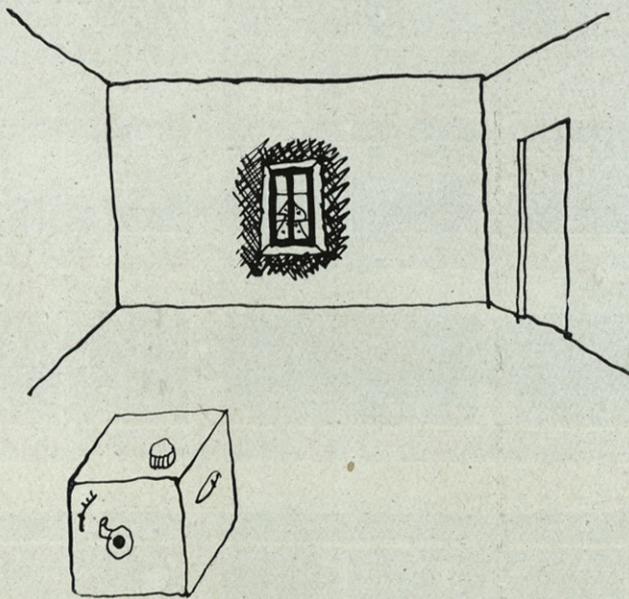
Esta nueva etapa del vidrio presenta a la ventana sencilla, de cristal sencillo y tamaño estricto (hueco de la casa popular), como el objetivo sencillo y diminuto de la modesta cámara fotográfica, cuando se compara con la abertura amplia (el objetivo  $1 \times 1,5$ ) de la cámara moderna, que en su mayor campo de acción permite su ajuste a unas extremadamente distintas condiciones del ambiente exterior. Y de la misma manera que no cabe establecer paralelos entre una y otra cámara, tampoco cabe discutir la nueva arquitectura del hueco que, permitiendo una mayor acomodación a las distintas condiciones del medio externo, lleva a un mejor disfrute y contacto de la Naturaleza. Porque si es muy fácil reducir y tamizar un hueco, es imposible,

por el contrario, rasgar un muro cuando se busca la mayor penetración de los hábiles rayos solares en la estación invernal.

La nueva técnica de ejecución de ventanas permite esa arquitectura más abierta—en lo físico y en lo espiritual—, sin merma de lo que deben de ser mínimas condiciones aislantes del ambiente humano. Una arquitectura más abierta, que si poco importante en la primera edad histórica, cuando el hombre vivía en pleno ambiente natural, tiene hoy esencial valor, porque el progreso de la civilización ha ampliado considerablemente el número de horas en que la actividad humana se desarrolla lejos de aquél, dentro de espacios cerrados.

La evolución indiscutible del hueco, que es tanto como decir la innegable evolución de la forma arquitectónica, encuentra su razón en estas tres circunstancias fundamentales y de efectos concurrentes:

- 1.<sup>a</sup> *Nueva concepción estructural.*—Desdoblamiento de la misión del muro en dos funciones separa-



das: carga y cerramiento, que permite, al localizar los elementos resistentes en puntos aislados y distantes, ampliar sin limitación el tamaño de la ventana, que se abre en una pared sin función de soporte.

- 2.<sup>a</sup> *Liberación del clima interior de su dependencia con el ambiente natural.*—La habitación humana ha dejado de ser refugio pasivo que protege a los hombres de los rigores extremos del clima para convertirse en un elemento activo que crea su propio ambiente de acuerdo con sus necesidades. Auténtica liberación de una estrecha dependencia con las fuerzas brutas de la Naturaleza, que aparece, en consecuencia, como realmente conquistada y dominada. Una nueva concepción, donde el hueco pierde su papel rector del clima interno para convertirse en una parte más, la parte transparente, de la envoltura del edificio. Como consecuencia, posibilidad de ampliación para condicionar su tamaño al disfrute de las vistas o a la ambicionada pene-



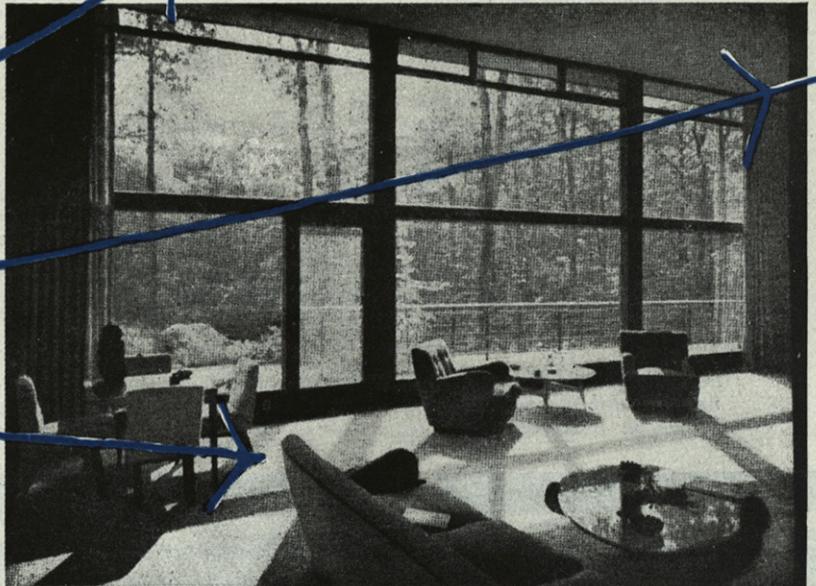
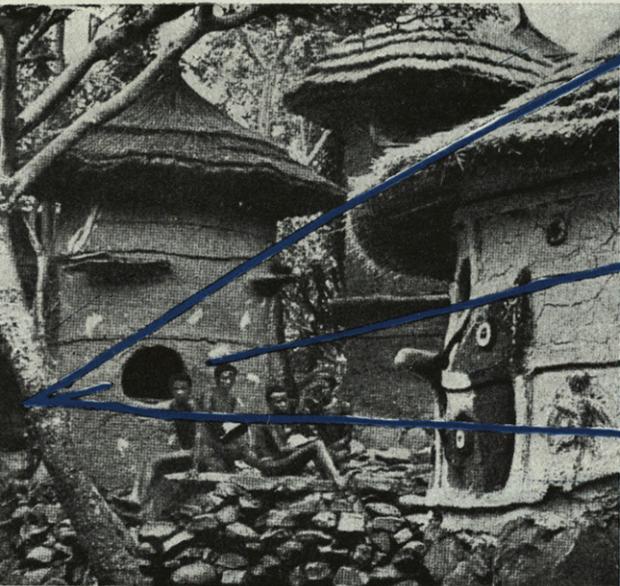
*Edificio de oficinas en Portland, Oregón (EE. UU.). Arquitecto, P. Belluschi. La estructura es de hormigón armado, en contra de la tradición americana, porque para un edificio de solamente doce plantas era más barata que en hierro. La fachada está constituida por una retícula de planchas de aluminio, que recubre la estructura de hormigón armado, y por vidrio en una superficie de 3.500 m<sup>2</sup>. Todas las ventanas son dobles, con la hoja interior de un color azul verdoso para debilitar la fuerte luz del día, fastidiosa en lugares de trabajo, haciendo, donde se desee, innecesario el empleo de persianas.*

tración de las "alegrías esenciales" de la Naturaleza.

3.<sup>a</sup> *Creación de huecos nuevos realmente aislantes.* Huecos permeables al paso de la acción vitalizadora de los rayos del sol (radiaciones próximas al ultravioleta), y, por el contrario, opacos a la transmisión térmica; tanto para evitar la penetración del frío y del calor del exterior como para reducir a un mínimo los gastos térmicos de los sistemas artificiales de clima del propio edificio.

Esta última cualidad, sus nuevas características aislantes, será la que más detenidamente consideremos.

Aun negando la realidad de una nueva arquitectura del hueco, no cabe negar la posibilidad de perfeccionamiento de las condiciones aislantes de los actuales, realmente deficientísimas. Porque el coste que supone, por ejemplo, la instalación de paneles dobles de vidrio, compensa en breve tiempo (de uno a tres años) los gastos de su ejecución, con la consiguiente economía nacional de combustible. Por lo que un buen principio de economía, cuando no un buen deseo de arquitectura más alegre y abierta, lleva, en definitiva, a la revisión de la ventana cuyas características esenciales dejan tanto que desear, como de una manera evidente se deduce de los datos que siguen.



**Transmisión luminosa.**—El vidrio es lo suficientemente permeable a la luz para que los estudios de su comportamiento en la transmisión luminosa alcancen una importancia singular. Únicamente tratándose de materiales con color puede ser apreciable el efecto reductor de la transmisión.

Tanta o más importancia que los datos relativos a la transmisibilidad luminosa del vidrio lo tienen los relativos al efecto de modificación del color producido por su composición; efecto que es particularmente apreciable en los nuevos productos absorbentes, cuyas entonaciones van desde las francamente claras a las de un acentuado tono verdoso o azul. Porque, acostumbrada la retina a la composición espectral de la luz solar (a la que se halla especialmente amoldada la curva de sensibilidad), toda modificación de ésta supone una deformación en la apreciación de los colores reales de los objetos.

Igualmente tiene importancia el efecto de dispersión producido por algunos tipos de vidrios prensados, cuyo dibujo, actuando en forma de pequeños prismas direccionales, hacen que la luz sea principalmente desviada en una dirección dada; principio que halla aplicación en la iluminación de locales profundos, utilizando un techo claro como pantalla reflectora. Al hablar en el apartado 2 del material, dábamos algunos esque-

mas relativos a este efecto de dispersión de la luz, que en otro artículo de esta revista se estudia con mayor detenimiento.

Las cifras relativas a la transmisibilidad luminosa del vidrio a la luz directa no son sólo el único punto esencial en el estudio de la iluminación. Los relativos a la situación correcta de las superficies vidriadas y contraste de brillos son también esenciales, porque de ellos es, en definitiva, consecuencia el nivel luminoso del interior. Su estudio cae fuera del propósito de este artículo; pero no queremos dejar de señalar que tanto la buena iluminación como la eficaz protección del vidrio contra la radiación solar directa (dato clave en las instalaciones de refrigeración) llevan a la adopción de pantallas o viseras, que igualando, de un lado, el contraste de brillantez entre la porción de cielo visible a través del hueco y el techo, evitan, de otro, la acción perjudicial de la radiación solar.

Al hablar de la transmisibilidad luminosa del vidrio conviene aún recordar la reducción sensible producida por los depósitos de polvo y suciedad, que por término medio rebajan en un 50 a 75 por 100 los valores referidos a superficies limpias. En el estudio de las superficies vidriadas ha de contarse, pues, con este hecho para pensar en su cómoda limpieza, ya que, de lo con-

trario, el rendimiento de las mismas será reducido, con el consiguiente gasto en la ejecución y mantenimien-

to (calefacción) de unas instalaciones que sólo parcialmente se aprovechan.

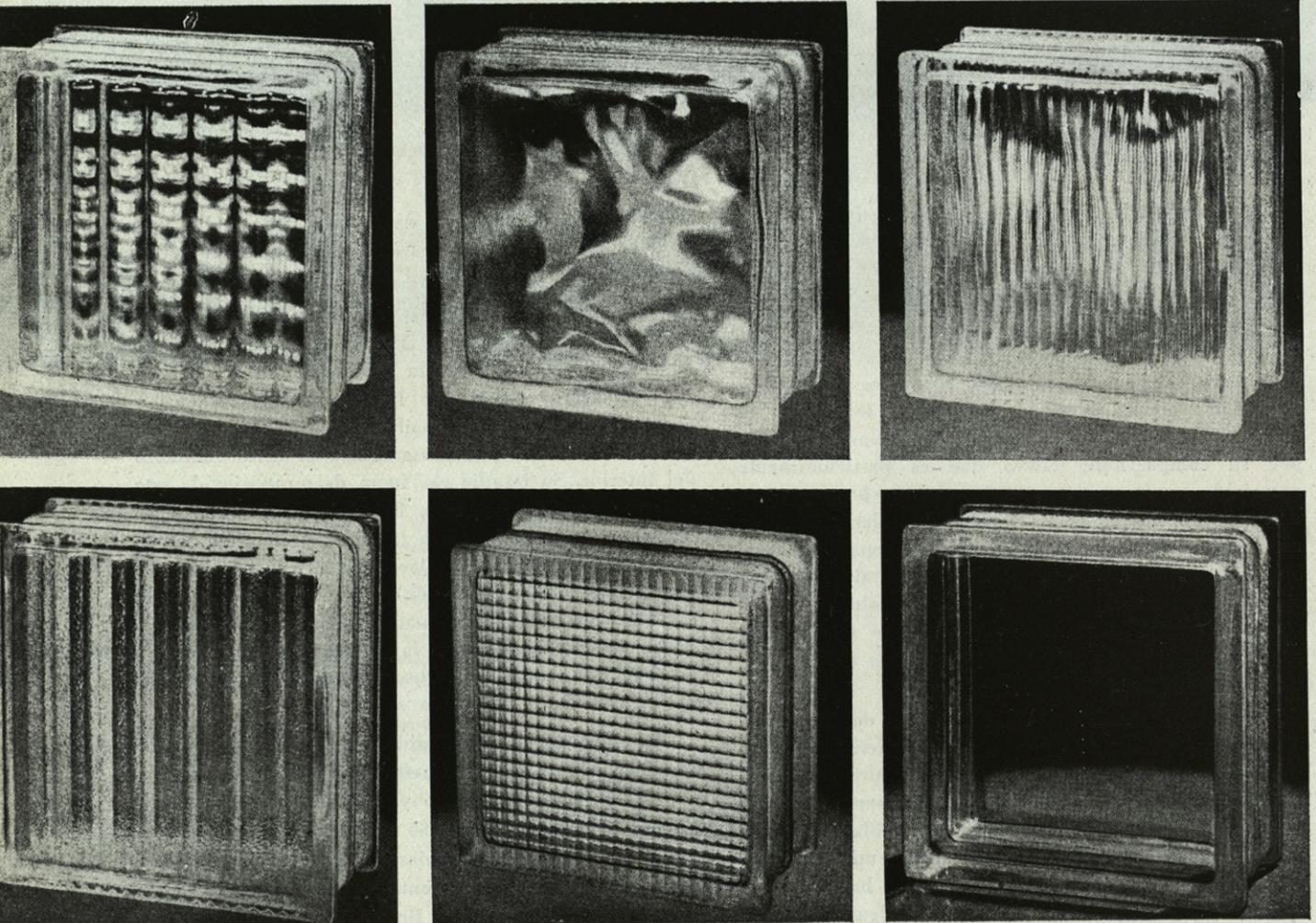
TRANSMISIBILIDAD LUMINOSA DE LOS VIDRIOS COMERCIALES

<i>Material</i>	<i>% de transmisión para luz directa</i>	<i>Material</i>	<i>% de transmisión para luz directa</i>
<i>Vidrios planos:</i>			
Cristal ordinario de 2 a 10 mm. y lunas pulimentadas... ..	90 a 92 %	al exterior y vidrio plano ordinario en el interior... ..	72 %
Idem íd. corroído por ácido una cara... ..	87 a 89 %	<i>Vidrios impresos:</i>	
Idem íd. ambas... ..	84 a 86 %	Vidrios impresos de relieve superficial (3 a 4 mm.)... ..	86 a 88 %
Idem íd. esmerilado por chorro de arena una cara... ..	74 a 76 %	Idem íd. fuertes relieves... ..	82 a 86 %
Idem íd. ambas... ..	70 a 80 %	Vidrios armados... ..	80 a 85 %
Panel doble de vidrio... ..	85 %	<i>Hormigón traslúcido:</i>	
<i>Vidrios planos especiales:</i>			
Vidrio absorbente del calor L. O. F. (norteamericano)... ..	78 %	Ladrillos y bloques norteamericanos de doble cavidad... ..	80 a 85 %
Panel doble de vidrio con lámina absorbente del calor L. O. F.		Cerramientos y tabiques interiores (incluido nervado)... ..	40 a 55 %
		Cerramientos con bloques difusores y paneles con intermedio de lana de vidrio (Termolux, etc.)... ..	40 a 50 %

El comportamiento del vidrio en la transmisión luminosa es sólo el estudio parcial de una de las cualidades exigibles al producto, porque la radiación del es-

pectro solar es continua en una gama de longitudes de onda que va desde los límites del ante-ultravioleta hasta las radiaciones infrarrojas y caloríficas, de las que

Fotografías de bloques norteamericanos de doble cavidad para obras de hormigón traslúcido.



la luz es sólo una parte limitada, la sensible a la retina, de aquella radiación continua.

La moderna tecnología del vidrio ha ensayado materiales nuevos que satisfacen las necesidades de una buena transmisión luminosa junto con una reducida penetración a las radiaciones caloríficas; efecto que se combina, en algún caso, con una fácil permeabilidad a las radiaciones vitales solares. La siguiente tabla resume el análisis comparado de vidrios distintos; datos de los que la tabla anterior es sólo una parte, tal vez

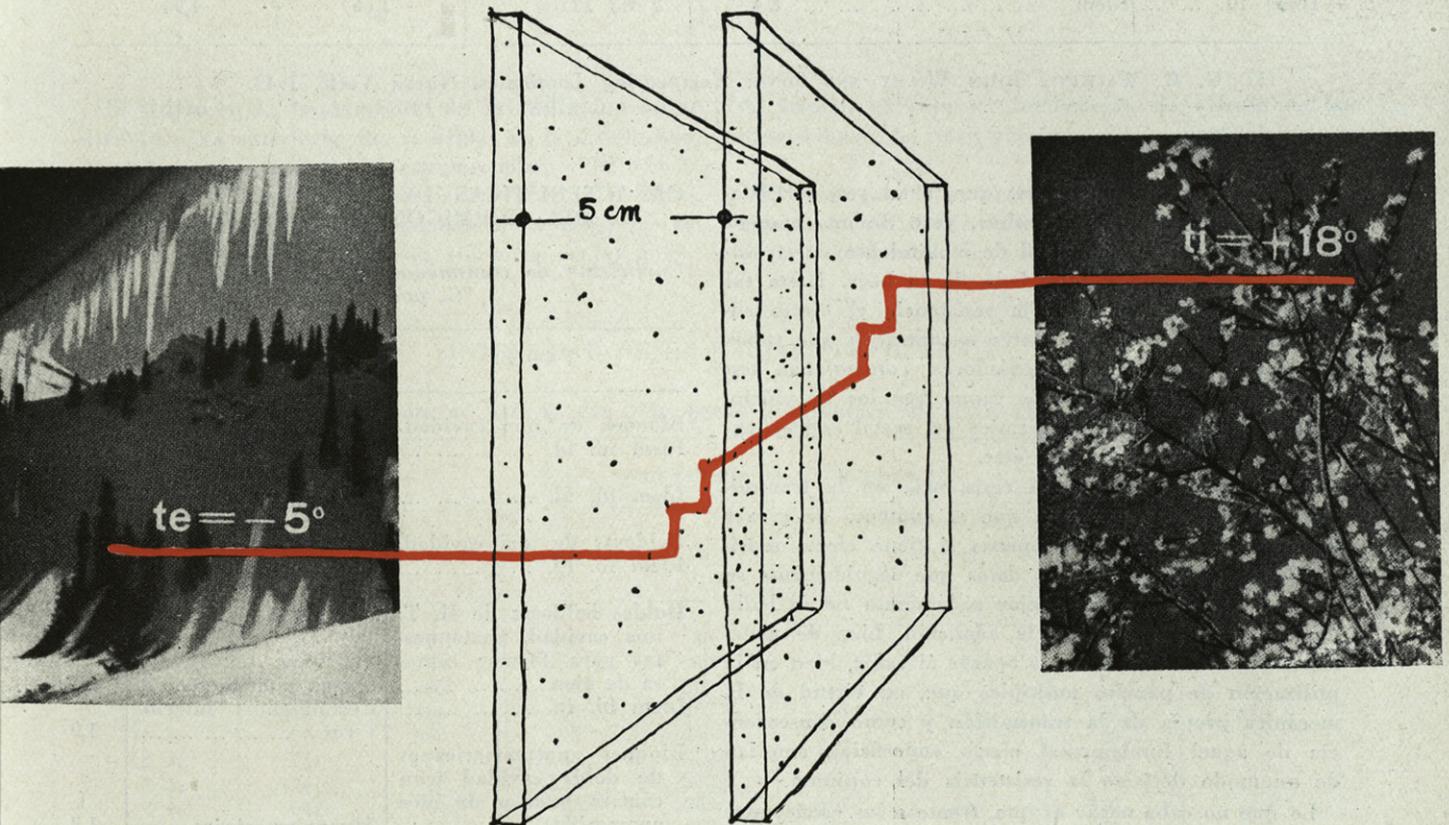
la menos importante, desde los puntos de vista de higiene y bienestar o simplemente de economía de combustibles. Los datos que siguen, que consideramos de fundamental importancia, hablan bien claro de las características de los nuevos vidrios que se emplean en la realización de las también nuevas superficies vidriadas, a las que, en su realización, aquéllas están condicionadas. El nuevo edificio de la O. N. U., el reciente Lever, de Nueva York, y tantos otros, están ejecutados ya con estos nuevos materiales absorbentes.

EL VIDRIO EN LA TRANSMISION DE LA ENERGIA SOLAR (1)

Tipo de vidrio	Espesor	TANTO POR CIENTO DE TRANSMISIÓN SOLAR (2)			
		Luz visible	Ultravioleta	Infrarrojo	Energía total
		A	B	C	
Vidrio de máxima transparencia (Water White)...	5,8 mm.	91,0 %	85,5 %	90,9 %	90,5 %
Luna ordinaria...	6,1 mm.	90,0	77,5	68,0	85,5
Vidrio absorbente del ultravioleta.....	6,3 mm.	86,0	15,0	82,0	80,0
Vidrio absorbente del calor... ..	7,0 mm.	72,0	59,5	12,5	39,0
Luna azul... ..	5,0 mm.	46,5	82,0	78,5	69,5
Luna negra opaca... ..	5,8 mm.	00,0	1,0	58,0	28,0

(1) ALBERT G. H. DIETZ: *Potentialities of Glass in Building. Arch. Record.* Abril 1951.

(2) El 44 por 100 de la energía solar es luz visible, el 3 por 100, ultravioleta, y el 53 por 100, infrarroja. Los valores de las columnas A, B, C, son los porcentajes de cada una de estas cantidades, que pasan a través del cristal.



**Transmisión del frío y el calor.**—La conductibilidad térmica del vidrio es baja porque el material, pese a la errónea opinión de alguien, es de por sí mal conductor. Eucken da la cifra de 0,00332 cal/cm. seg. a °C.

para la sílice vítrea, y Russ, 0,00223, también a °C. para una composición con 18 % de NaO<sub>2</sub>, 0,5 % CaO y 77 % SiO<sub>2</sub>. Una lámina de vidrio es, por supuesto, mejor aislante que otra metálica e incluso que otra equi-

valente de mármol o granito (aluminio, 0,344; hierro, 0,167; granito, 0,005; mármol, 0,005; vidrio, 0,002 cal/cm. seg.).

Pero en la transmisión térmica a través de una hoja delgada, el efecto resistente más importante no es la baja conductibilidad calorífica del producto, sino el "efecto superficial" representado por la resistencia al paso de calor desde el ambiente externo a la superficie del vidrio, y el de salida desde la otra superficie al

La adopción de ventana doble o la ventana con doble hoja, ya usada de antiguo en busca de cerramientos más aislantes, ha sido sustituida hoy por otras más racionales de carpintería única provistas de vidrios absorbentes o de paneles múltiples montados sobre un mismo bastidor, que no tiene los inconvenientes frecuentes de aquéllas, entre otros los depósitos de polvo o la condensación interior de humedad. Los vidrios Solex, Coolite, Aklo, etc., pertenecen a la serie de nue-

### CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO TERMICO DE VIDRIOS COMERCIALES (1)

DATOS PARA VENTANAS DE UNA HOJA Y PANELES MÚLTIPLES

Coefficiente de transmisión de calor  $U$  en Kcal/hora. °C. por  $m^2$  y  $m$ .

Tipo	Material y espesor	Número y dimensiones de las capas de aire	$U$ para 5 Km/hora (interiores)	$U$ para 25 Km/hora (exteriores)
Una hoja... ..	Cristal sencillo... .. 2,3 mm.	—	4,54	5,77
Idem íd. ... ..	Luna... .. 6,4	—	4,46	5,57
Panel doble.....	Cristal sencillo... .. 2,3	1 de 3,2 mm.	3,2	3,7
Idem íd. ... ..	Idem íd. ... .. 2,3	1 de 4,8	2,87	3,47
Idem íd. ... ..	Vidrio semidoble... .. 3,2	1 de 3,2	2,95	3,60
Idem íd. ... ..	Idem íd. ... .. 3,2	1 de 6,4	2,66	3,20
Idem íd. ... ..	Luna... .. 6,4	1 de 3,2	2,98	3,52
Idem íd. ... ..	Idem... .. 6,4	1 de 6,4	2,64	3,15
Idem íd. ... ..	Idem... .. 6,4	1 de 13,0	2,35	2,84
Panel triple... ..	Luna... .. 6,4	2 de 6,4	1,94	2,28
Idem íd. ... ..	Idem... .. 6,4	2 de 13,0	1,66	1,94

(1) G. B. WATKINS, JOHN WILEY AND SONS: *Engineering Laminates*. Nueva York, 1949.

ambiente interno; resistencias que, a su vez, son función de la naturaleza del vidrio, pero de una manera fundamental, de la velocidad de movimiento de las capas de aire a uno y otro lado de la hoja. Hasta tal extremo es importante en la resistencia el efecto superficial, que Littleton y Bates encontraron que tubos nuevos de cobre, en condensadores, condensaban tan sólo dos veces y media más vapor que los de vidrio, aunque la conductibilidad térmica del metal es trescientas veces superior a la de éste.

Tratando de aumentar la resistencia en la transmisión térmica, se comprueba que el aumento de grosor de una lámina de vidrio apenas si tiene efecto sensible, como lo confirman los datos que seguidamente se dan. La solución de un mejor aislamiento no se halla por este camino, sino en la adopción, bien de materiales nuevos, de por sí más opacos al calor, bien en la utilización de paneles múltiples que, en virtud de la mecánica propia de la transmisión y como consecuencia de aquel fundamental efecto superficial, amplían de un modo decisivo la resistencia del conjunto.

Lo que no cabe negar es que, frente a los coeficientes normales de aislamiento térmico del muro (de 0,9 a 1,8 Kcal/hora. °C. por  $m^2$  y  $m$ ), la permeabilidad térmica de las ventanas es total (5 a 7 Kcal/hora. °C. por  $m^2$  y  $m$ ), con su repercusión sobre el efecto interior de bienestar o simplemente economía de carbón.

### CARACTERISTICAS DE AISLAMIENTO TERMICO DEL HORMIGON TRASLUCIDO (1)

Coefficiente de transmisión de calor  $U$  en Kcal/hora. °C. por  $m^2$  y  $m$ .

Tipo	Utilización	$U$
Bloques de una cavidad.	Cubiertas... ..	3,9
Idem íd. íd. ... ..	Pisos (transmisión de abajo arriba) ... ..	3,0
Idem íd. íd. ... ..	Pisos (transmisión de arriba abajo) ... ..	2,5
Baldosas de una cavidad.	Muros exteriores... ..	4,4
Idem íd. íd. ... ..	Cerramientos interiores ... ..	3,2
Dobles baldosas de H. T. una cavidad, yuxtapuestas para formar cámara de aire... ..	Muros exteriores... ..	2,3
Idem íd. íd. ... ..	Cerramientos interiores... ..	1,9
Bloques norteamericanos de doble cavidad (con cámara estanca de aire enrarecido)... ..	Muros exteriores... ..	1,8
Idem íd. íd. ... ..	Cerramientos interiores... ..	1,5

(1) *Le Beton Translucide*. Arq. Polivka, Bruselas, 1939. Otros datos de *Sweet's File*, Nueva York, 1948.

vos materiales absorbentes. Los paneles Thermopane, Twindow, etc., a la de vidrios múltiples. Unos y otros son ya una realidad en el campo de la construcción en países de técnica avanzada. Y son asimismo, no hay que olvidarlo, los que han hecho realidad aquella utopía de la torre de oficinas de Mies Van der Rohe o el nuevo conglomerado cristalino de la O. N. U.

Los datos anteriores confirman las ya citadas deficientes características de la ventana sencilla (5,77 Kcal/hora. °C. por m<sup>2</sup> y m.), así como las excelentes de los pa-

neles dobles (2,84 Kcal.), que rebajan a menos de la mitad las pérdidas por transmisión, o que, contrariamente, permiten ampliar en la misma medida la superficie libre de los huecos con iguales condiciones aislantes. Asimismo se destacan las buenas cualidades de los cerramientos de hormigón traslúcido, particularmente los ejecutados con bloques de doble cavidad (1,8 Kcal.), cuyas características son sensiblemente las mismas de muros y fábricas, cuya transmisión térmica suele estar comprendida entre 0,9 y 1,8 Kcal/hora. °C. por m<sup>2</sup> y m.



**El vidrio en la transmisión de la radiación solar directa.**—Ya anteriormente, al hablar de la transmisión luminosa, nos referimos al comportamiento del vidrio en la transmisión de la energía continua solar. Queremos ahora ceñirnos concretamente a las ganancias de calor a través de las superficies vidriadas, en los meses

de verano, que son el fundamento de cálculo de las instalaciones de refrigeración y clima artificial.

El calor ganado en verano a través del vidrio es función de la intensidad de la radiación solar (dependiente de la latitud local, día y hora; así como de la orienta-

#### INTENSIDAD DE LA RADIACION SOLAR (1)

*Kcal/hora/m<sup>2</sup> para el día 1 de agosto a la latitud de 40°N. (Toledo)*

H o r a s o l a r	ORIENTACIÓN DE LA SUPERFICIE							Superficie horizontal
	NE.	E.	SE.	S.	SO.	O.	NO.	
7 h.	336	445	300	30	30	30	30	232
8 h.	376	577	455	80	46,5	46,5	46,5	440
9 h.	280	532	496	203	57,5	57,5	57,5	580
10 h.	148	416	468	283	64,5	64,5	64,5	670
11 h.	77	258	395	340	112	70	70	770
12 h.	71	71	268	350	268	71	71	795
1 h.	70	70	112	340	395	258	77	770
2 h.	64,5	64,5	64,5	283	468	416	148	670
3 h.	57,5	57,5	57,5	203	496	532	280	580
4 h.	46,5	46,5	46,5	80	455	577	376	440
5 h.	30	30	30	30	300	445	336	232
6 h.	12,5	12,5	12,5	12,5	88	154	134	55

(1) GAY y FAWCETT: *Mechanical and Electrical Equipment for Building*, Nueva York, 1948.

ción de la superficie vidriada) y del porcentaje transmitido de dicha radiación, según la resistencia térmica del vidrio y el efecto reductor debido a pantallas y protecciones de todo orden.

En ventanas desnudas, de vidrio sencillo, se admite que toda la radiación solar directa es transmitida al interior, con lo que las ganancias de calor se obtienen directamente por lectura de la adjunta tabla de inten-

sidades. En ventanas con vidrios absorbentes especiales o paneles aislantes, la penetración se reduce en la misma proporción en que aumenta la resistencia térmica de éstas frente a la ventana sencilla, y sus valores; en consecuencia, pueden también deducirse fácilmente partiendo de los datos de la misma tabla.

Para construcciones de hormigón traslúcido, la tabla siguiente da ya, directamente, la radiación transmitida:

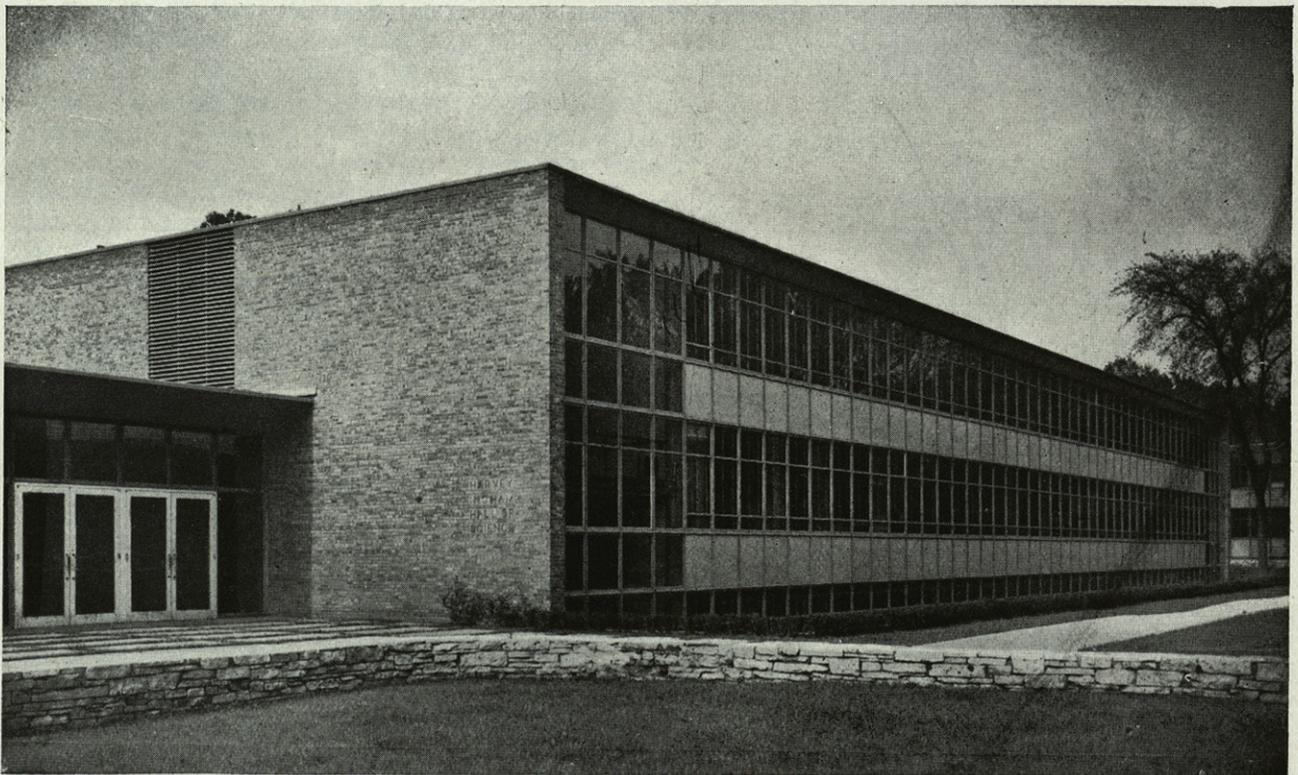
### TRANSMISION DE LA RADIACION SOLAR A TRAVES DE CERRAMIENTOS DE HORMIGON TRASLUCIDO (1)

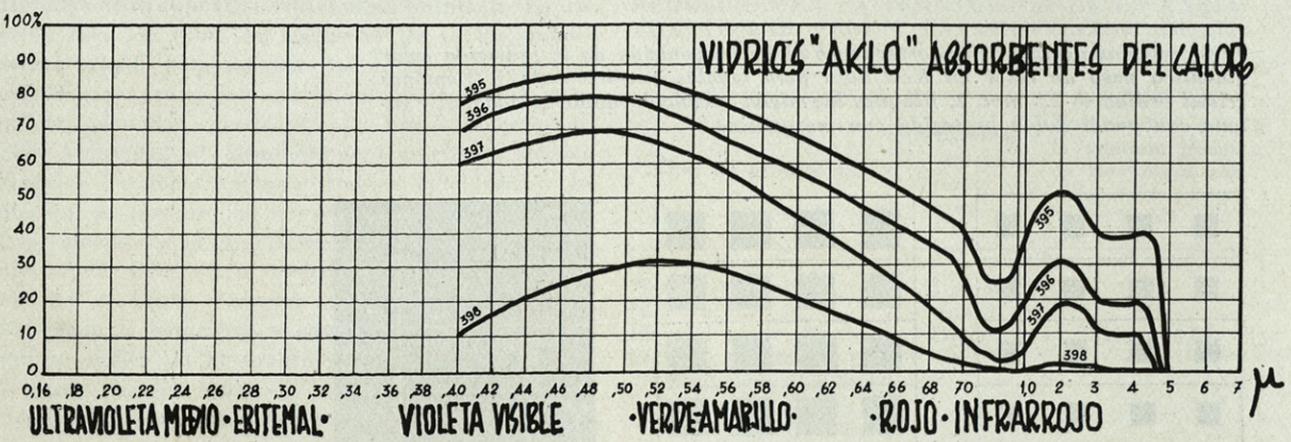
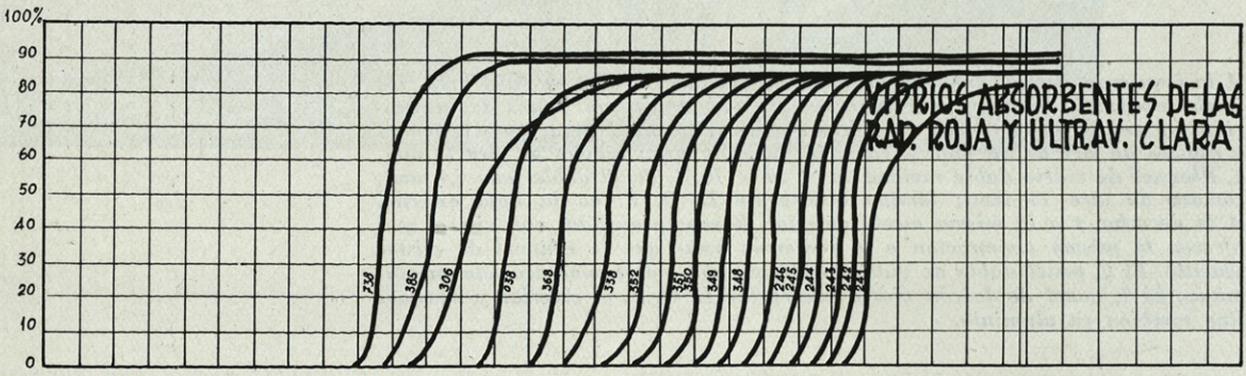
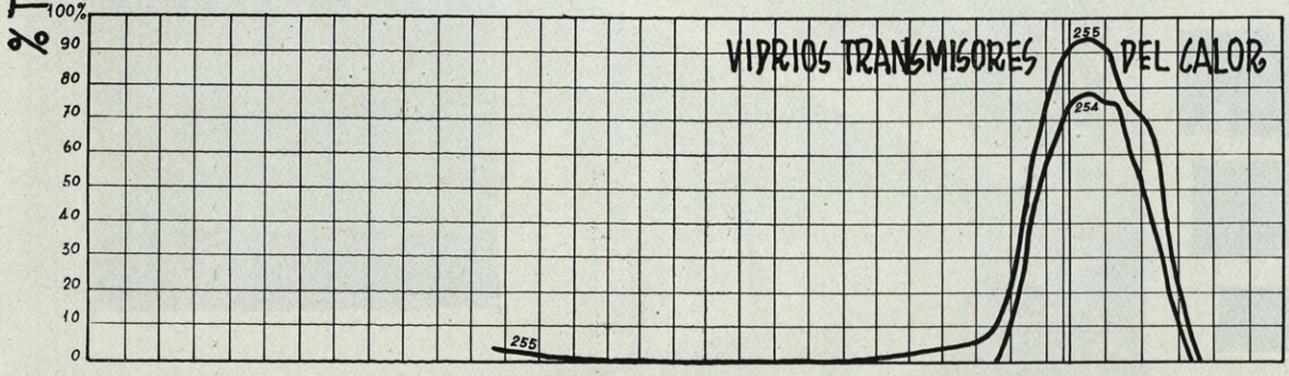
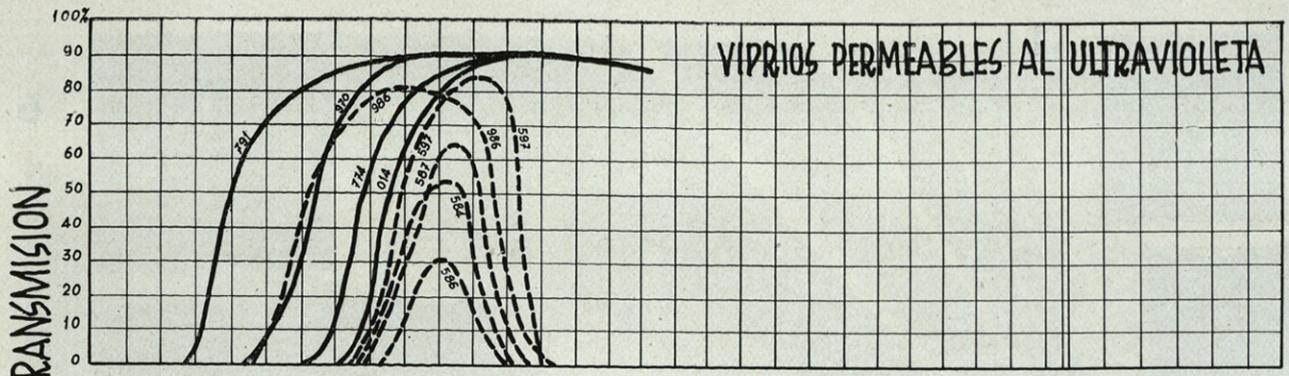
Kcal/m<sup>2</sup> y hora para el 1 de agosto

Hora solar	Temperatura exterior	INSOLACIÓN POR RADIACIÓN SOLAR (directa más radiación del cielo)					INSOLACIÓN TOTAL (radiación solar más transmisión normal, para una supuesta temperatura interior de 25,5°C.)				
		E.	O.	Sur			E.	O.	Sur		
		35° N a 45° N	35° N a 45° N	35° N	40° N	45° N	35° N a 45° N	35° N a 45° N	35° N	40° N	46° N
7 h.	23,2°	178	—	8	8	14	178	—	6	1	3
8	24,5°	172	—	12	18	30	213	—	6	11	14
9	26,2°	110	14	19	28	37	202	14	19	27	33
10	28,3°	66	16	31	40	47	156	18	41	49	57
11	30,5°	42	19	42	51	60	124	20	60	70	88
12	32,2°	28	28	48	57	68	100	29	77	93	112
1	33,8°	19	42	42	51	60	82	60	87	106	126
2	34,5°	16	66	31	40	47	66	96	88	107	128
3	35,0°	14	110	19	28	37	54	150	82	100	124
4	35,0°	12	178	12	18	30	42	210	55	86	111
5	33,8°	11	172	8	8	14	34	234	70	69	92
6	32,7°	7	64	2	2	8	29	150	37	49	70
7	31,6°	4	—	—	—	2	22	51	19	30	49

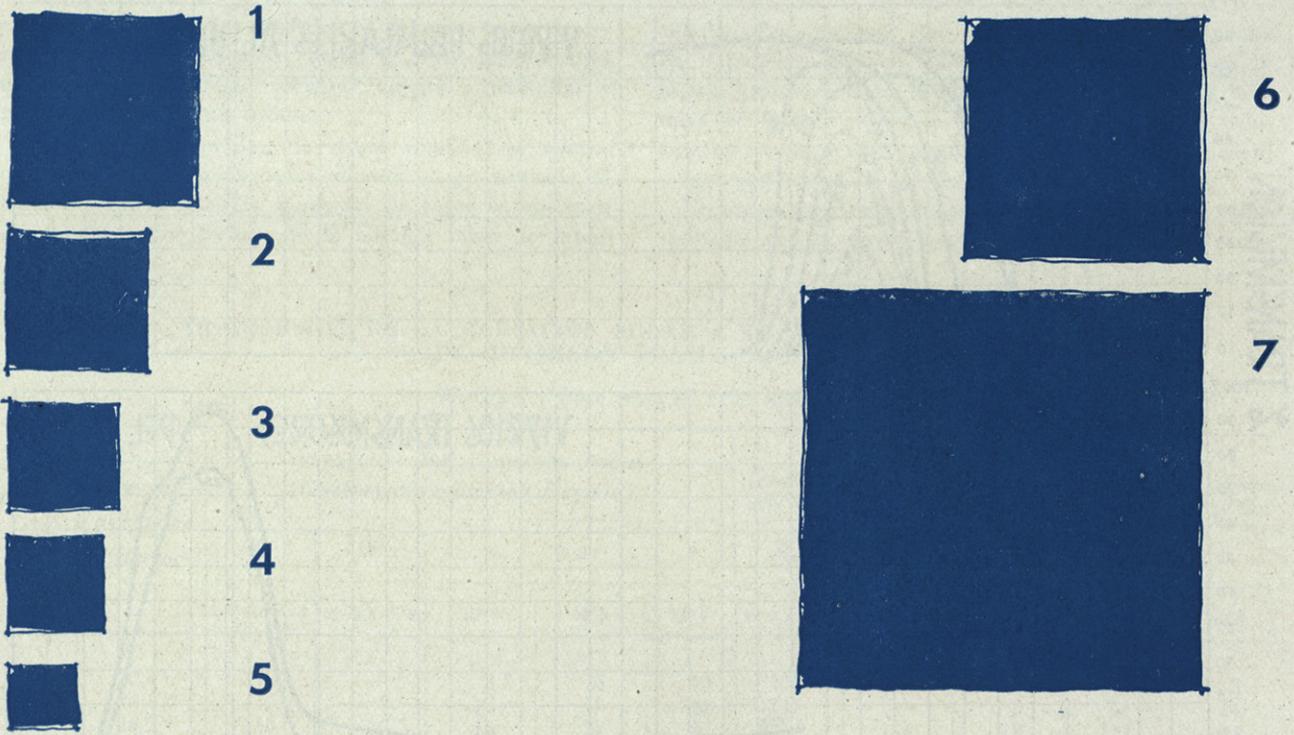
(1) Los datos se refieren a bloques de doble cavidad. Sweet's File, 4.<sup>a</sup> ed.

Drake University-Iowa. Nuevo pabellón de la Facultad de Ciencias.



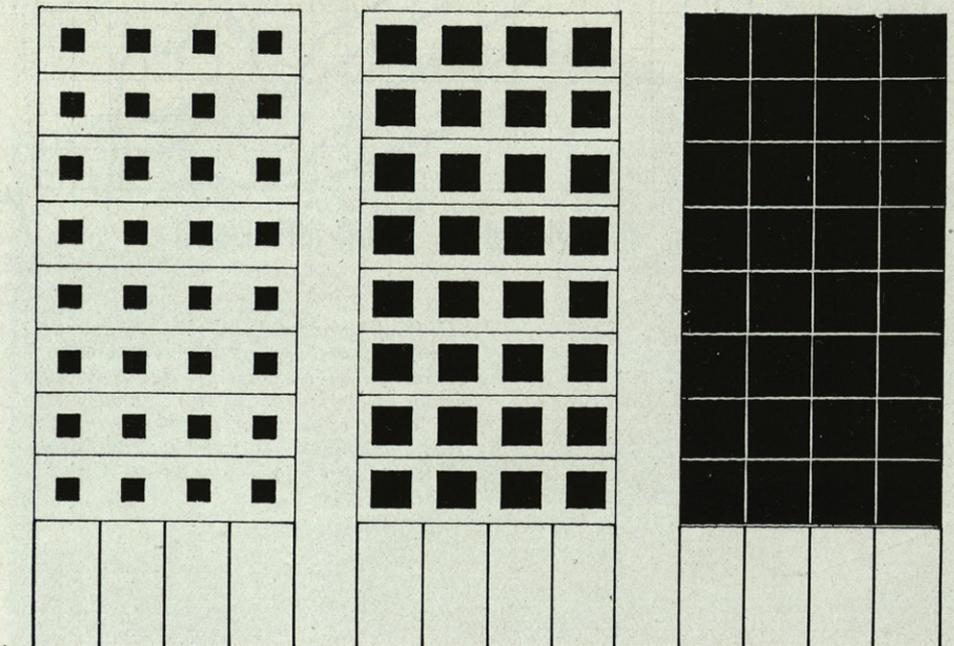


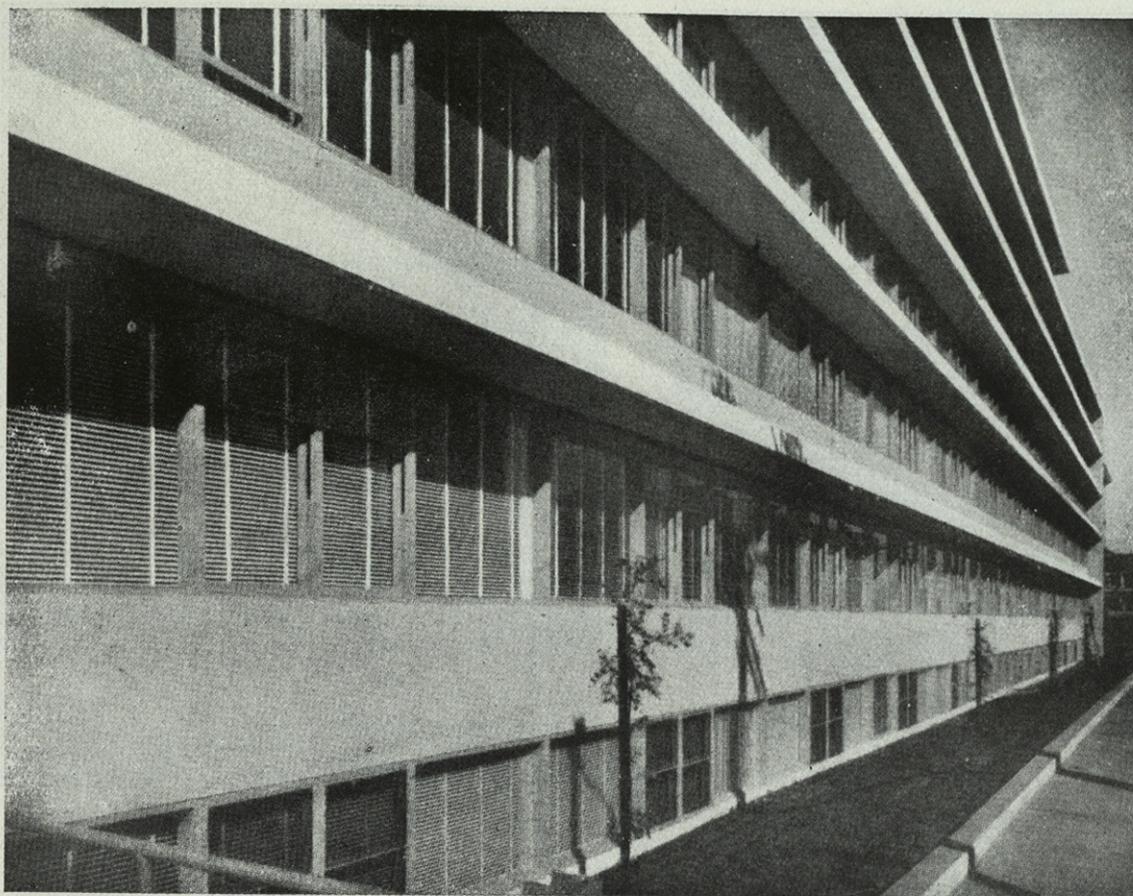
Gráficas mostrando el distinto comportamiento del vidrio, según su composición, en la transmisión de la energía solar. En abscisas se representan longitudes de onda y en ordenadas los tantos por ciento de energía transmitida. Ensayos sobre vidrios de la Corning Glass Works.



A la izquierda, huecos con una misma transmisión calorífica en Kcal/hora. De arriba abajo: 1. Ventana de cristal sencillo (2,3 mm.) con juntas de infiltración normal. 2. Panel doble de vidrio sencillo (2,3 mm.) para juntas estancas y cámara de aire de 3,2 mm. 3. Idem íd. luna 6,4 mm.; cámara de aire 13 mm. 4. Bloques de vidrio doble cavidad  $20 \times 20 \times 10$ . 5. Panel doble luna 6,4 mm., cámara de aire 13 mm.; lámina absorbente L. O. F. en la hoja externa. A la derecha, y a la misma escala anterior, huecos protegidos con visera, que ofrecen la misma penetración a la radiación solar que la ventana de cristal sencillo. El 6, panel doble de vidrio protegido con marquesina acabada en aluminio. El 7, panel doble con vidrio absorbente L. O. F. al exterior y marquesina también en aluminio.

Tres fachadas de igual comportamiento en la transmisión de la radiación solar (idéntico paso de calor en Kcal/hora para iguales condiciones): 1. Ventanas cristal ordinario 2,3 mm. 2. Bloques hormigón traslúcido doble cavidad. 3. Ventana con panel doble protegida con marquesina.





**Defensa de la superficie vidriada. Pantallas.**—La radiación total de calor en los meses de verano, relativamente grande para nuestras latitudes, se reduce con una adecuada protección del hueco en forma de marquesinas, pantallas, persianas, etc. Estas protecciones, si son avanzadas, al disminuir la temperatura de las superficies interiores, reducen también notablemente la radiación de los propios muros de cerramiento.

Experiencias de la Asociación Norteamericana de Ingenieros de Calefacción Ventilación (1) dan a este propósito el efecto reductor a penetración solar directa, según la naturaleza y situación de esas defensas, según se indica en el cuadro adjunto.

A partir de estos valores y de los anteriores para I, la total radiación transmitida puede expresarse así:

$$R = f \cdot I \cdot S$$

R = Intensidad de radiación solar transmitida a través de una ventana. Kcal/hora.

I = Intensidad de la radiación solar directa incidente sobre la superficie exterior del vidrio. Kcal/hora por m<sup>2</sup>

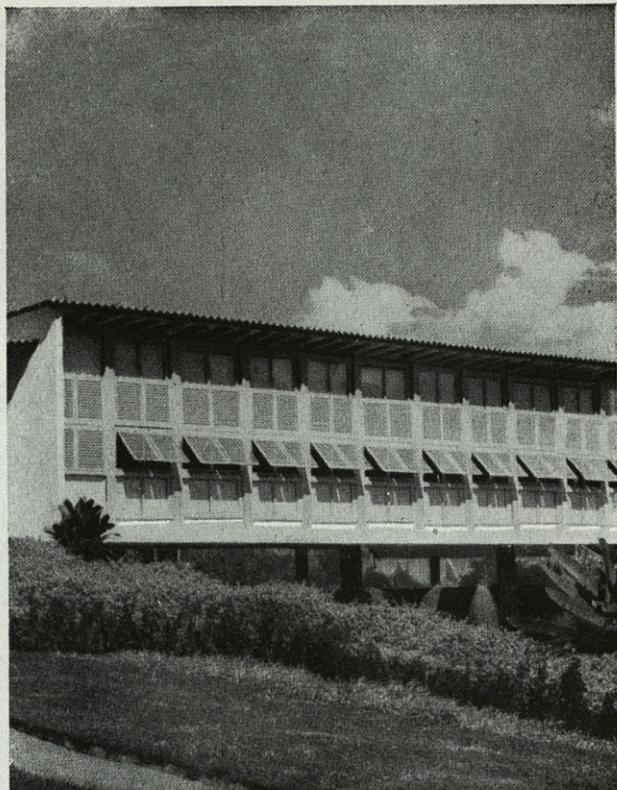
f = Porcentaje de radiación solar directa, que pasa al interior, según la naturaleza y forma de la protección.

S = Superficie de ventanas. m<sup>2</sup>

REDUCCION EN LA TRANSMISION DE LA RADIA-  
CION SOLAR SEGUN LA PROTECCION DE LA  
SUPERFICIE ACRISTALADA

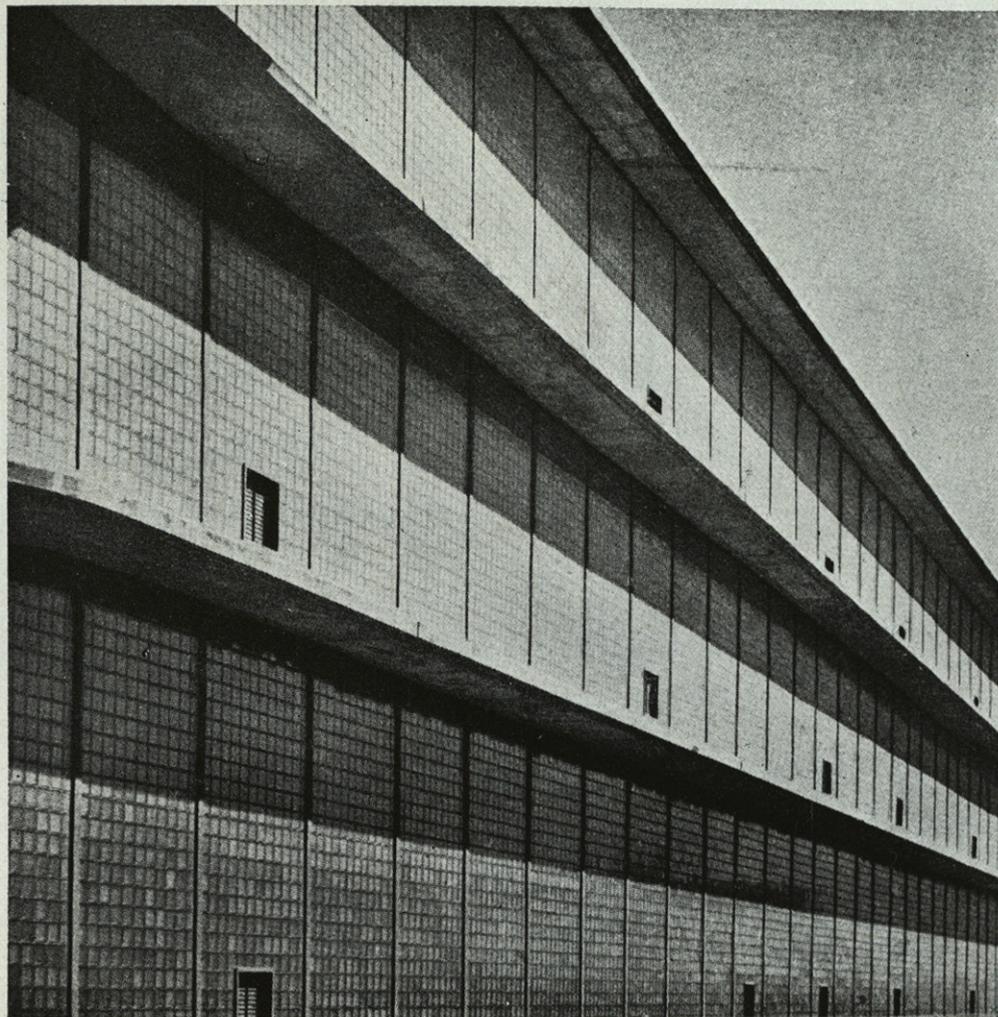
Tipo de protección	Acabado de la superficie expuesta al sol	Transmisión sobre la ventana desnuda de cristal sencillo (sin protección)
Marquesina exterior....	Aluminio	0,22
Idem íd. ....	Claro	0,28
Idem íd. ....	Oscuro	0,25 a 0,35
Persiana horizontal exterior con láminas de metal (1,28 mm.), inclinadas 17° sobre la horizontal... ..	Oscuro	0,20 a 0,35
Persiana veneciana al exterior, láminas a 45° echada los 2/3 ...	Claro	0,35 a 0,50
Idem íd. totalmente echada... ..	Aluminio	0,22 a 0,30
Persiana veneciana al interior, láminas a 45°, totalmente echada... ..	Aluminio	0,58 a 0,80
Cortina o cerramiento interior ligero, ocupando los 2/3 del hueco... ..		0,45
Idem íd. totalmente echado... ..		0,68

(1) Comunicaciones 974 y 975 de la A. S. H. V. E. *Transactions*, vol. XL. También en la obra citada de Gay y Fawcett.



Es interesante, y vamos a detenernos brevemente en ello, la comparación de datos de la última tabla. Principalmente los relativos al valor de una misma protección colocada delante o detrás de la superficie vidriada. Por ejemplo: una persiana veneciana. Colocada al interior deja pasar el 58 % de la radiación solar directa; la misma, colocada al exterior, deja pasar tan sólo el 22 % de la radiación incidente. No puede ser más elocuente la *necesidad de la protección externa de las superficies vidriadas*. No puede ser más lógica la solución de pantallas o persianas exteriores, las únicas que se emplean como defensa contra la insolación allí donde el sol es verdaderamente intenso (Andalucía o Africa), porque la razón tampoco puede ser más simple: es el efecto de "trampa solar" del vidrio normal, que siendo permeable a la mayoría de las radiaciones solares, sobre todo las infrarrojas, no lo es a la emisión calorífica re-radiada por los objetos caldeados del interior, cuya radiación es en una longitud de onda diferente (mayor) que la de la primera energía solar. Es el efecto en que hallan su fundamento invernaderos, instalaciones de agua caliente solar y nuevos ensayos de casa solar (M. I. T., etc.). Pero es paradójica la adopción de tal sistema, de "trampa solar", allí donde se trata de la defensa del calor del sol. Es paradójica, pues, la solución de persiana veneciana interior, como tan a las claras se deduce de los valores de la tabla, que obra en todo estudio de ingeniero norteamericano de calefacción. No deja por eso de ser extraordinario y sorprendente que sea práctica ya habitual en Estados Unidos, donde tan claramente se conocen sus deficiencias. Y, como tantos otros defectos de nuestra tecnología, no es menos extraño que la solución, que no se diera en ningún país de técnica más primitiva, se adopte ahora en éstos como "inspiración" de una técnica equivocada tomada como modelo. Una razón más para que Munford pueda de nuevo hablar de los fracasos de una tecnología que dice fundarse en las conquistas de la ciencia...





*Una aplicación de hormigón traslúcido en el cerramiento de una fábrica con estructura portante de hormigón. Clewinston. V. A.*

Recientemente se ha ensayado en Suecia y algún otro país de Europa la solución intermedia de persianas en la cámara de aire de un panel de doble vidrio. La solución, como intermedia, está entre los dos extremos: inferior a la situación externa, pero superior a la colocación interior. Sin embargo, tiene el inconveniente de la dificultad de lograr una cámara eficazmente estanca (por los mecanismos de maniobra, etc.) con los derivados inconvenientes en relación con el aislamiento, la formación de humedades y los depósitos interiores de polvo.

Pero si la persiana interior es discutible, tampoco cabe negar las ventajas de otras soluciones nuevas que culminan en fachadas de vidriado profundo con interposición—entre pantalla y vidrio—de una a modo de cámara o galería aislante, que evita toda radiación directa sobre las superficies de vidrio y los paramentos de fachada, con reducción de su temperatura y, en consecuencia, de la radiación hacia el interior. Es la solución lógica de un Ministerio brasileño que, por conocida, no merece ser analizada.

Tampoco caben negar—estamos en este punto del todo de acuerdo con Moya—los desastrosos resultados “visión de mula” de muchas de estas soluciones, aquellas que con tanto cuidado tratan de no fotografiar desde el interior para mostrar el maltrecho paisaje dejado a la contemplación. Pero pueden, ¿quién lo duda!, hallarse excelentes ejemplos, donde la protección del

vidrio no impide lo que puede y debe ser una despejada y libre visión del paisaje.

La investigación del comportamiento térmico de estos nuevos tipos de fachadas y cerramientos pudiera ser una de las más interesantes tareas de la técnica de la construcción, por sus consecuencias en la aplicación de estas soluciones, que, como las de Río de Janeiro, sólo encuentran su defensa, un tanto *a posteriori*, en la experiencia directa de lo construido, con lo que la tecnología—tan cacareada—de nuestro siglo viene a proceder con el mismo escaso rigor que la de los maestros del Medievo, que basaban la estabilidad de una bóveda en la experiencia y el fracaso de las ya anteriormente construidas...

No queremos terminar estas notas sobre el comportamiento térmico del vidrio sin referirnos al efecto de la inercia térmica y el retardo en la transmisión de calor (Time-Lag). La arquitectura moderna, de huecos amplios y cerramientos ligeros, es mucho menos inerte que la tradicional de fábricas macizas: éstas pueden obrar como un excelente volante de regulación que compensa las “puntas” y circunstancias climatológicas extremas del día y la noche. Sin embargo, la ligereza a la reacción térmica o prontitud térmica—que no quiere decir mayor permeabilidad a la transmisión calorífica—deja de ser un inconveniente en edificios dotados de instalaciones automáticas de control (termosta-

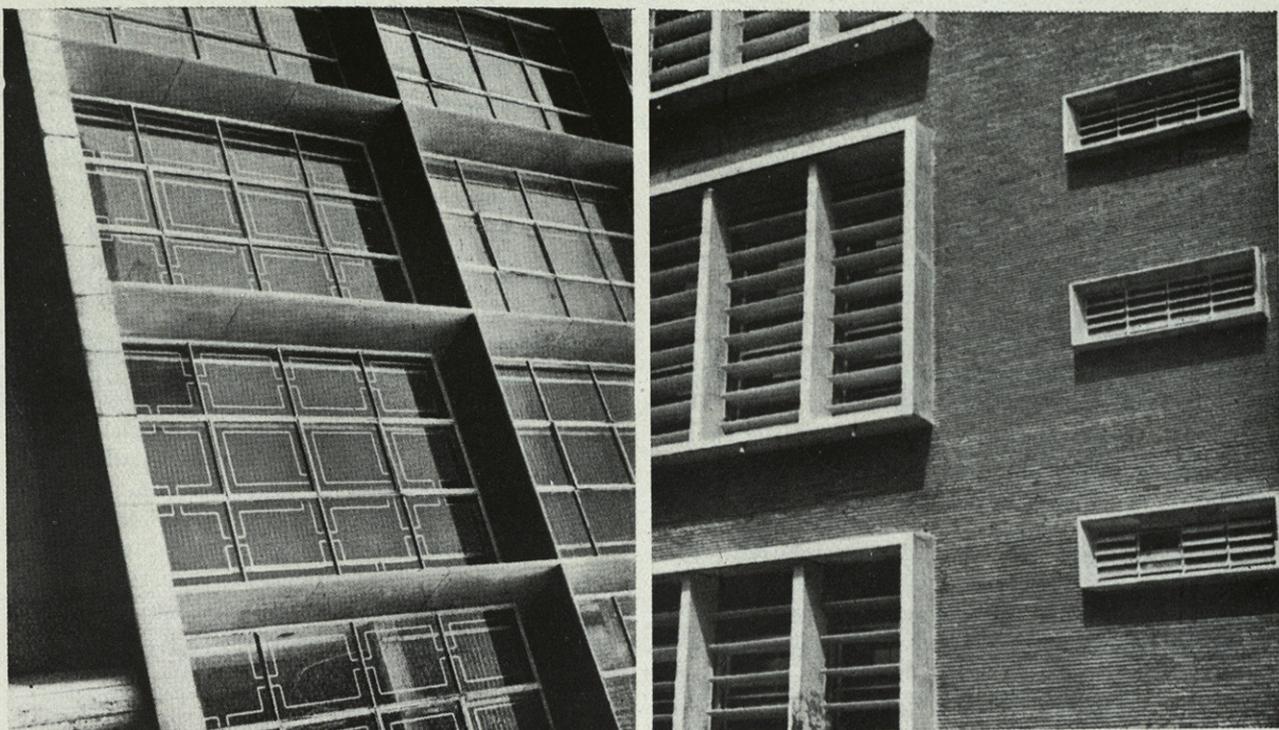


*Una ya típica aplicación de viseras para la protección de las superficies vidriadas frente a la excesiva irradiación solar de verano. Visera abierta para permitir la circulación vertical del aire caldeado ante la ventana.*

tos y confortatos, situados tanto en los locales interiores como convenientemente distribuidos en fachadas para acusar en todo instante sobre la central de calor la radiación directa del cielo, las radiaciones reflejadas por los edificios próximos, los efectos de viento, etcétera, amoldando así en todo instante la producción calorífica a las necesidades reales del edificio en cada momento), donde aquella inercia actúa sólo a modo de freno o retardo ante la acción automática de regulación, y como tal es no sólo conveniente, sino tal vez de efecto pasivo, perjudicial. Nada mejor a este propósito que la comparación de Paul Abraham entre el pesado matraz de boticario y el ligero termo aislante. En el primero, un líquido vertido caliente o frío, pier-

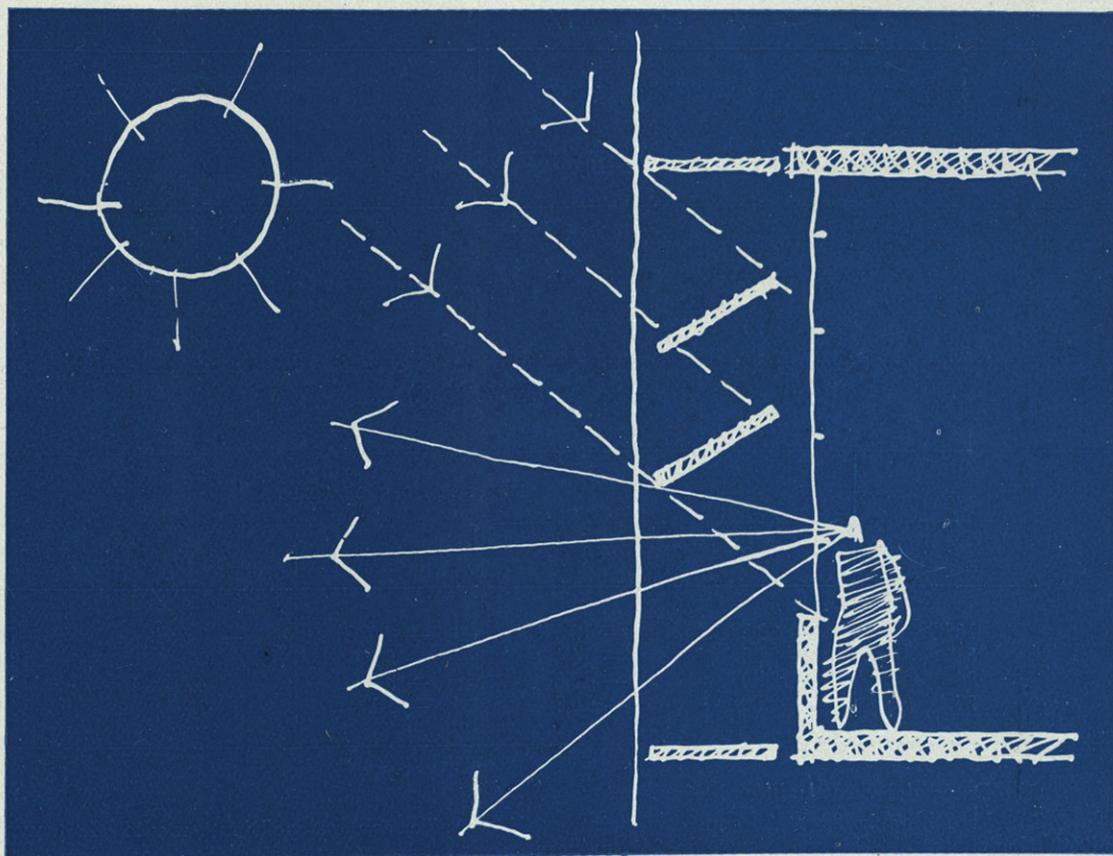
de rápidamente sus características al contacto con la gran masa del mortero; en cambio, en el segundo (termo) el líquido conserva en todo instante las condiciones primeras.

La nueva arquitectura del vidrio, arquitectura de inercia nula, exige como complemento necesario la presencia de unas instalaciones automáticas de control, que alcanzan así categoría de esenciales. Instalaciones automáticas sensibles, basadas en elementos tan simples como pequeños termostatos de precio insignificante, con un ahorro de combustible notable, fruto de esta automática adaptación de la producción de calor a las condiciones del clima externo.



*Pantallas adecuadas para dotar al espectador de "visión de mula", que dijera Moya... Arquitectura moderna; liberación del hueco en muros sin carga; amplios ventanales..., que luego se cierran de hormigón-amianto. El fallo no está en la lógica de la pantalla, sino en lo ilógico de su aplicación.*

*Detalle de la solución de pantallas en el Ministerio de Educación de Río de Janeiro, que evitando la penetración solar directa, permite, no obstante, la visión despejada del exterior.*



**Condensación de humedad en el vidrio.**—La aparición de humedades sobre la cara interna de las superficies acristaladas, depositada generalmente en forma de ligeras gotitas de vapor de agua, es una de las consecuencias derivadas de la baja temperatura de la superficie interior de un vidrio, lógico resultado de su baja resistencia a la transmisión térmica. En los días fríos, cuando la temperatura de la superficie interior del vidrio descende por debajo de la de rocío correspondiente a las condiciones temperatura-humedad del ambiente interior, la condensación es fenómeno inevitable.

La adopción de modernas instalaciones de calefacción y clima artificial, con mayores niveles de temperatura y, sobre todo, de humedad en los locales de habitación, agrava de por sí este problema, que tiene como consecuencia principal la limitación de la transparencia luminosa, anulación de las vistas y la acumulación de humedades en la parte baja de los huecos.

La solución única consiste en aumentar la resistencia térmica del vidrio, de modo que la temperatura de la superficie interior esté por encima de la correspondiente de la temperatura de rocío. La adopción de paneles múltiples de vidrio, normalmente paneles dobles, que

la acústica y la economía de combustible habían ya apuntado como una necesidad, es, en la mayoría de los casos, solución suficiente para evitar aquellas condensaciones en los locales de ocupación normal. Cuando los paneles aislantes se realizan a pie de obra sin junta hermética y, por tanto, sin estanqueidad perfecta, cabe aún la aparición de condensación en el espacio interior del panel. En este caso, la solución estriba en hacer que la permeabilidad al vapor del conjunto (panel) sea creciente de dentro afuera; en otras palabras: que el aire interior encerrado esté más cerca en su contenido de humedad de la composición del aire exterior, que al estar más caliente se alejará en la misma medida del punto de rocío. La perforación de pequeñas aberturas en la lámina exterior del panel es, por lo general, medida suficiente, aunque tal disposición puede originar depósitos de polvo, que, en definitiva, apuntan como verdadera solución la de los paneles totalmente herméticos (Thermopane, Solex, etc.).

A continuación damos algunos datos de condensación en las superficies vidriadas normales y en la construcción de hormigón traslúcido, que por su mejor aislamiento son, a este efecto, más ventajosas:

#### CONDENSACION DE HUMEDAD SOBRE LAS SUPERFICIES VIDRIADAS (1)

*Temperaturas exteriores que originan condensaciones en la cara interior de una ventana con cristal sencillo*

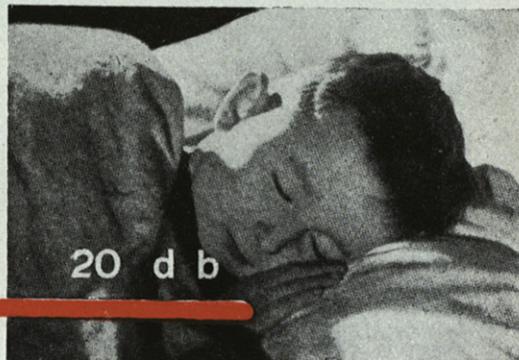
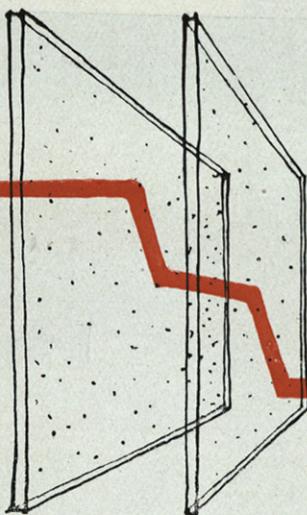
TEMPERATURA INTERIOR	HUMEDAD RELATIVA				
	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
18°C.	— 2,0°C.	2,8°C.	7,2°C.	10,0°C.	13,4°C.
21	1,0	5,5	10,0	12,8	16,0
24	3,3	8,3	11,6	15,5	19,2
27	5,5	10,6	14,4	19,2	21,5

*Temperaturas exteriores que originan condensaciones en la cara interior de un cerramiento de hormigón traslúcido (2).*

TEMPERATURA INTERIOR	HUMEDAD RELATIVA				
	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %
18°C.	— 28,5°C.	— 16,8°C.	— 7,8°C.	— 0,5°C.	7,2°C.
21	— 25,5	— 14,4	— 5,0	2,2	10,0
24	— 24,0	— 12,8	— 3,9	4,4	11,2
27	— 22,0	— 10,5	— 1,1	7,2	14,0

(1) Datos del *Sweet's File*. 1948.

(2) Para bloques 20 × 20 con cámara intermedia de aire, con un coeficiente medio de transmisión de 2,25 a 2,40 Kcal/hora/m<sup>2</sup>/°C. para viento de 24 km/hora.



**Comportamiento acústico.**—El problema de aislamiento del edificio de los ruidos y vibraciones adquiere hoy día una esencial importancia. Todos los recursos de la técnica y la ciencia han de combinarse para lograr que, dentro de las condiciones impuestas por las características de la edificación moderna, el nivel acústico de los locales satisfaga las condiciones requeridas para su uso.

Conviene recordar que la intensidad media de las distintas causas productoras de sonido varía desde el nivel de 10 db. en un jardín tranquilo, 30 db. en las habitaciones privadas con conversación normal, 60 db. en las calles tranquilas de una gran ciudad, 80 db. en las de mucho tráfico, hasta el nivel máximo de 110 a 120 db. en las proximidades de un motor de aviación. Y que los niveles sonoros aconsejables en los distintos locales pueden fijarse en:

Salas de transmisión de radio y estudios	
de cine...	20 a 22 db.
Hospitales...	20 a 25 —
Salas para estudio de música...	20 a 27 —
Locales de habitación...	20 a 25 —
Teatros, auditorios, salas de lectura...	24 a 36 —
Oficinas privadas...	34 a 40 —
Oficinas públicas...	35 a 50 —

En consecuencia, que si una ventana da a una arteria ciudadana de tráfico intenso (80 db.), y en el local el nivel aceptable es de 20 db., ha de utilizarse un material para el hueco de una absorción  $80 - 20 = 60$  db., que no satisface la lámina sencilla de vidrio, cuya absorción para las frecuencias normales es:

**ASLAMIENTO ACUSTICO DE VIDRIOS PLANOS (1)**

Espesor mm.	P e s o kg/m <sup>2</sup>	Absorción acústica para frecuencias normales decibel
2,2	5,5	33,8
3,0	7,5	35,4
4	10	37,4
5	12,5	38
7	17,3	40
8	20	41,2

(A partir de los 8 mm., la absorción puede suponerse aproximadamente de 1,3 db. por cada mm.)

(1) Datos de la revista *Oesterreichische Glaser Zeitung*, núm. 10. 1950.

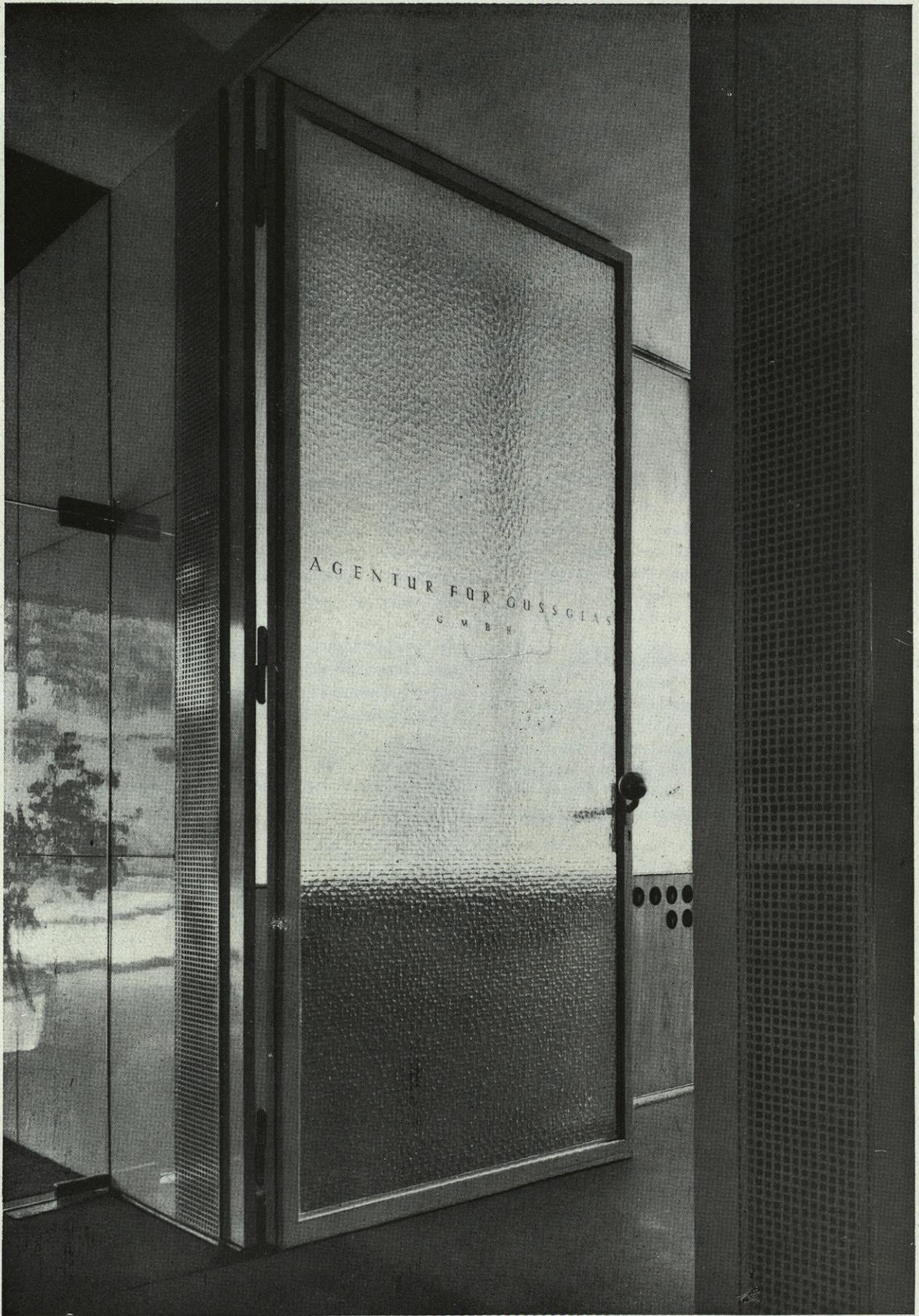
La ventana ordinaria es, pues, al igual que sucediera en su comportamiento térmico, inadecuada para los requisitos de protección fónica, pudiendo considerarse abandonada frente a nuevas soluciones de paneles múltiples, cuya resistencia es muy superior a la de una hoja única de peso equivalente.

Si se pretendiera resolver el aislamiento con una única lámina de vidrio, se requeriría para este caso un grosor prohibitivo: 22,4 mm. (según la tabla anterior, 8 mm. absorben 41,2 db., y para los restantes  $60 - 41,2 = 18,8$  db., se precisarían  $18,8/1,3 = 14,4$  mm.; en total, 22,4 mm.). En cambio, recurriendo al panel doble bastarían dos láminas de 2,2 mm., que absorben separadamente 32,8 db., ya que se puede aceptar que el aislamiento de un panel doble es, al menos, el duplo del poder aislante, por separado, de cada lámina. El peso de material por m<sup>2</sup> sería para este caso de 11 kilogramos frente a los 56 requeridos en la solución de lámina sencilla.

En definitiva, que, como ocurriera en su comportamiento térmico, la ventana sencilla ha venido a ser sustituida por paneles múltiples de hojas ligeras.

La separación ideal entre las hojas del panel, en cuanto a la acústica se refiere, es del orden de los 5 y mejor aún 10 cms., distancia un tanto superior a la requerida para un aceptable aislamiento térmico. Sin embargo, separaciones menores también dan buenos resultados prácticos. Asimismo, conviene, por lo general, adoptar grosores distintos en las hojas que componen el panel, para evitar que el conjunto entre fácilmente en resonancia.

En cuanto al aislamiento fónico de los bloques de hormigón traslúcido, su absorción es, por lo común, muy aceptable. Para los bloques de doble cavidad, con cámara intermedia de aire, la absorción oscila entre los 40 y 50 db., que supera a la de un buen tabique aislante de yeso (8 cm.), cuya absorción está comprendida entre los 35 y 45 db.



*Casa del vidrio en Dusseldorf.*