

# aislamiento, bienestar y ahorro de energía

ARTURO GARCIA ARROYO,  
Dr. en Ciencias Físicas

190-1

## II. REGLAS CONSTRUCTIVAS PARA LA PRACTICA DE LOS PROYECTOS

### 1. INTRODUCCION

En un artículo anterior (\*)  
hablábamos con cierto  
detenimiento de los procesos  
térmicos del edificio.

Vimos cómo el paso de calor  
se rige por unas leyes  
físicas concretas y de fácil  
cálculo. No ocurre lo mismo  
con los fenómenos de  
transporte de humedad.

Los cálculos del paso de  
vapor son bastante difíciles,  
mientras que los de humedad,  
en su fase líquida,  
son imposibles. Sin embargo,  
estos fenómenos tienen  
una ventaja sobre los  
térmicos; al menos  
a posteriori, sus efectos son  
fácilmente localizables por  
dejar manchas sobre los  
elementos constructivos.

¿Cómo preverlos? Conocida  
su tendencia a buscar la  
posición de equilibrio entre  
dos ambientes con distinta  
humedad relativa  
(el agua va hacia las zonas  
más secas) o de diferente  
tensión de vapor  
(éste se transporta desde el  
de mayor presión de vapor  
al de menor), así como  
la resistencia característica  
de los materiales  
separadores, no resultará  
muy difícil controlar  
el proceso.

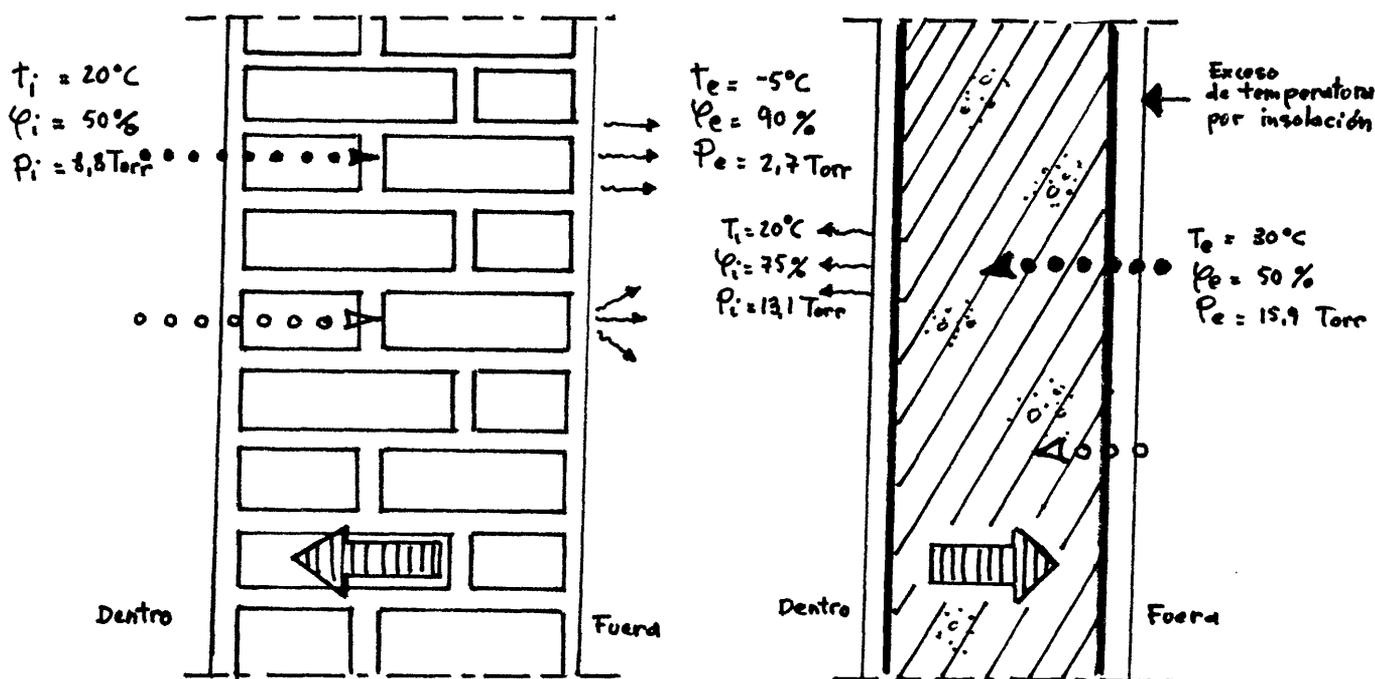
(\*) INFORMES DE LA CONSTRUCCION, núm. 277.

### sinopsis

La continua aparición de nuevos materiales, la tendencia general al aligeramiento de las cargas estructurales, el incremento de los niveles individuales de bienestar, la extensión de los equipos mecánicos de acondicionamiento ambiental a la mayoría de las viviendas actualmente en construcción, y el ininterrumpido y sustancial crecimiento en los costos de los combustibles orgánicos, han dado lugar al replanteamiento, en extensión y profundidad, de las bases físico-constructivas en las que descansa la problemática funcional de los recintos habitacionales.

Se aborda aquí el estudio de las disposiciones constructivas idóneas para la práctica de los proyectos arquitecturales de los diferentes elementos constructivos, a fin de obtener su máxima funcionalidad como reguladores de las solicitaciones ambientales perturbadoras del bienestar.

Como ya se advirtió, éste es el segundo artículo de la serie de tres que aparecen en 3 números sucesivos de INFORMES DE LA CONSTRUCCION.



Sabemos que el vapor de agua busca su posición de equilibrio, aun venciendo la acción de la gravedad, siguiendo los caminos libres de los poros y los conductos capilares, independientemente de la presión barométrica o de que las temperaturas de los ambientes estén en equilibrio o no. Sin embargo, generalmente coinciden los cambios de vapor de agua con importantes variaciones de la temperatura, dado que cuanto mayor es la temperatura, más alta suele ser la tensión de vapor de agua del ambiente, siguiendo entonces ambos procesos el mismo sentido de propagación. Por otra parte, la tensión de vapor del aire no es ilimitada; es claro que cuando, para

una temperatura determinada, se alcanza el punto máximo de admisibilidad de partículas de vapor de agua en suspensión en el aire, éstas se condensan en forma de líquido, cosa que lógicamente ocurre también cuando la temperatura desciende por debajo del límite a la que se tiene la tensión de saturación (punto de rocío). En cocinas y baños, fundamentalmente, se observa este tipo de fenómenos.

En cuanto al proceso de transmisión de agua en estado líquido, se trata de un fenómeno distinto al del transporte de vapor y calor, llegando en ocasiones a contraponerse con éstos.

La humedad en estado líquido siempre se traslada hacia el lugar relativamente más seco a través de la red capilar del material. En aquellos que no tienen capilares, como en los que existen células cerradas (poliuretano expandido, por ejemplo) este tipo de transporte no se produce.

Sin embargo, en otros, como el ladrillo, yeso, mortero, dotados de una buena red capilar, dicho intercambio es continuo, puesto que siempre contienen algo de agua, bien procedente de las precipitaciones o como componente de su naturaleza y proceso de fabricación.

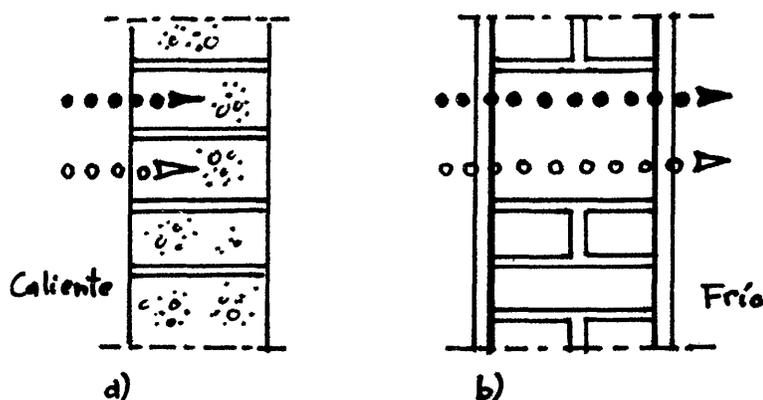
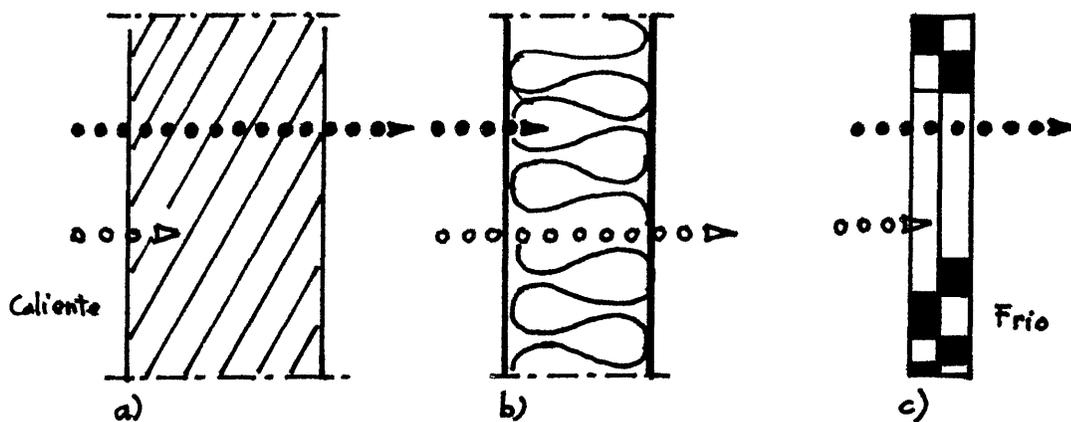
Los primeros se comportan de un modo «inarmónico», mientras lo hacen »armónicamente» los segundos.

Con estos ejemplos vemos cómo los intercambios de calor y humedad en los elementos constructivos exteriores pueden ser regulados convenientemente a través de la elección apropiada de los materiales que los integran, así como de la disposición y ordenación óptima de los mismos.

A modo de ilustración, veamos en las figuras siguientes cuál es el comportamiento de distintos materiales de cerramiento, comúnmente empleados en nuestro país, frente a la acción de un fenómeno de transporte de calor y de humedad.

Basándonos en esta serie de conocimientos, y sin más preámbulos, pasaremos a señalar a continuación algunas disposiciones (generales y específicas) para la práctica de los proyectos, desde el punto de vista del aislamiento térmico de la edificación.

Daremos unos ejemplos a modo de guía u orientación, ya que la consideración exhaustiva de la casuística, en lo que a condiciones climáticas, funcionales y estructurales se refiere, es tan amplia que su consideración detallada haría interminable este trabajo.



## 2. PAREDES Y TECHOS

### 2.1. Disposiciones generales

- a) En el interior de los elementos de obra contruidos en forma poco adecuada puede depositarse agua de condensación, especialmente cuando están dispuestos según varias capas y éstas no están situadas en la forma debida.

Se forma en ellos agua de condensación cuando el vapor de agua puede llegar al interior de su masa procedente de los locales del edificio (por difusión, o efecto capilar, y también por grietas y juntas), y una vez allí, tropieza con capas cuya temperatura se encuentra por debajo del punto de rocío. Este agua de condensación puede disminuir considerablemente la resistencia térmica de aquellos elementos de obra, aparte de otros daños que a la misma puede ocasionar.

En las partes de obras que dan al exterior y que están hechas de varias capas (paredes y techos), una equivocada disposición de dichas capas puede conducir a la formación de agua de condensación, que influye desfavorablemente en el aislamiento térmico. Los materiales muy permeables al vapor de agua colocados en la cara caliente de la pared favorecen la penetración del vapor de agua procedente de los locales del edificio hacia el interior de las paredes de cerramiento.

Existen las siguientes posibilidades para evitar que se forme agua de condensación en el interior de los elementos de obra:

- Disminución del grado de humedad (o humedad relativa) en los locales interiores (por ejemplo, mediante una buena ventilación).
- Aumento de la resistencia al vapor en la parte caliente de las paredes y techos (por ejemplo, mediante la aplicación de capas de barrera contra el vapor).
- Reducción de la resistencia al vapor en la parte fría de las paredes (por ejemplo con el empleo de materiales de poca resistencia a la difusión del vapor, de modo que la cara fría permita una buena evaporación).

- b) Las paredes y techos, sobre todo si están enlucidos, son, generalmente, poco permeables al aire, de manera que la pérdida de calor por convección es pequeña.

No hay «respiración» por las paredes en el sentido de una renovación del aire de los locales interiores. En cambio, por razones higiénicas y técnicas, conviene que la cara interna de las paredes tenga cierta absorción para el vapor de agua; el enlucido de yeso y los cartones absorbentes pueden llenar esta misión (enlucidos tampón). Para impedir la penetración hacia el interior de los elementos de obra de las cantidades de vapor de agua absorbidas por esos enlucidos cuando la humedad relativa es muy alta, puede ser oportuno disponer de una capa lo más impermeable posible al vapor (barrera) inmediatamente detrás de ellos, sobre todo si se trata de paredes de varias capas. La humedad absorbida por los revestimientos tampón deberá ser de nuevo cedida al aire del local en los períodos de poca humedad. Esto se logra ventilando los locales (ventanas abiertas, chimeneas de ventilación, etc.).

- c) Las paredes exteriores, de albañilería sin enlucir por la parte externa, deberán hacerse con materiales resistentes a las heladas, rejuntados en forma bien compacta.

Las paredes exteriores construidas con materiales heladizos o con materiales de construcción muy absorbentes del agua, para quedar protegidas tienen que ser enlucidas por su cara exterior con una capa hidrófuga o bien con otra protección suficiente contra la intemperie, tal como, por ejemplo, un revestimiento de tablas, pizarra, piedra u otros materiales equivalentes.

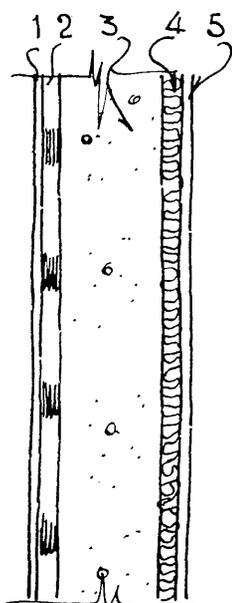
En construcciones en que no importa la ausencia de una protección contra la intemperie pueden permitirse excepciones sobre este particular.

En construcciones a base de entramados y estructuras de madera, ésta puede quedar sin enlucir.

Estos puntos revisten especial importancia en la obra de fábrica hecha con ladrillo hueco o con bloques de hormigón ligero, ya que ambos materiales exigen ser protegidos contra la humedad si han de garantizar una buena protección térmica.

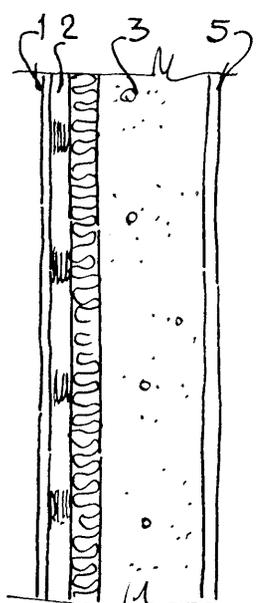
La condensación sobre los paramentos interiores no puede evitarse si las condiciones son desfavorables (mucho frío y locales pequeños con gran humedad), y tampoco puede evitarse con revestimientos y pinturas; sin embargo, una buena protección térmica aminora el peligro de la condensación. En cocinas y cuartos de baño desprovistos de calefacción o calentados sólo en escasas ocasiones, no pueden evitarse las condensaciones en paredes y techos, aunque se disponga en ellos de la mejor protección térmica.

- d) Las paredes y techos acumuladores de calor son necesarios para impedir en invierno un enfriamiento demasiado rápido de los locales si falla la calefacción, y en verano un calentamiento súbito. El efecto es tanto mejor, cuanto mayor sea la capacidad de acumulación de la obra y cuanto más acertada sea su disposición.



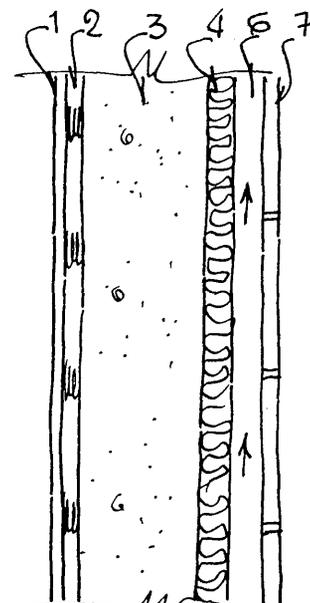
ACUMULADOR

- 1.- TENDIDO "TAMPÓN"
- 2.- BARRERA DE VAPOR
- 3.- CERRAMIENTO TRADICIONAL
- 4.- AISLANTE



NO ACUMULADOR

- 5.- CAPA HIDROFUGA
- 6.- CAMARA DE AIRE VENTILADA
- 7.- PANTALLA



REFRIGERADO

Cuando las paredes o techos actúen como acumuladores para regular la temperatura, convendrá aplicarles por su cara exterior una capa lo más aislante posible. Esta disposición aumenta los tiempos de calentamiento y enfriamiento de los locales. Cuando se desee que los locales puedan calentarse en poco tiempo, por ser de utilización accidental, carece de importancia el hecho de que también sea rápido su enfriamiento (iglesias, salas de conferencias, de conciertos, etc.), y hay que proceder entonces a la inversa para impedir que el calor penetre en la obra.

## 2.2. Disposiciones específicas

Se dan aquí, igual que en los apartados siguientes, determinadas disposiciones prácticas para el aislamiento de los elementos estructurales de una construcción a manera de guía y orientación, ya que los métodos de empleo dependerán de las características propias de cada edificio.

### 2.2.1. Muros exteriores de cerramiento

Los muros ordinarios de albañilería u hormigón no aseguran por sí solos un buen aislamiento. Pueden enfriarse hasta el extremo de que el agua se condense sobre su superficie interior.

El aislamiento de los muros exteriores debe ser importante detrás de los radiadores de calefacción para evitar fugas de calor directas del radiador al muro, pues la temperatura es mucho más elevada en esta zona.

Según las circunstancias, muros oeste-este en climas muy soleados, por ejemplo, es aconsejable el empleo del sistema de «refrigeración de muros» para reducir el efecto de la radiación solar mediante el uso de mamparas en la cara externa del muro con ventilación de aire entre éste y aquélla. Básicamente se realiza con una plancha metálica, albañilería o paneles de fibrocemento separadas de la masa del muro con circulación de aire verticalmente (ver figura).

Los efectos conseguidos por este sistema son: que reduce la temperatura resultante sobre la cara externa del muro, dándoles unas condiciones parecidas a la de un muro a la sombra u orientado al norte, y que aumenta el efecto chimenea que tiende a mantener la temperatura de la masa mural inferior a la externa.

La importancia económica de este procedimiento depende de la orientación y del color, por lo que debe estudiarse en cada caso particular.

#### **2.2.2. Muros exteriores de sótanos**

Deberán impermeabilizarse exteriormente y estar provistos en su interior de un aislante térmico normal del tipo de los aislantes inorgánicos.

#### **2.2.3. Muros interiores y de medianería**

Cuando estos muros sean adyacentes a piezas cerradas, no calentadas, deben emplearse también ladrillos o paneles aislantes. Si bien será suficiente con la mitad de la resistencia térmica que se les exigiría si fueran exteriores o adyacentes a locales abiertos no calefactados.

### **3. CUBIERTAS Y FORJADOS**

#### **3.1. Disposiciones generales**

Para las cubiertas con pendiente débil se recomienda disponer la capa aislante del calor al exterior, con objeto de disminuir el efecto de los rayos solares.

Protección contra la humedad en las cubiertas:

las cubiertas de poca pendiente, con revestimiento exterior impermeable, al actuar a modo de barrera contra el vapor, impiden la evaporación y difusión hacia el exterior del vapor de agua procedente del interior. En tales casos se recomienda la aplicación de otra barrera contra el vapor por la parte interior de la cubierta y, al mismo tiempo, una ventilación artificial de los locales. Bajo la capa de barrera contra el vapor será necesario colocar un «tampón» (cielo raso absorbente).

En las buhardillas no habitables o de construcción incompleta habrá que procurar disponer de una ventilación natural.

### 3.1.2. Importancia de la temperatura en la expansión de las juntas.

El calor que es absorbido por la cubierta se transmite hacia abajo, al interior del local, en donde la temperatura en invierno permanece, o así puede considerarse, constante en virtud del acondicionamiento térmico. En este caso la temperatura de la cara interna del revestimiento será distinta de la externa, creándose un movimiento térmico de la parte más cálida a la más fría.

Los asfaltos y alquitranes tienen un coeficiente de dilatación o contracción (medido a bajas temperaturas cuando el material es quebradizo) similar al de los metales más comúnmente empleados. Esta característica se verá modificada con el revestimiento del techo, lo que deberá tenerse en cuenta para la determinación de los espacios de expansión de las juntas. Cuando la temperatura externa experimenta un descenso o aumento brusco puede crear fuerzas de la suficiente magnitud como para provocar roturas en las membranas hidrófobas del revestimiento, por lo que las juntas de expansión se deben situar en pequeños intervalos.

Se puede decir, en resumen, que cuanto menor es el revestimiento aislante de las cubiertas se requieren menos juntas de dilatación, para una longitud determinada.

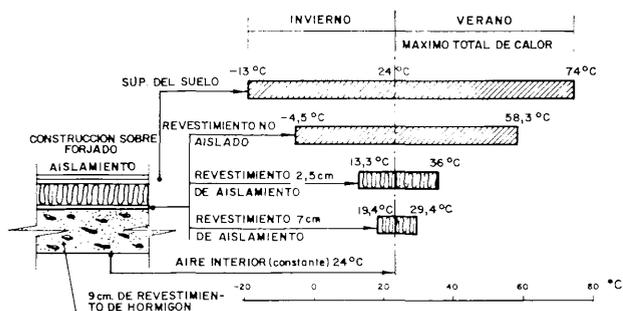
Esto será válido cuando se tiene una membrana hidrófoba lo suficientemente elástica como para tolerar los cambios bruscos antes mencionados, tales como días cálidos seguidos de noches frescas. Algunos nuevos materiales tienen esta propiedad de la elasticidad. De todos modos deberán practicarse juntas de dilatación como las empleadas para revestimientos sin aislamiento (\*).

(\*) Ver: Tyler Stewart, Rogers, «Thermal Design of Buildings».

### 3.1.1. Color y acabado de cubiertas

Ya se sabe la gran importancia que encierra para los materiales y elementos constructivos su color, sobre todo cuando se refieren al confort de verano, pues al recibir los rayos solares la temperatura superficial aumenta considerablemente (podemos suponer que en Sevilla, para una temperatura ambiente de 35° C, una terraza puede alcanzar más de 75° C de temperatura superficial), con la consiguiente influencia sobre el confort interior (\*). Cuando los acabados son en negro asfáltico u otra superficie bituminosa la absorción calorífica alcanza el 93 %, mientras que los acabados en blanco se encuentran alrededor del 20 %. Aunque no está muy extendido en la práctica se pueden y deben emplear los acabados en colores claros, pero esto debe ser tenido muy en cuenta para los cálculos de aire acondicionado, ya que representa un factor básico.

(\*) Ver INFORMES DE LA CONSTRUCCION, núm. 277.



### 3.2. Disposiciones específicas

En muchos aspectos, la construcción de cubiertas y forjados lleva consigo una serie de factores complejos más importantes que cualquier otro elemento del edificio. Para su ejecución se han de tener en cuenta factores tales como: material, acabado y color, así como necesidades de revestimiento, aislantes suplementarios, propiedades térmicas de éstos, humedades relativas permisibles, etc. Ocurre que muchos de estos factores pueden estar interrelacionados afectando una propiedad sobre otra. Tal es el caso de la repercusión que entraña en la resistencia de la construcción cuando se dispone una combinación de cubiertas y techo. Esta interrelación también afecta a la tolerancia de humedad relativa y al valor del coeficiente global de transmisión térmica  $k$  al estudiarlos como un conjunto.

#### 3.2.1. Conjunto cubierta-forjado no ventilado

Cuando se forma un conjunto con la cubierta y el forjado, dejando entre ellos un espacio de aire, sea cual fuere su naturaleza, no ventilado, se aumenta la resistencia térmica del conjunto (\*).

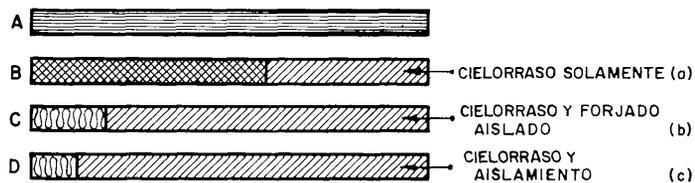
El aislamiento de estos elementos puede realizarse con: cielorrasos suspendidos —quedando éstos pobremente aislados—; la combinación de cielorraso con la cubierta aislada, o el aislamiento del cielorraso en vez de la cubierta. Esta última es la mejor solución ya que se consigue una resistencia térmica doble de la alcanzada con el método anterior. Si se aumenta la resistencia térmica del conjunto de una construcción por la parte más caliente, el de la barrera de vapor en invierno, disminuye la humedad relativa permisible, como puede verse en la siguiente figura.

(\*) Ver: Tyler Stewart, Rogers, «Thermal Design of Buildings».

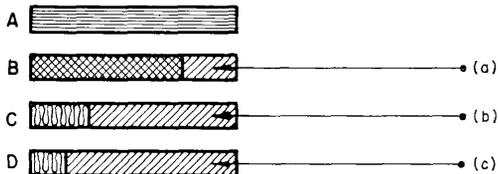
CLASE DE REVESTIMIENTO VALOR DE K EN kcal/m<sup>2</sup>.hr.°C REDUCCIONES EN LOS VALORES DE K ATRIBUIDOS A:



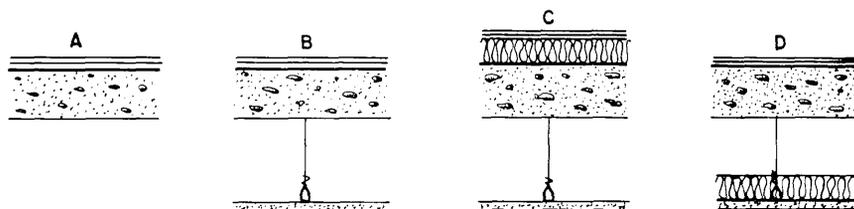
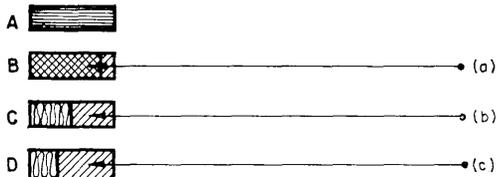
NO AISLADOS  
10 cm DE HORMIGON



SEMIAISLADOS  
5 cm DE YESO



AISLADOS  
7,5 cm DE FIBRA DE MADERA Y CEMENTO



	A	B	C	D
SOBRE FORJADO	NO	NO	NO	NO
AISLAMIENTO DEL FORJADO	NO	NO	NO	NO
REVESTIMIENTO DE HORMIGON	NO	NO	NO	NO
CAMARA DE AIRE	NO	CAMARA DE AIRE	NO VENTILADO	NO VENTILADO
FALSO TECHO	NO	NO	NO	NO
VALOR DE K	0,73	0,73	0,63	0,41
HUMEDAD RELATIVA PERMISIBLE %				
ZONA A	67 %	67 %	48 %	20 %
ZONA B	69 %	69 %	52 %	25 %
ZONA C	76 %	76 %	62 %	37 %

### 3.2.2. Conjunto cubierta-forjado ventilado

Cuando el espacio comprendido entre la cubierta y el forjado se ventila, cualquiera que sea el tipo de aire —exterior o interior—, se crea una serie de condiciones totalmente diferentes a las observadas en el apartado anterior.

En caso de que se permita circular el aire por este espacio —como puede suceder por los huecos, de forma que penetre la luz en los techos luminosos, o aberturas realizadas expresamente para que el aire circule a través de ellos—, la cubierta no tiene el mismo valor térmico que si se considera el conjunto formado por ésta y el forjado. Se ve que esto es cierto cuando se renueva el aire de aquel espacio con el de la parte interior del local, es decir, con su temperatura y humedad relativa; de lo que se deduce que el forjado no es una barrera para el paso del flujo de calor.

Sin embargo, cuando el espacio así formado se ventila con aire exterior, el forjado constituye la principal barrera para la pérdida o ganancia calorífica. Se pueden, por consiguiente, desestimar las cubiertas revestidas, excepto cuando actúen como aislante o sirvan para dar sombra al forjado.

La práctica de la ventilación de los espacios cubierta-forjado está muy extendida en construcción pues, mediante su empleo, se reducen sustancialmente los problemas de condensaciones y las ganancias caloríficas de verano, entre otros.

Las consecuencias principales que se deducen de lo antes dicho son:

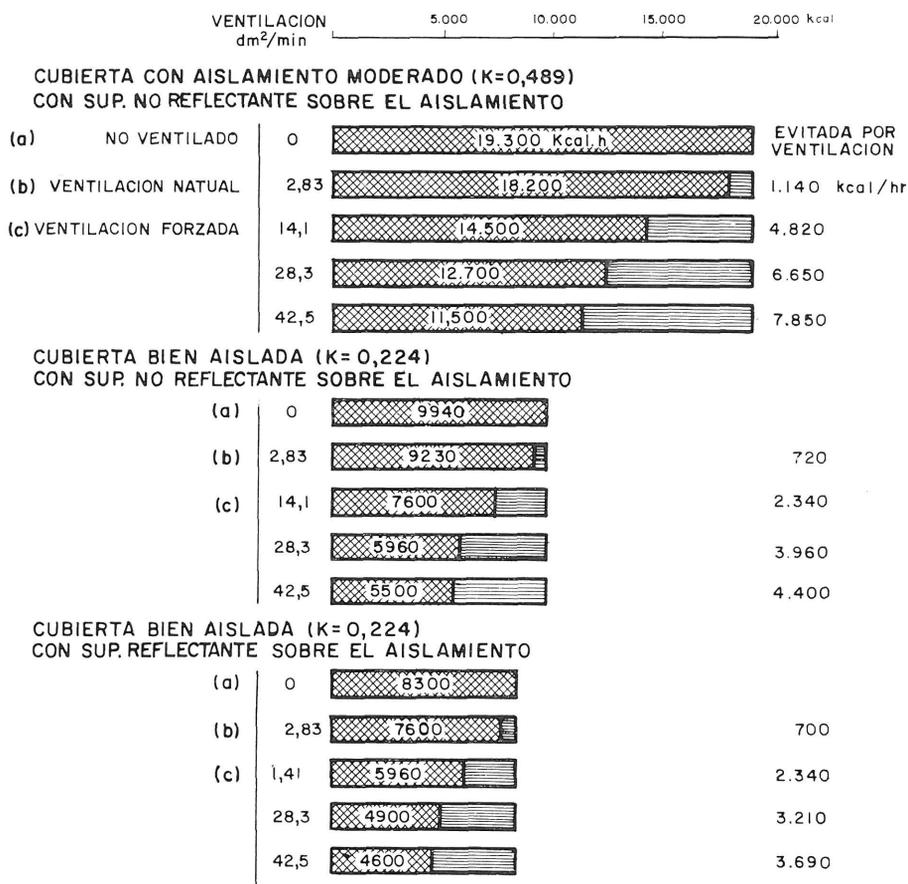
- a) el aislamiento que se requiere para un forjado debe ser de un tipo que sea fácil de instalar en las proporciones adecuadas, tanto antes como después de efectuada la obra, según las condiciones que figuren en el proyecto. Por otra parte, su colocación debe estar hecha de tal modo que sea factible el acceso al espacio superior del forjado para su inspección, mantenimiento o revisión;
- b) la colocación puede realizarse ocupando los espacios intermedios de la estructura del edificio, con aberturas de adecuado tamaño para permitir la ventilación;

- c) los conductos y tuberías que atraviesen estas zonas deberán estar aislados convenientemente para minimizar las pérdidas o ganancias caloríficas;
- d) es conveniente disponer una barrera de vapor en el forjado (debajo del aislamiento) que evite la acumulación de vapor en este recinto. Lo mismo se puede decir para los conductos del aire acondicionado a fin de reducir el influjo de humedad atmosférica con el consiguiente aumento en la potencia calorífica latente.

La figura siguiente muestra el comportamiento térmico de un conjunto cubierta-forjado en verano, ventilado con aire exterior (\*).

(\*) Ver: Tyler Stewart, Rogers, «Thermal Design of Buildings».

## GANANCIA DE CALOR SOLAR EN Kcal h. POR 100 m<sup>2</sup>



### 4. SUELOS Y PAVIMENTOS

#### 4.1. Disposiciones generales

a) Los pisos situados debajo de fregaderos, cocinas, baños, retretes y, en general, de todos los locales húmedos, habrán de ser protegidos contra la penetración de la humedad, ya que, como es bien sabido, la impregnación de ésta disminuye mucho el poder aislante de los materiales y, por lo tanto, la protección térmica. Esta protección también será necesaria en suelos de locales de planta baja sin sótanos, que, por estar destinados a estancia o residencia, requieren, junto con una suficiente protección térmica, una satisfactoria protección contra la humedad.

b) Los pavimentos o solados de los locales de residencia o de estancia prolongada del personal deberán tener una suficiente protección contra las pérdidas de calor por conducción, especialmente cuando se trata de suelos macizos. Esta condición la cumplen los pavimentos de madera (incluso los de tablillas o listones encolados), los de corcho y algunos revestimientos delgados, como los de linóleo, goma y materias textiles, cuando éstos pueden ser colocados sobre bases suficientemente aislantes.

#### 3.2.3. Cubierta-forjado sobre locales no calentados

Los elementos situados sobre piezas no calentadas constituyen a veces una parte importante de la superficie exterior de las piezas calentadas. En general, son fácilmente aislables. Los materiales a granel son los mejores. Conviene colocar en el lado caliente una barrera de vapor tal como un fieltro asfáltico o un material análogo destinado a detener el vapor de agua.

#### 4.2. Disposiciones específicas

La experiencia ha demostrado que los suelos fríos son una fuente de inconfort, debiendo estar la temperatura de éstos entre los 18° y 28° C según las estaciones y los tipos de individuos (mujeres, hombres, niños, etc.), ya que el índice de confort varía de un modo muy subjetivo.

Se observa que para suelos no calentados, en invierno su temperatura es superior a la del aire inmediatamente por encima de éstos, lo que se debe al flujo de calor radiado entre techo y suelo. De todas maneras, los suelos calefactores (existen diferentes procedimientos) pueden alcanzar la temperatura de 29° C sin producir sensación de inconfort.

Si consideramos que la diferencia entre las temperaturas de la superficie del suelo y del aire interior es mayor de 6° C en invierno, se produce inconfort para la mayoría de la gente. Veamos la tabla siguiente en la que los valores de *k* se dan para obtener una temperatura superficial de suelos aceptable:

#### 4.2.1. Suelos sobre espacios abiertos no calentados

Incluso los espacios estrechos ventilados deberán estar aislados en su cara interna, puesto que experimentan grandes diferencias climáticas sin contar con el beneficio solar. Para asegurar un adecuado confort deben tener un valor de *k* como el indicado en las dos primeras líneas de la tabla I.

#### 4.2.2. Suelos sobre garajes o muelles de carga

En caso de que éstos se calienten o no permaneciendo las puertas cerradas, se tomarán como espacios abiertos no calentados, puesto que de lo contrario se corre el riesgo de que aquéllas permanezcan abiertas largo tiempo y el beneficio de la calefacción sea mínimo.

#### 4.2.3. Soleras

Las plantas bajas mal aisladas recogen el frío y la humedad, por lo que es necesario disponer una capa espesa de escorias o similar a la que no es forzoso drenar.

Algunos autores aseguran que las pérdidas de calor se pueden reducir sensiblemente aislando bajo el solado y entre los bordes del suelo y el muro colindante.

La validez económica de estas normas dependen de muchos factores, pero determinables fácilmente en problemas específicos y concretos.

**TABLA I**

TEMPERATURA DESEADA DEL SUELO	VALOR NECESARIO DE <i>k</i>		
	Zona A *	Zona B *	Zona C *
A. Con temperatura del aire interior de 24° C:			
21°. Confortable.	0,292	0,34	0,486
18°. Medio.	0,635	0,68	0,965
16°. Inconfortable.	0,925	1,07	1,46
13°. Inconfortable.	1,27	1,41	1,94
B. Con temperatura del aire interior de 21° C:			
18°. Confortable.	0,34	0,39	0,535
16°. Medio.	0,68	0,78	1,07
13°. Inconfortable.	0,975	1,12	1,605
10°. Inconfortable.	1,33	1,51	2,08

\* Las zonas climáticas son las definidas por la U.E.A.t.c.

## 5. VENTANAS Y SUPERFICIES ACRISTALADAS

### 5.1. Disposiciones generales

Las ventanas exageradamente grandes aumentan las pérdidas de calor, aún en el caso de usarse doble acristalamiento.

En paredes exteriores de locales de residencia o de estancia será conveniente colocar dobles ventanas o ventanas compuestas (doble acristalamiento).

En tanto que en las paredes, techos y cubiertas, las pérdidas de calor son debidas, principalmente, a la conductividad térmica, en las ventanas la parte principal de las pérdidas de calor es debida a la permeabilidad al aire que ofrecen las juntas, debiendo prestarse un cuidado especial en procurar que cierren bien.

Los postigos de batientes, cuando están cerrados, y las persianas enrollables reducen notablemente el paso del calor por las ventanas. En el caso de ventanas dobles es recomendable poner las persianas enrollables entre las ventanas exteriores y las interiores, porque, entonces, no existe comunicación alguna entre el aire exterior y las cajas de las persianas enrollables y, de este modo, se evitarán pérdidas térmicas.

En todos los casos en que las ventanas tengan solamente la misión de dejar paso a la luz sin que deban ser utilizables para ver por ellas ni para ventilar, será conveniente sustituir las ventanas por tabiques hechos con baldosas de vidrio.

### 5.2. Disposiciones específicas

Las pérdidas de calor a través de las ventanas se deben a tres causas principales:

a) pérdidas por convección a través de los resquicios entre marco de la ventana y umbrales, montantes, tragaluces, etc.; b) efecto de puente térmico del marco de la misma, especialmente cuando éstos son metálicos; y c) la pérdida de calor a través del propio cristal mediante la convección y conducción superficial.

a) Actualmente se presta muy poca atención al ajuste en las juntas de aquellos elementos. Normalmente se emplea la sencilla junta de solapa la cual es claramente insuficiente. El sellado por tiras de poliuretano o cualquier otro material de este tipo, normalmente empleado por el propio usuario de la vivienda, no es una solución definitiva ya que las ventanas no están diseñadas para que ajusten con la incorporación de estos elementos, con lo que las pérdidas por infiltración permanecen o, en el caso mejor, se palían muy poco.

El problema de las pérdidas por infiltración pueden resolverse por dos sistemas:

El primero es el método normalmente empleado en Escandinavia, en el que se utilizan tipos especiales de pasadores de tracción doble para

presionar firmemente el borde del marco de la ventana contra una gruesa tira de sellado de sogas adherido a la cara exterior de la pared. Si se utiliza madera muy seca o madera laminada los problemas de alabeo serán despreciables.

El otro sistema consiste en emplear en el montaje de la ventana un procedimiento mejor de solapa y varias ranuras de descompresión.

Un método que combina estas dos técnicas se basa en la utilización de anchas tiras de solapa y juntas machihembradas profundamente al lado de las bisagras de las ventanas.

b) El problema de los puentes térmicos cobra un especial interés si existen marcos metálicos. Cuando en los marcos de ventanas no se han tenido en cuenta los puentes térmicos, se producen depósitos de suciedad en las paredes cercanas, fuertes condensaciones para humedades relativas del interior de los edificios bastante moderadas, y la formación de «corrientes de aire de radiación». Por esto, las ventanas metálicas deben diseñarse en dos secciones aisladas una de la otra mediante un material de alto vacío; de este modo, aparte de sufrir muy poco alabeo en el transcurso del tiempo son más fáciles de ajustar a las paredes circunvecinas sin dejar ningún resquicio de contracción.

En términos generales puede decirse que en el lugar donde se juntan los muros con las aberturas de ventanas debe aislarse con un material de alto vacío —lana mineral por ejemplo—, con la cual el efecto del puente térmico se reduce considerablemente.

- c) Las pérdidas de calor a través de la superficie de los cristales es bastante superior que las que se producen a través de la mayoría de las paredes, aunque éstas estén muy mal aisladas. Según el trabajo realizado por la O.C.D.E. en el año 1962 se llegó a la conclusión de que el doble acristalamiento resulta rentable en aquellas regiones en donde el número de grados-día, tomando la temperatura de base de 15° C, sea superior a 1.000. A la vista de éstos se recomienda el doble acristalamiento en casi todas las regiones españolas, salvo en la mayor parte de la costa mediterránea y sudatlántica. El triple acristalamiento solamente es aconsejable en puntos de alta montaña.

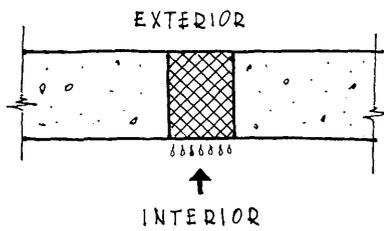
## 6. PUENTES TERMICOS

En casi todas las construcciones existen puntos débiles de mayor pérdida de calor (puentes térmicos) origen de un mal funcionamiento higrotérmico de los requisitos mínimos exigibles a una construcción desde el punto de vista del confort.

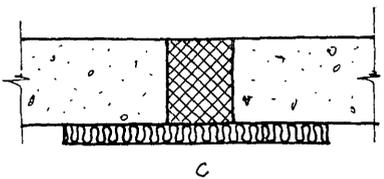
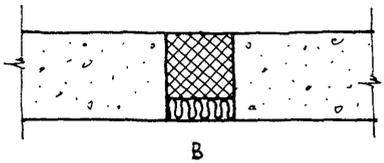
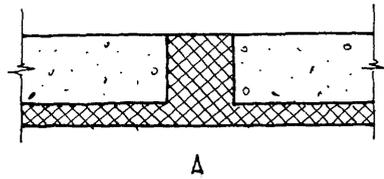
Se dan seguidamente algunas directrices a seguir para solucionar dicho problema en distintos tipos de puentes térmicos.

### 6.1. Muros pesados

La mejor medida que debe tomarse para luchar contra el efecto de un puente térmico en muros pesados es la de aislar a éstos por su parte interior con el mismo material de que está formado el resto de la pared o mediante la repartición interior con una lámina de hormigón. Estas dos soluciones permiten una perfecta homogeneidad del material en contacto con el revestimiento interior.



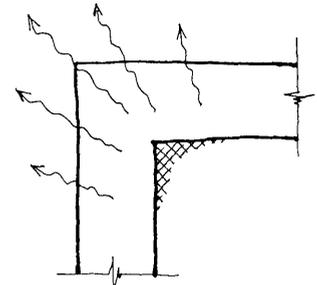
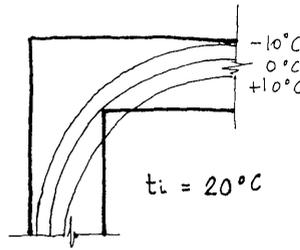
SOLUCIONES:



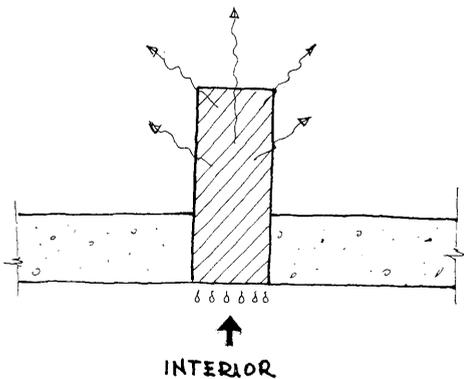
La repartición tiene la ventaja, además, de ser una solución simple para los muros de travesía y los forjados.

La colocación de aislantes ligeros, si bien son buenos bajo el aspecto estricto de la transmisión de calor, conducen a una heterogeneidad exterior que favorece las condensaciones y es perjudicial para la colocación de los enlucidos, debiendo entonces señalar los límites de la parte aislada por medio de cubrejuntas.

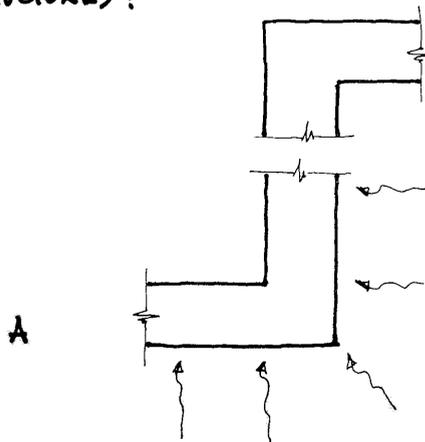
$t_e = -15^\circ\text{C}$



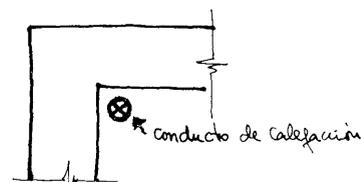
EXTERIOR



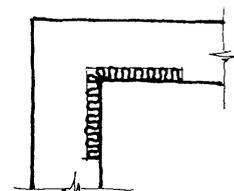
SOLUCIONES:



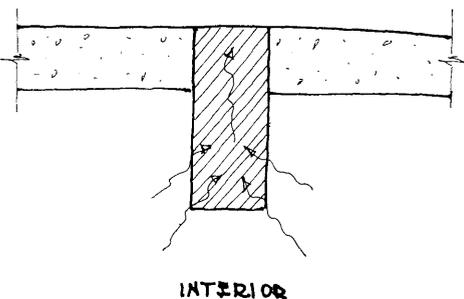
B



C

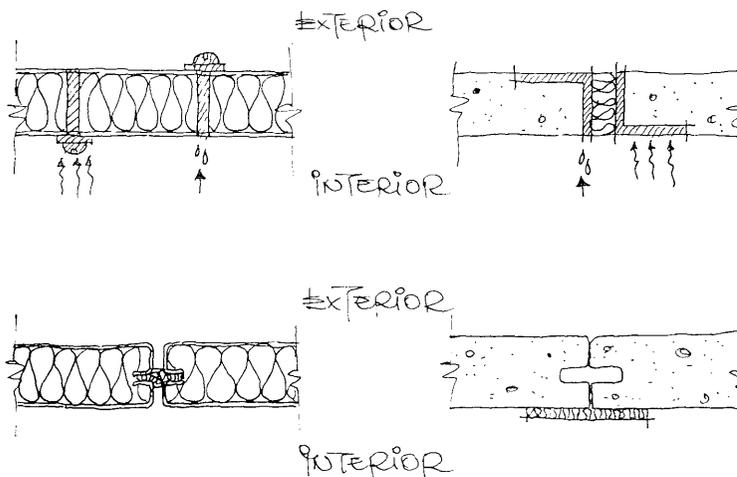


EXTERIOR



## 6.2. Muros ligeros

- No es admisible en ningún caso un puente térmico total, por muy pequeño que sea su espesor.
- Para los puentes térmicos interrumpidos se puede colocar bien un aislante térmico perfectamente continuo que separe las dos estructuras (el aire es suficiente) o bien que la sección total de unión entre las dos estructuras (pasadores por ejemplo) no pase de 1 cm<sup>2</sup> por metro lineal.



## 7. AISLAMIENTOS

### 7.1. Aislamientos superficiales

En la tabla II están clasificados los diez tipos básicos de aislamiento superficial y sus principales aplicaciones en la construcción.

Estos materiales pueden ser empleados en cualquier estructura, siendo sus resultados muy satisfactorios cuando su utilización se realiza con buen sentido.

TABLA II

AISLAMIENTOS EMPLEADOS	TIPOS									
	A. Panel de fibra orgánica	B. Panel de fibra inorgánica	C. Madera conglomerada	D. Panel de corcho	E. Espumas orgánicas	F. Espumas inorgánicas	G. Hormigón	H. Cristal	I. Materiales expandidos	J. Paneles prefabricados
1. Revestimiento de cubiertas	X		X	X			X	X		
2. Aislante de cubiertas	X	X		X	X	X	X		*	
3. Paneles	X	X	X	X	X					
4. Loetas acústicas	X	X	X	X	X					
5. Paneles de techos	X	X		X						
6. Revestimientos exteriores	X									
7. Relleno intermedio	X	X								
8. Acabado interior	X			X						
9. Huecos y muros cortina		X			X	X		X		X
10. Aislantes perimetrales		X			X	X				
11. Aislante del frío		X		X	X	X				
12. Aislante de edificios industriales	X	X	X		X				X	X

\* Puede ser vertido sobre superficie como aislante o antifuego.

## 7.2. Aislamientos internos

En la tabla III se exponen los seis tipos de aislantes interestructurales más importantes, con algunas de sus formas de aplicación. Su empleo depende del criterio del arquitecto o instalador de la obra.

Este procedimiento de aislamiento es el más extendido. Tiene la ventaja de que no soporta fuerzas de compresión y protege a la cara interna del muro de los daños producidos por el ambiente externo.

Cuando el muro es poroso y existen en las condiciones externas grandes temporales de lluvia debe protegerse el aislamiento contra esta eventualidad, de lo contrario el agua atravesaría por capilaridad el aislamiento disminuyendo su eficacia y formaría manchas en la cara interior del cerramiento. Esto deberá tenerse en cuenta cuando el ángulo de contacto capilar del aislamiento sea menor de 90°. En este caso, empleando cualquier fibra silicosa, madera, amianto, etc., combinada con fibra de vidrio recubierta con una resina fenólica, queda resuelto el problema, dado que su ángulo de contacto es aproximadamente de 80°.

No es aconsejable dejar una cavidad puesto que ésta favorece las corrientes de microconvección disminuyendo la eficacia del aislamiento térmico. Solamente se pueden dejar cavidades cuando el ángulo de contacto del aislamiento es menor de 90°.

Si el aislante es de pequeño espesor deberá protegerse con una barrera antivapor de agua en su cara interna.

### 7.1.2. Colocación sobre la cara interior

Su ventaja mayor radica en que las habitaciones se calientan más rápidamente entrando en seguida la calefacción en régimen. Pueden colocarse de este modo materiales con pequeño ángulo de contacto, placas de fibra de madera por ejemplo, siempre y cuando no haya peligro de penetración del agua de lluvia. Es necesaria la instalación de una barrera de vapor en los casos en que el espesor de los muros no sea lo suficientemente grande.

Entre otros alicientes de este sistema de colocación encontramos: que sirven además como absorbentes acústicos, fabricación estandarizada como los paneles de poliestireno, láminas plásticas, etc.; gran durabilidad, instalaciones menos costosas y sensación de confort (por otro lado totalmente independiente del coeficiente global de transmisión calorífica del muro).

También, aunque menos extendido, se pueden colocar dos aislantes, uno en cada cara del muro.

### 7.1.1. Colocación sobre la cara exterior

La ventaja radica en evitar un gradiente térmico considerable entre el cerramiento, ladrillo, hormigón, etc. y la estructura interior, por lo que existirán fuerzas de dilatación importantes.

Favorece el almacenamiento de calor haciendo que la potencia calorífica a suministrar sea uniforme así como impide que las impurezas atmosféricas y la lluvia ataquen al muro.

Como máxima desventaja tenemos: que la mayoría de los aislantes térmicos tienden a absorber algo de humedad, descendiendo su resistencia térmica, por lo que hemos de elegirlos de tal modo que estos factores no interesen demasiado al aislante, lo que conseguimos recubriendo su cara exterior por una sustancia hidrófoba como betún, poliestireno o láminas metálicas; no aprovechar en invierno la radiación solar directa, ni la mucha inercia de las paredes interiores, lo cual no es deseable en edificios con calefacción intermitente.

**TABLA III**

TIPOS	FORMAS							
	A. Fibras sueltas	B. Mantas	C. Papel	D. Láminas superficiales	E. Láminas esfoliadas	F. Granos expandidos	G. Granos porosos	H. Granos manuales
1. Lana mineral o de vidrio	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Escorias	X	X	X	X	X	X	X	X
3. Fibra de madera virgen			X	X				
4. Fibra de madera tratada						X		
5. Algodón			X	X				
6. Vermiculita, perlita, etc.							X	

### 7.3. Aislamiento por cámara de aire

La condición imprescindible para que los recintos de aire constituyan buenos aislantes es que las dimensiones de dichos recintos sean lo suficientemente reducidas para que no puedan producirse corrientes de convección.

Esta condición esencial no se cumple, prácticamente nunca, en las cámaras existentes entre dobles paredes y menos aún, si es posible, en los espacios bajo cubierta.

Se tendrán en cuenta las siguientes propiedades:

1. El coeficiente equivalente de conductividad,  $\lambda$ , aumenta con el espesor de la cámara de aire.
2. Dicho factor aumenta también considerablemente con la temperatura, debido a los fenómenos de convección y radiación.
3. Una cámara de aire entre dos paredes o tabiques no puede sustituir, en cuanto a protección térmica, a un revestimiento aislante.

4. En condiciones climatológicas medias y para la temperatura normal en viviendas, etc., la resistencia calorífica máxima corresponde a una cámara de 5 cm de espesor, suponiéndose ésta vertical.

5. Un aumento de 1° C en dicha temperatura disminuye la resistencia térmica de una cámara de aire en 1 %, aproximadamente.

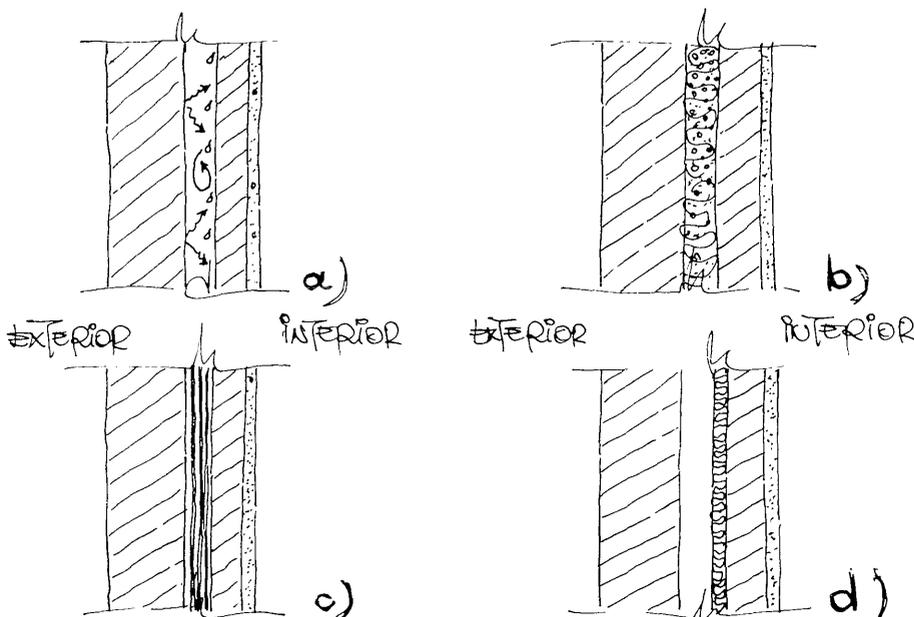
6. La disposición de una capa continua de aire en las paredes de obra de fábrica para mejorar el aislamiento térmico es inadecuada y deberá evitarse. En cambio, en regiones sometidas con frecuencia a fuertes lluvias (zonas costeras), la disposición de una capa de aire, para evitar la penetración de humedad, puede ser necesaria.

Si el aire está encerrado en poros grandes, se obtiene ya una protección más reducida que cuando éste se halla encerrado en poros muy pequeños y disminuye a medida que aumenta el tamaño de los poros o que la masa de aire va quedando menos subdividida, dado que las pérdidas de calor van creciendo por la convección y la radiación térmicas. Hay otra circunstancia que perjudica la protección térmica de las paredes huecas, y es la formación de condensaciones de agua en el hueco entre los dos tabicones. En la parte baja de tales huecos es frecuente encontrar agua acumulada en los períodos fríos del invierno, o bien capas de hielo en tiempo de heladas (se han llegado a comprobar acumulaciones de esa clase hasta de 1 m de altura). Ni aún subdividiendo horizontalmente la capa de aire se logra mejora alguna.

Se evitarán las paredes huecas hechas a base de los tabicones de obra de fábrica con capa de aire continua entre ellos, pues son malas, tanto desde el punto de vista termotécnico como desde el de la construcción. Ofrecen una protección térmica menor que la que ofrecería una pared llena cuyo grueso fuese igual a la suma de los espesores de ambos tabicones (a y b de la figura).

Unicamente una subdivisión de las capas de aire perpendicularmente al flujo calorífico (subdivisión vertical cuando se trata de paredes), puede aumentar la protección térmica de las capas de aire. La mejora se deja sentir más cuando se emplean para la subdivisión hojas de aluminio. En tal caso la protección térmica se debe menos a las capas de aire que a la radiación que reflejan las hojas metálicas. Pero como en la capa de aire pueden producirse condensaciones de agua que empañan las superficies brillantes del aluminio, el poder reflectante de las radiaciones caloríficas pierde pronto su eficacia. Esta posibilidad es mayor en caso de que las medias paredes sean de piedra. En cambio, si los tabicones están bien secos y hechos con madera, plásticos, etc., aquellas condensaciones apenas son de temer (c de la figura).

Será preferible colocar en el hueco, en vez del aire, un material aislante poroso, siempre que por determinadas razones sea necesario no poner dicho material aislante en la cara interna de la pared, es decir, en la superficie que da a los locales o habitaciones (por ejemplo, en el caso de cuadras o locales en que se hagan trabajos bastos, y en los que el material aislante deba quedar protegido para que no sufra deterioro) (ver d en la figura).



En contraposición con los muros huecos con capa única y continua de aire, que sólo proporcionan desventajas termotécnicas en la obra de fábrica hecha con ladrillo hueco es útil el efecto aislante de las capas de aire de estos huecos. Su completa subdivisión vertical (perpendicularmente al flujo calorífico) disminuye la temperatura del aire, de tal forma que las pérdidas de calor por convección y radiación son ya notablemente menores que en las capas de aire sin subdividir. La formación de agua de condensación también desempeña en este caso un papel más reducido, aunque no hay que dejar de prestarle siempre la debida atención. El efecto aislante de la obra de fábrica de ladrillo hueco es mayor que el de la obra de ladrillo lleno. Sólo resulta superado por la obra hecha con bloques de hormigón ligero. Las celdas del interior de los bloques huecos sirven además de para aligerar su peso, y economizar materiales, para interceptar el paso de la humedad por las juntas de mortero, que así quedan más interrumpidas.

En comarcas en que son frecuentes las lluvias fuertes, puede levantarse una pared de media asta delante de una pared portante ya suficientemente aislante del calor y a cierta distancia de ella.

Tales paredes no forman muros huecos en el verdadero sentido de la palabra, y tal como más arriba se ha explicado, sino que actúan más bien como pantallas que protegen de la lluvia la pared portante.

La capa de aire sirve, principalmente, para despojar de su humedad la pared protectora de la lluvia. Es necesario, por lo tanto, que comunique con el aire exterior mediante un muro con suficientes aberturas para que por ellas también pueda hallar salida el agua procedente de las infiltraciones de lluvia y de las condensaciones. La capa de aire, en este caso, ayuda a resolver los problemas de aislamiento contra la humedad, con objeto de lograr la mejora térmica de la pared portante. Será conveniente ligar la pared de protección contra la lluvia con la pared portante principal por medio de alambres. Se evitará hacer las ligaduras a base de ladrillos, porque éstos harían las veces de puentes para la humedad y el calor.

**TABLA IV**  
**Impermeabilidad térmica de las cámaras de aire**

POSICION DE LA CAMARA DE AIRE Y DIRECCION DEL FLUJO TERMICO	Espesor de la cámara de aire (mm)	Impermeabilidad térmica $\frac{1}{\lambda} \cdot \frac{d}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{h}{kcal} \cdot ^\circ C$
Cámara de aire vertical	10	0,16
	20	0,19
	50	0,21
	100	0,20
	150	0,19
Cámara de aire horizontal Flujo térmico de abajo arriba	10	0,16
	20	0,17
	≥ 50	0,19
Cámara de aire horizontal Flujo térmico de arriba abajo	10	0,17
	20	0,21
	≥ 50	0,24

(\*)  $\lambda$  = Conductancia térmica.

## 7.4. Aislamiento de edificios ya existentes

En estos casos el aislamiento es mucho más difícil y costoso de realizar que si se hubiera hecho durante la construcción. No obstante, las ventajas que reporta, tanto desde el punto de vista higiénico como económico, son tales que merece la pena su puesta en práctica. Como primera medida se encuentra el empleo de ventanas dobles, para lo que se puede colocar otro chasis simple en el interior de la ya existente.

El empleo de juntas es necesario para garantizar la estanquidad del conjunto.

### 7.4.1. Forjados colocados por debajo de techos no calentados o sótanos no calentados

Si los pisos superiores abuhardillados no están habitados es fácil poner en obra unas mantas aislantes o capas de material a granel. En el caso de forjados sobre sótanos no calentados, se pueden fijar paneles aislantes como plafones del subsuelo; los paneles de lana de madera convienen mucho en estos aspectos.

### 7.4.2. Muros exteriores

Aquí es más difícil, a veces, resolver el problema. Aunque sean muros dobles es fácil rellenar la cara interior con aislante. Cuando son muros macizos es mejor poner revestimientos interiores, si bien esto quita espacio y entraña cierta dificultad. De todos modos esta solución está poco extendida.

## résumé

### Isolation, confort et économie d'énergie

Arturo García Arroyo, Dr. ès Sciences physiques

L'apparition constante de nouveaux matériaux, la tendance générale à l'allègement des charges structurales, l'accroissement des niveaux individuels de confort, l'application des équipements mécaniques d'aménagement d'ambiance à la plupart des logements actuellement en construction, l'augmentation ininterrompue et substantielle des coûts des combustibles organiques ont donné lieu à la considération et à l'étude approfondie des bases physico-constructives sur lesquelles repose la problématique fonctionnelle des locaux d'habitation.

On aborde ici l'étude des dispositions constructives pour la pratique des projets architecturaux des différents éléments constructifs, afin d'obtenir leur performance comme des régulateurs des sollicitations ambiantes troublant le confort.

Comme il a été déjà indiqué, cet article est le deuxième de la série de trois articles publiés dans trois numéros successifs d'INFORMES DE LA CONSTRUCCION.

## summary

### Insulation, comfort and energy saving

Arturo García Arroyo, Dr. Physics

The continuous appearance of new materials, the general tendency towards lighter structural charges, the increased personal welfare levels, the extended use of mechanical equipments for environmental conditioning in most of the housings presently being constructed, and the incessant and considerable increase of the organic fuel costs have given rise to a new study, both in scope and precision, of the physical and construction basis of the fundamental problems of living spaces.

Here the study of the installations deals with arrangements suitable for carrying out the architectural projects of the construction elements, in order to obtain their maximum efficiency, as regulators of the negative environmental influences.

As already announced previously, this is the second of three articles published in three consecutive issues of INFORMES DE LA CONSTRUCCION.

## zusammenfassung

### Isolierung, Komfort und Energieersparnis

Arturo García Arroyo, Dr. Physik.

Die ständige Erscheinung neuer Materialien, die allgemeine Tendenz zu leichteren Baukosten, die erhöhten persönlichen Komfortansprüche, der immer mehr übliche Gebrauch von mechanischen Anlagen für die Klimatisierung der heutzutage konstruierten Wohnungen und die ununterbrochene und erhebliche Steigerung der Kosten der flüssigen Brennstoffe, haben ein erneutes Studium, sowohl in Umfang als auch in Präzision, der physischen Basis und der Konstruktionsbasis der grundlegenden Probleme der Wohnfläche verursacht.

Es wird hier das Studium der Anlagen behandelt Praktische Massnahmen für den architektonischen Entwurf der verschiedenen Bauelemente, um möglichst grossen Nutzen von ihnen als Reglern der negativen Einflüsse der Umgebung zu ziehen.

Gemäss vorheriger Bekanntmachung ist dies der zweite Artikel von drei, in INFORMES DE LA CONSTRUCCION aufeinander veröffentlichten Artikeln.