

- 12 -

9-2

FUNCIONES DE LAS PAREDES

Arq. HORACIO O. CHAMORRO



13932

DONACIÓN
el politecnico
SARMIENTO 820 CAP

EDITORIAL EL POLITECNICO
Sarmiento 820 - Buenos Aires

105

LA PARED DE LADRILLOS.

Desde la antigüedad, el hombre luchó por vencer el medio hostil que lo rodeaba y una vez salido de las cavernas naturales construye las primeras estructuras constituidas por la mampostería ciclópea en seco, que es la antecesora de todas las realizaciones de mampuestos pétreos y cuyos ejemplos encontramos en varios lugares del mundo, como en Stonehenge (Inglaterra) y en Tarragona de España.

Más tarde, cuando las herramientas permitieron labrar la piedra, nació la mampostería en seco de piedras escuadradas sin mortero en las juntas. Pero pronto se aprovecharon las ventajas que ofrecían los morteros, que aseguraban la estabilidad sin que fuera menester el aumento considerable del espesor.

Posteriormente aparece el ladrillo, al que puede considerarse el primer material creado por la inteligencia del hombre, para cuyo estudio en lo que se refiere a materia prima empleada y proceso de elaboración, remitimos al lector a la obra "La Industria Ladrillera" del Ing. Pedro Reverté.

Con el ladrillo los constructores de antaño levantaron paredes que constituyen trabajos de artesanía, cuya técnica se ha transmitido de generación en generación hasta nuestros días.

A pesar de que en la actualidad, factores económicos exigen un replanteo del problema, la pared de ladrillos sigue teniendo vigencia porque su uso no disminuye y las evidentes bondades de las condiciones que presenta, han hecho que se gane la confianza del público, especialmente si en su ejecución se emplean métodos racionalizados que permitan desarrollar el trabajo en tiempos más breves, lo que en definitiva ha de significar en alguna medida, ventajas económicas.

Para nuestro estudio, consideramos a la pared como una unidad estructural

cuya misión es la de **limitar un espacio arquitectónico**, por lo que constituye un elemento general de **espacios**.

Cualquiera sea el **materia** de ejecución, cualquiera sea la disposición con que se ordene ese material y cualquiera sea la técnica empleada en su realización, una pared debe cumplir una serie de requisitos o condiciones generales que el proyectista debe conocer acabadamente para lograr la elección adecuada.

Adviértase, que no nos hemos referido a una pared con especificación de material, sino a una pared en general, aunque en lo que sigue tomaremos como ejemplo el tradicional **muro de ladrillos**, porque entendemos que a través de su análisis y por el conocimiento de las propiedades de nuevos materiales de construcción, será posible diseñar paredes que satisfagan los requerimientos funcionales de la arquitectura de hoy, con ventajas sobre los materiales y métodos tradicionales.

Ubicados en esta posición, encararemos el estudio de las condiciones generales que deben cumplir las paredes, las que responden a la siguiente mención:

- 1°) Resistencia.
- 2°) Estabilidad.
- 3°) Aislamiento térmico.
- 4°) Aislamiento hidrófugo.
- 5°) Aislamiento acústico.

Resistencia.

Es esta una condición importante que debe cumplir toda pared ya sea que esté destinada a recibir y transmitir cargas, o a satisfacer requerimientos de simple cerramiento, en cuyo caso deberá autosoportarse. En las construcciones antiguas no era menester prestar especial atención a esta condición, por cuanto en la mayoría de los casos los espesores usuales satisfacían holgadamente las exigencias de cargas. Pero hoy en día, empujados por la necesidad de obtener beneficios en la economía, puede resultar de interés ajustar la capacidad resistente a lo estrictamente necesario.

Para conocer la capacidad resistente de una pared es necesario recurrir a los laboratorios de ensayos. Pero es evidente que los elementos que serán juz-

gados en un laboratorio, no reflejan la realidad. Es benéfico modificarlos por su propia naturaleza. Ese eficiente resultado se logra por muchos factores muchos de los cuales contribuyen a la pérdida de eficiencia de seguridad por causa de deterioro que influye de un modo considerable en que se e-

[Es común atribuir al ladrillo la resistencia a la rotura por compresión, lo cual, los registros indican de 6 Kg/cm² según el tipo de aproximado, pero esto se debe a que perfectos en su totalidad pueden prestarle resistencia suficiente, la trabaja obra en

La experiencia señala que la prueba de mayores resistencias que si el tamaño de la resistencia ser la parte de enorme condición de gran represa. La prueba sirve para disminuir el reducido, a la estructura se recurre al ensayo en lugar de ex-

El ensayo de elementos eliminan una serie de valores mucho más cercanos a los requerimientos, unio-

en cambio para ladrillos de 200 Kg/cm^2 , (reprensados), el mortero ideal se toma C.A. 1:1:3; y para ladrillos de más de 200 Kg/cm^2 , corresponde emplear un mortero M.C. 1:3.

Como hemos visto, el muro se romperá por tracción del ladrillo, recordando el valor de la tensión de rotura a compresión, la tensión transversal, que a su vez depende de las dimensiones de las juntas y de los módulos de Young y Poisson de los dos materiales.

Dado que es muy difícil determinar estos módulos, para establecer la resistencia de un muro es necesario recurrir a ensayos de laboratorio. En su totalidad la resistencia del muro depende de la resistencia del ladrillo y de la del mortero, siendo posible vincular las tres variables: R_l , resistencia del ladrillo, R_m , resistencia del mortero y R_M , resistencia del muro. Haller da la siguiente fórmula:

$$R_M = (1 + 0,15 R_l - 1) (8 + 0,057 R_m) \text{ Kg/cm}^2$$

Los datos contenidos por esta fórmula, permite representar las curvas de la Fig. 3.

Es curioso observar en la figura que para una resistencia cero del mortero, el muro ofrece una resistencia apreciable, es decir, con un lecho de arena en la junta, sin aglomerante ninguno, se consigue teóricamente una resistencia. En la realidad, al cargar el muro la arena se saldrá de las juntas dando lugar a asentos de tal magnitud que no hace factible dicha solución.

Hay los factores que tienen importancia en la resistencia de la pared y ellos son el espesor y la altura.

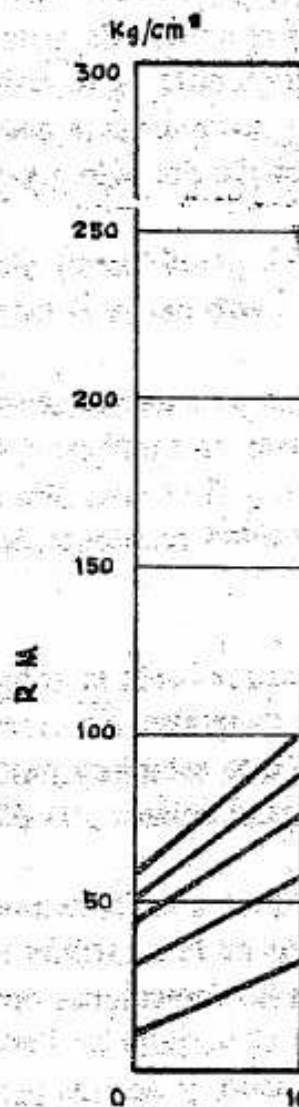
Las juntas verticales no admiten ningún esfuerzo apreciable, constituyen pues, un punto débil del conjunto. Esto se comprueba experimentalmente, pues las primeras fisuras aparecen precisamente sobre dichas juntas.

Debido a la poca importancia de éstas se toman precauciones a éste respecto.

Por una parte las juntas de asiento deben ser lo menor posible en beneficio de la resistencia del muro. Por otra parte, los ladrillos alateados o los de superficie con muchas desigualdades, exigen una junta amplia para evitar concentración de esfuerzos. Así pues, hay que llegar a una relación de compromiso entre estas variables, de modo de obtener la mayor resistencia en el muro.

La altura tiene influencia en la resistencia. Para una altura de 3 metros de altura y 38 es el 70% de la que tiene la altura.

Según Haller, no existe un espesor es aproximadamente



En ladrillera a pesar de haberse
época colonial y de haber contado
jo mundo. Salvo contadísimas
icios de volúmenes importantes
iones estructurales de real
ente todos los edificios, incluso
lamente las exigencias de carga
aban las necesidades de aislamiento,
falta de problemas de resistencia
es edificios, los problemas
en las estructuras independientes
da la mampostería de ladrillos
to en la mayoría de los casos.

añalado, cierta despreocupación
investigación relacionada con la

poco ha producido mucho
los por laboratorios precarios
a, poco o nada se ha hecho de
entífica.

los países cuentan con dilatada
o el ladrillo un lugar de
mayor apogeo de la arquitectura

alí se hayan investigado
icas de las paredes de ladrillos
mpresión y en función de la

as experiencias realizadas en el
donde se ensayaron muros de
ncia, de diferentes variables, en
y la dosificación del mortero

estigar como se comportaba el
, fueron mantenidos sin alterar

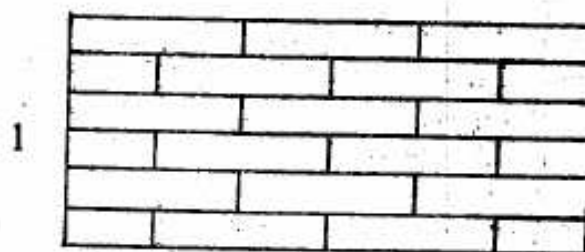
se corresponden a las gráficas

numeradas del N° 1 al 9.

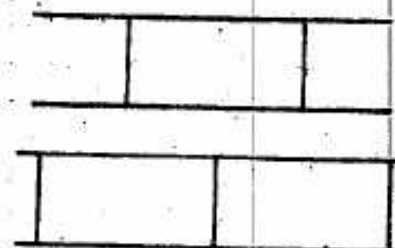
Las características de cada probeta, que en todos los casos tenían una
altura 11 ó 12 hiladas, es la siguiente:

- N° 1: espesor 12 cm, con todos los ladrillos colocados de faja y juntas
verticales desplazadas y centradas.
- N° 2: espesor 12 cm, con todos los ladrillos colocados de faja y juntas
verticales desplazadas en un tercio.
- N° 3: espesor 25 cm, con todos los ladrillos colocados de faja y junta
vertical desplazada y centrada.
- N° 4: espesor 25 cm, con todos los ladrillos colocados de punta o tizón
y juntas verticales alternadas.
- N° 5: espesor 25 cm, con una hilada de faja y la siguiente de punta con
las juntas verticales alternadas.
- N° 6: espesor 25 cm, y de hiladas alternadas con ladrillos colocados de
faja y punta.
- N° 7: espesor 25 cm, con una hilada de faja y la siguiente de faja y
punta alternados.
- N° 8: espesor 25 cm, con una hilada de punta y dos hiladas de faja.
- N° 9: espesor 25 cm, con una hilada de punta y la siguiente de faja y
punta.

Para determinar la influencia del espesor de la junta, se ensayaron los
aparejos 1 - 4 - 6 - 7, que son los más usuales, y se emplearon
espesores de 25 cm y 12 cm, para comprobar si el espesor del muro tiene
importancia.



VISTA



PLANTA

2



VISTA

PLANTA



3



VISTA

PLANTA



4

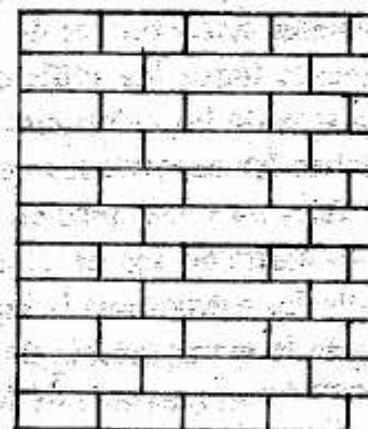


VISTA

PLANTA

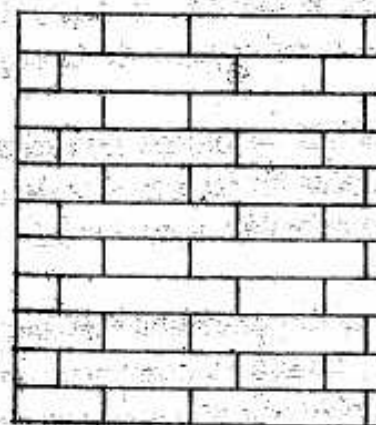


5

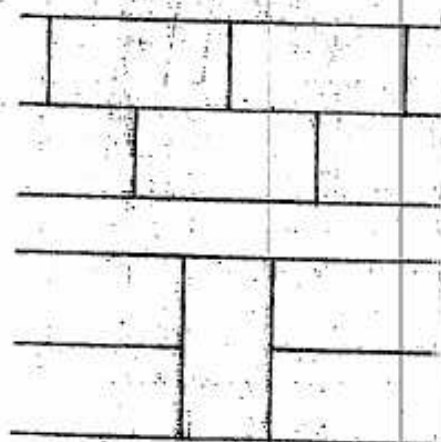


VISTA

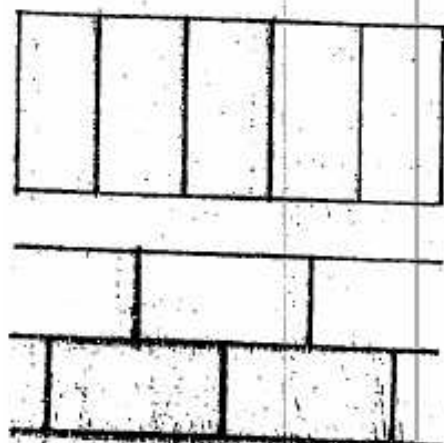
6



VISTA

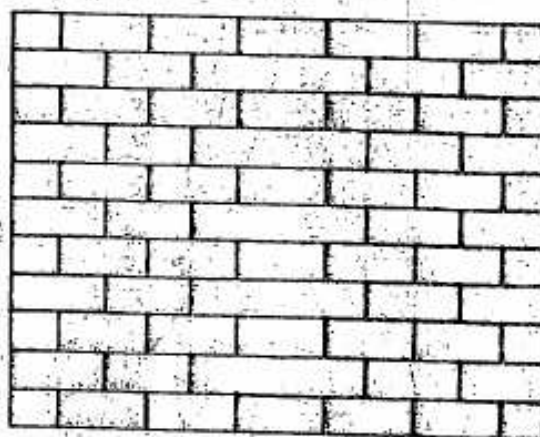


PLANTA

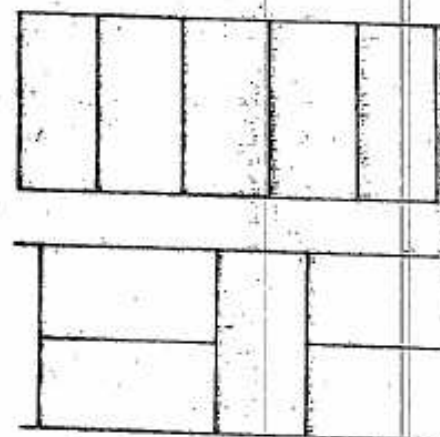


PLANTA

9



VISTA



PLANTA

Los espesores de las juntas empleados fueron 5, 10 y 15 mm. El estudio se realizó sobre un solo de los aparejos, el 4, pero como es lógico suponer que habrá de tener importancia la dosificación del mortero, se variaron las proporciones utilizando relaciones aglomerante-liente 1:5, 1:6, 1:8 y 1:11.

No se fijaron características especiales para los ladrillos a fin de emplear el material que normalmente se encuentra en el mercado, rechazando solamente las piezas defectuosas.

La dimensión de las probetas fueron: 1,00 m de ancho por 10 a 12 hiladas de altura.

El resultado de estos ensayos, que se realizaron en una prensa hidráulica, se indican en el cuadro siguiente:

mortero	1:5			1:6	1:8		1:1
junta	15 mm	10 mm	5 mm	10 mm	15 mm	19 mm	10 mm
Aparej. 1	50	65	49	38	—	---	---
" 2	---	64	---	42	---	---	---
" 3	---	63	---	42	---	---	---
" 4	58	65	60	37	36	37	35
" 5	---	67	---	---	---	---	---
" 6	60	63	68	---	---	---	---
" 7	60	65	66	---	---	---	---
" 8	---	63	---	---	---	---	---
" 9	---	60	---	---	---	---	---

El cuadro indica el promedio obtenido de quince ensayos realizados para cada aparejo. Las conclusiones que se desprenden del análisis de los valores, son las siguientes:

- 1) El aparejo prácticamente no tiene influencia en la resistencia del muro, por ejemplo se observa que para la junta de 10 mm de espesor y mortero 1:5, los valores oscilan entre 60 y 67 Kg/cm^2 de tensión de rotura a la compresión. Algunos autores atribuyen la falta de importancia del aparejo, al hecho de que una pared de ladrillos puede ser considerada tecnológicamente como un hormigón formado por un mortero y un árido grueso, el ladrillo. Por lo tanto, si la adherencia entre ladrillo y mortero es suficientemente grande, se puede prescindir del aparejo lo mismo que en un hormigón común, en donde obviamente, no existe.
- 2) La calidad del mortero influyen en la resistencia. Si se observa el aparejo 4, se verá que la resistencia, para el mismo espesor de junta, disminuye a medida que se empobrece la dosificación. Esto es razonable, por cuanto ya se ha dicho que el mortero es el elemento

débil, y su acción perturba la resistencia.

- 3) De la observación del cuadro se da con las juntas de 10 mm en la de 15 mm será mayor el conjunto.

Podríamos decir entonces que la resistencia, pero lógicamente suponerse que el mejor muro además de ser necesario el mortero de los ladrillos provocarían una mayor concentración de cargas. El mortero es la de distribuir y equilibrar la carga.

En conclusión, los ensayos es de espesor.

Es necesario señalar que los valores se refieren a resistencia de rotura es posible el aprovechamiento de las tensiones, pues en ese caso no se estructura. Por otra parte, existe la calidad de mano de obra, fallan un coeficiente de seguridad que se llama coeficiente de trabajo.

En nuestro medio, las tensiones construídas con ladrillos con el empleo de morteros hidráulicos los usuales, son los siguientes:

mampostería ladrillos con	
"	pr
"	re

Si a estos valores les aplicamos obtendremos los valores de la

nes: = 6 Kg/cm²
ados = 8 "
nsados = 10 "

1 es una estructura que en función
sional, dando respuesta
le compresión, comportamiento que
tipo de pétreo ya sea natural o
os ladrillos y el mortero.

eficientes admisibles de trabajo, una
cociente entre la carga y la superficie
e, para la mampostería de ladrillos

total de la carga a considerar, juega
a, que es aproximadamente de
la hilada en que se verifique la
una variación que se traduce en un
siderada ocupe una posición más
o la que se representa en la fig. 4,
e considerarse como un sólido de
omo lo son las intersecciones con los
e la tensión que se verifica en la
cción 1, ya que la carga que recibe
o de la porción de material que se
3, y que se señala en la figura con la

de paramentos paralelos puede
iones transversales constantes y

que trabaje a la misma tensión en
der que se deberán incrementar las
enido sería como el que se representa
la sección 3 recibe por influencia de
mente mayor que la sección 1, pero
ha carga es sensiblemente mayor, el

cociente entre carga y superficie, podrá ser constante.

Vale decir, que el sólido representado puede considerarse como de igual
tensión de trabajo en todas sus secciones y de desiguales secciones
transversales.

Si la pared es un sólido cuyas tensiones de trabajo aumentan a medida
que consideramos hiladas más bajas, habrá una de ellas que recibirá
mayor carga que ninguna otra, y esa hilada será la que se señala en la
figura 4, la que se denomina sección crítica precisamente porque en ella
se verifica el mayor valor de tensión.

El hecho de que la sección crítica sea la más desfavorable, nos señala
que es la que debe controlarse a fin de determinar si se excede o no la
tensión admisible de trabajo que corresponde al material empleado en
construcción.

Puede suceder que de la verificación indicada resulte que se supera la
tensión admisible, en cuyo caso la pared no cumple con la condición
de existencia y su construcción no es posible.

Pero este evento tiene solución por dos caminos diferentes, o se utiliza
ladrillos y mortero de mayor resistencia, lo que implica cambio de
material, o bien se procede a aumentar el espesor de la pared con el
objeto de que la carga se reparta en una superficie mayor, y por lo tanto
disminuya el valor de la tensión.

Esta última solución sólo es correcta cuando además del peso propio,
actúan cargas exteriores, ya que de no ser así, no tiene sentido el
aumento del espesor, por cuanto ello implica el aumento proporcional
del peso propio.

Si sobre una pared construida con ladrillos comunes actúa exclusivamente
el peso propio, que puede estimarse en unos 1.600 Kg/m³,
aproximadamente, es evidente que habrá una altura máxima que dicha
pared podrá tener para que en la hilada crítica no se produzcan tensiones
mayores que la admisible para el material considerado que es, según ya
hemos visto, de 6 Kg/cm².

Esta altura máxima, es independiente del espesor de la pared, como puede
inferirse de lo expresado en el párrafo anterior, en efecto, es evidente
que una pared de 0,45 m de espesor, a los efectos del razonamiento

puede considerarse como si fuera tres de 0,15 m de espesor, adosadas una a otra.

Para determinar cuál sea su altura máxima, en función de los datos señalados, se razona del siguiente modo:

Consideremos una pared cuyo espesor real sea de 27 cm, que corresponde a la longitud del ladrillo, y tomaremos para efectuar el análisis, un metro lineal de desarrollo de pared, como se indica en la figura 7.

En ese caso, la superficie de la sección que corresponde a la hilada crítica será:

$$100 \text{ cm} \times 27 \text{ cm} = 2.700 \text{ cm}^2$$

Dado que la tensión admisible es de 6 Kg/cm², la carga máxima que podrá soportar esa superficie será:

$$2.700 \text{ cm}^2 \times 6 \text{ Kg/cm}^2 = 16.200 \text{ Kg.}$$

Vale decir que sobre la misma podrá haber un volumen de pared que deberá pesar como máximo 16.200 Kg., y ese volumen deberá ser:

$$16.200 \text{ Kg.} / 1.600 \text{ Kg/m}^3 = \text{aproximadamente } 10 \text{ m}^3$$

Ahora bien, dado que el prisma tiene una base de 2.700 cm², que podemos escribir 0,27 m², y un volumen de 10 m³, su altura tendrá que ser:

$$10 \text{ m}^3 / 0,27 \text{ m}^2 = 37 \text{ m.}$$

El resultado obtenido indica que una pared de ladrillos comunes, independientemente de su espesor y sometida exclusivamente a la acción de su peso propio, no podrá tener una altura superior a 37 m, ya que si se excediera la misma, la hilada crítica se vería solicitada por tensiones mayores a la admisible.

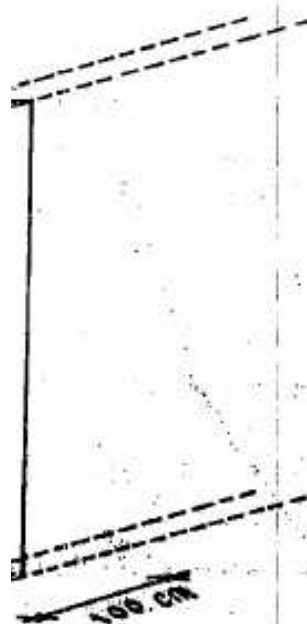
Estabilidad.

En el ejemplo anterior hemos considerado exclusivamente la resistencia del muro a solicitaciones de compresión, pero sucede que cuando una

SEC. 1-2-3

SEC. 1-2-3

3



pieza sometida a ese esfuerzo, tiene una altura que sobrepasa ciertos límites, se produce una sollicitación adicional que produce la curvatura de su eje longitudinal, fenómeno que se denomina pandeo, y que no es otra cosa que una flexión lateral.

Este fenómeno de pandeo o flexión lateral produce en la pieza sollicitada, en este caso un muro, las consecuencias:

- 1º) Como es característico en la flexión, se generará una zona de compresión, esfuerzo que encontrará respuesta adecuada en la mampostería de ladrillos, y otra zona de tracción que el material no tiene capacidad para absorber.
- 2º) Existe la posibilidad que, en virtud de la deformación, el baricentro del volumen se proyecte fuera del polígono de sustentación.

Ambas circunstancias configuran una situación de inestabilidad sumamente peligrosa.

Resulta entonces que aunque la resistencia a la compresión, que es la sollicitación a la cual los pétreos dan buena respuesta, lo permitiera, no es posible sobrepasar ciertos límites en la relación entre espesor y altura. Esa relación que se denomina coeficiente de esbeltez, para el caso de la mampostería de ladrillos se ubica entre los valores 10 y 15, vale decir, que una pared de 30 cm de espesor, no debe tener una altura que supere los 4,50 m, salvo que contare con arriostramientos adecuados.

Acaba de aparecer otro concepto diferente de la resistencia propiamente dicha, aunque algunas veces vinculada, que llamaremos Estabilidad. La falta de esta condición puede provocar la caída de la pared aunque las cargas actuantes originen tensiones inferiores a las admisibles de compresión. La pérdida de la estabilidad puede producirse no solo por inadecuada esbeltez de la estructura, sino también por la acción de cargas laterales capaces de producir el volcamiento de la pared, como se esquematiza en la figura 8 y en el detalle ampliado, en donde se advierte claramente que en la sección crítica, que está ubicada en el plano de empotramiento, se producen tensiones de tracción que el material no admite.

El valor de esas tensiones será tanto mayor cuanto mayor sea la altura de la pared, porque aumentará el momento P.h.

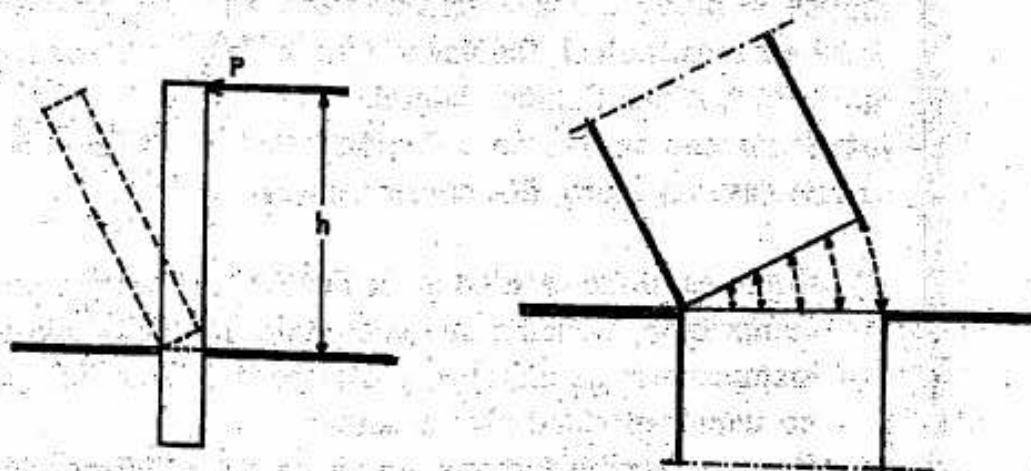


Figura 8

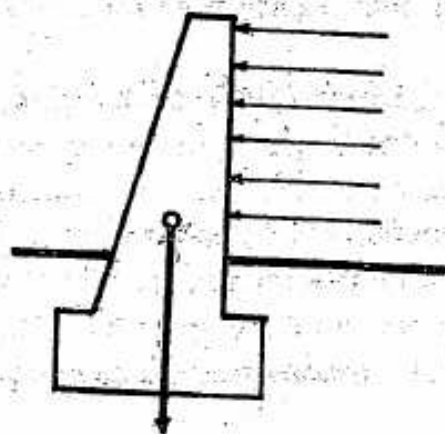


Figura 9

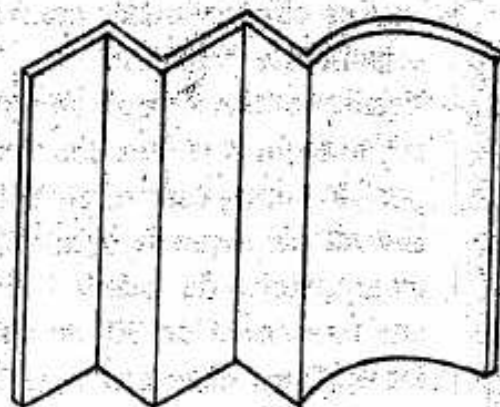
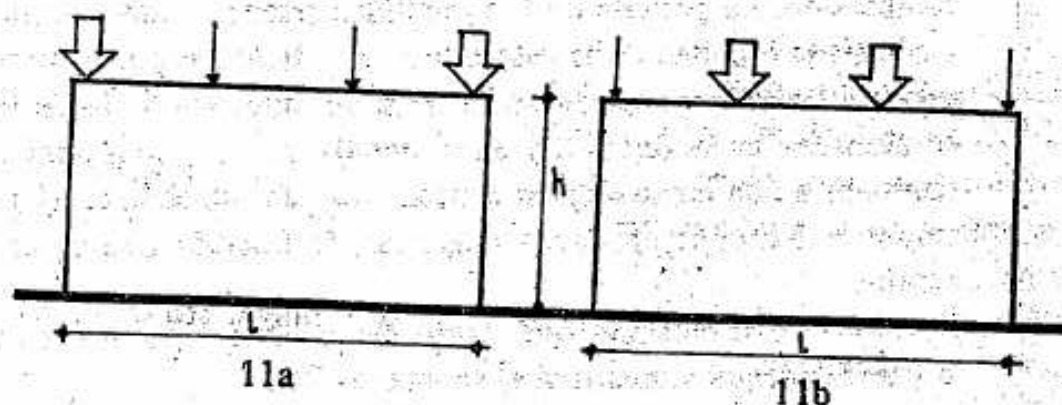


Figura 10



11a

11b

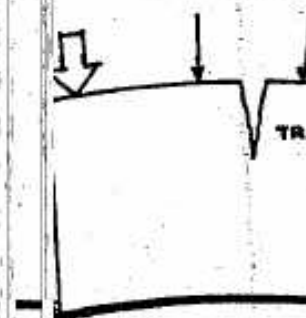


Fig. 12 a

En los recursos para me
p cuando debe sopor
n s le contención.
E figura 9 se repre
a nto del volumen tr
q n definitiva constit
r ante contribuyendo
E rros casos, cuando
p e asegurarse la estat
f as onduladas o quel
E tos casos se consig
s fie de la sección

H el presente hemos
c una característica p
s la superficie que li
E ecto, hemos consid
t simplemente de un
f iciente que las cargas
e a matizamos la idea,
u a cierta longitud y alt
i ntensidad en sus extrem
D ado que la pared en cu
n ormalmente no es una

magnitud variable en función de la
r, que para el caso de la figura 11 a, h
no la que se señala en la fig. 12 a, y
corresponderá la situación de la figura

deformación en la pared, que
a sollicitación de flexión que genera
ción que producirá la rotura de la
en las figuras.

argas que actúan verticalmente y de
ces las cosas se dan exactamente al
oyan en terrenos que rara vez son
muy variada, integrados con ciertos
os muy característicos de minería
tividad de hinchamiento muy

ansión de algunos suelos arcillosos
es perfectamente conocido. Durante
secado de los suelos que circundan
produce su contracción que no es
otras condiciones, depende de la
te exposición a la radiación solar
a jardín, que bajo muros protegidos
mayor bajo muros orientados al

escenas no uniformes que pueden
muy excepcionales, ya que el
ría se adapta bastante bien a la
orción de humedad, se producen
ctiva, liberando presiones mayores
lo que produce su levantamiento
acticamente en las mismas
en la fig. 12 a. La graficación de
ervarse en la fig. 13.

o de 3 a 4 Kg/cm², es bastante

común. En L.E.M.I.T., se han obtenido valores de dicha presión de
de hasta 10 Kg/cm², en algunos suelos de la Pcia. de Buenos Aires.
La absorción de humedad proviene generalmente por infiltración del
agua de lluvia; por capilaridad si la napa freática está muy próxima y
los suelos son permeables y por migración térmica del vapor de agua
contenido en la masa del suelo, el cual se desplaza de la zona más
templada hacia la más fría.

Todas estas posibilidades se manifiestan con mayor intensidad a las
profundidades normales de fundación de edificios reducidos que
generalmente no sobrepasa de 1,20 m.

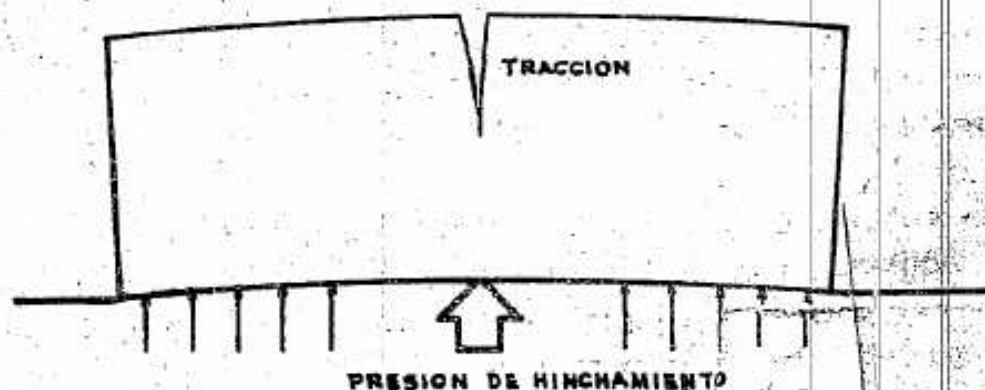


Figura 13

Aislamiento térmico.

El adecuado índice de aislamiento térmico de las estructuras de
cerramiento, ofrece beneficios en extremo valiosos, ya que contribuye
al mantenimiento de un microclima que asegura condiciones de confort
vale decir, sensación de bienestar psicofisiológico y además implica
ventajas económicas en lo que se refiere al consumo de la energía
necesaria para lograr las condiciones aconsejables.

El hombre primitivo sintió la necesidad de aislar una fracción del ámbito
donde desarrollaba su vida para crear condiciones más favorables. En las
primeras edades, buscó protección contra lluvias y vientos, pero no
tardó en advertir que su refugio resultaba demasiado caluroso en algunas
circunstancias y muy frío en otras.

El descubrimiento del fuego permitió disponer de un elemento corrector
de las bajas temperaturas, pero quedó sin solución el problema del calor

defe-

hasta que la experiencia le permitió llegar a la conclusión que muros gruesos iban mejor protección contra calor y frío.

La falta de conocimiento de la fisiología en relación con las sensaciones de calor fue la causa del avance lento de la técnica en este aspecto. El aporte científico necesario lo da la medicina al promediar el siglo XIX, precisamente con el desarrollo de la Fisiología.

Hoy sabemos que el organismo humano es una máquina térmica que produce calor por oxidación y lo consume por trabajo. El calor generado por un individuo depende de la actividad que desarrolle, pero puede considerarse como término medio, que excede al consumido en aproximadamente 100 Kcal./hora. El organismo dispone de medios para eliminar el exceso de calor. A fin de lograrlo, de inmediato reacciona los centros nerviosos, y lo hacen de tres modos:

- 1º) Aumentando la circulación sanguínea periférica, cuyo síntoma visible es el enrojecimiento de la piel, lo que produce una elevación de la temperatura superficial, circunstancia que determina un desnivel térmico entre el cuerpo y el aire que lo rodea, que se resuelve con la cesión de calor.
- 2º) El organismo logra acelerando el ritmo respiratorio, lo que implica mayor número de exhalaciones cargadas de calor, por unidad de tiempo.
- 3º) Ponen en funcionamiento las glándulas sudoríparas y sumamente abiertos los poros de la piel para favorecer la transpiración, que en su proceso de evaporación consume energía térmica.

No obstante las funciones señaladas como reguladoras de la cesión de calor, cuando en circunstancias distintas la temperatura ambiente se hace más elevada, la cesión se dificulta y el organismo gana calor, situación que se verá favorecida si la evaporación de la transpiración se retarda por la saturación de humedad del aire ambiental. En esa circunstancia tan desfavorable, la temperatura del cuerpo se elevará por encima de su nivel normal de 37°C, y tendrán lugar las primeras manifestaciones de malestar físico y mental, hasta sobrevenir un estado febril que será grave con temperatura del orden de los 41°C,

que en caso de prolongarse. Si la temperatura del cuerpo en los 42°C, se produce la coagulación de la albúmina contenida en

En la situación opuesta al entorno, las pérdidas en extremo incómodas, y provocando la reducción de la circulación sanguínea, disminuyendo así la fuga de calor. Disponen la disminución de la piel, factores que Si todos los recursos se agotan, la posibilidad de que el cuerpo se enfríe en energía térmica.

Como se advierte, el organismo funciona a condición de equilibrio. Pero es indudable que la sensación de incomodidad aparece cuando la zona de neutralidad térmica (entre 18°C y 24°C), y a una temperatura ambiente. En esta situación óptima de funcionamiento de la siguiente forma:

Hasta este momento, el organismo se adapta todo en invierno, y que en verano, al contrario, al decir, aumentando la temperatura ambiente. Pero esto es solo una parte de la sensación de calor y no la totalidad, que es compleja y está ligada a otros factores que mencionaremos:

- a) Humedad relativa ambiente
- b) Velocidad del aire.

sión.

relativa, se verá afectada la cesión de
señalado.

almente en verano, puesto que a
n de calor por convección. En este
a renovación del aire, ya que si
en ventiladores no habrá sensación
aturará de humedad y por
tidades de vapor de agua, con lo
lor latente por evaporación de la
e optimas son:

metros/minuto

ye a calidad del aire, que involucra

de verá ser menor que la de las
enciación de pared fría. Además,
diferencia de 3°C. Recordemos que
n idéntica sensación de discomfort,
caliente.

teado por 21% de oxígeno; 78%
ón o y hasta completar el 100%,
bi parículas sólidas como polen;

el aire se torna impuro, salvo el
rpre en elementos que mejoren
d odorantes.

de umectar, pero no más del 1%,
o, de acción narcotizante, no
a actividad produce la muerte.
e influencia en la cesión por

calor latente; el aire nunca se encuentra con 0% de humedad. El grado
óptimo se encuentra entre el 45% y el 55% de humedad relativa, límites
que pueden ampliarse entre el 30% y el 70%. Normalmente su grado de
humedad oscila entre el 4% y el 100%.

Como se advierte, el problema térmico no es sólo de temperatura. Como
problema adquiere especial importancia en zonas de climas rigurosos,
agravado en la actualidad por la sutileza de los muros de cerramiento
que en general se obtiene.

Los propósitos que se persiguen al estudiar y prever el aislamiento
térmico de las paredes son los siguientes:

- 1º.- *Evitar fugas de calor:* Es un problema de invierno, y está
relacionado también con el aspecto
económico en lo que se refiere al consumo de combustible, al que
se ha hecho referencia.
- 2º.- *Evitar ganancias de calor:* Es un problema de verano, más sencillo
puesto que la pared caliente anula la
posibilidad de condensaciones superficiales. Desde el punto de
vista del confort la pared caliente no produce inconvenientes
salvo casos muy especiales, como puede ser la instalación de
hornos o cualquier otro dispositivo que genere calor.
- 3º.- *Controlar la condensación sobre superficies y dentro de las
estructuras:* Es un factor importante por cuanto la condensación
humida es perjudicial con respecto de su capacidad
de aislamiento térmico. En otras épocas, el problema se resolvía
naturalmente por los espesores usuales de los muros, la
imperfección de los cerramientos en cuanto a su hermeticidad,
el bajo factor de exposición, la amplitud de los ambientes y la
arquitectura de distribución abierta, no permitían que el aire llegara
al punto de saturación de humedad.
- 4º.- *Crear temperaturas superficiales adecuadas para el confort:* Esta es
una problemática relativamente nueva. Hace 50 años no se conocían
conocían exhaustivamente los fundamentos correctos del confort.
Se pensaba sólo en la temperatura del aire, sin considerar la
temperatura de las superficies de las paredes.

Todos estos factores que hacen al problema demasiado frecuencia en nuestros edificios, atribuir a la benignidad de nuestros climas. Hasta no hace mucho, si bien los coeficientes mínimos de aislamiento de los muros de acuerdo al destino de los locales, tal exigencia por razones económicas, es el problema.

En cambio, en casi todos los países de sus climas, las exigencias son estrictas.

Para dar solución al problema del aislamiento térmico, pueden seguirse dos caminos;

- 1°.- Mediante el uso de materiales que actuarán por espesor, el que se obtiene con materiales de mejores condiciones tradicionales.
- 2°.- Mediante el uso de materiales adecuados y disposiciones adecuadas. En este caso puede lograrse a la vez, cuyo ejemplo característico lo constituye el muro cortina. (cortin wall).

Antes de continuar, recordaremos algunos conceptos que serán de utilidad. Comenzaremos por referirnos al

Calor: El calor es una forma de energía. Todos los cuerpos tienen cierta cantidad de calor, con excepción de aquellos cuya temperatura es de 0°K , llamado cero absoluto o cero Kelvin en homenaje a Lord Kelvin. El 0°K corresponde al estado de reposo molecular absoluto y equivale a -273°C o -273°F . Es conveniente aclarar la diferencia entre los conceptos de *calor* y *temperatura*. El calor es la energía térmica de que está dotado un cuerpo. Por encima del cero absoluto, todo cuerpo tiene sus moléculas en movimiento, en constante vibración que tiene lugar en todos sentidos. Cuanto mayor sea la energía térmica, mayor será la vibración. Si se considera una sola molécula, existe relación entre cantidad de calor y temperatura, de modo que si C es su cantidad de calor, T será

el aumento térmico se descuidan con lo que sin duda del...

mentos de edificación no exigían espesores mínimos de... Hoy día se ha abandonado que implica el agravamiento

de los muros, en razón de lo riguroso

del aislamiento térmico, pueden seguirse

dos caminos. En este caso el material reducir si se emplean materiales más modernos. Es la solución

mediante el uso de materiales adecuados y disposiciones adecuadas. En este caso puede lograrse a la vez, cuyo ejemplo característico lo constituye el muro cortina. (cortin wall).

Antes de continuar, recordaremos algunos conceptos que serán de

Calor: El calor es una forma de energía. Todos los cuerpos tienen cierta cantidad de calor, con excepción de aquellos cuya temperatura es de 0°K , llamado cero absoluto o cero Kelvin en homenaje a Lord Kelvin. El 0°K corresponde al estado de reposo molecular absoluto y equivale a -273°C o -273°F . Es conveniente aclarar la diferencia entre los conceptos de *calor* y *temperatura*. El calor es la energía térmica de que está dotado un cuerpo. Por encima del cero absoluto, todo cuerpo tiene sus moléculas en movimiento, en constante vibración que tiene lugar en todos sentidos. Cuanto mayor sea la energía térmica, mayor será la vibración. Si se considera una sola molécula, existe relación entre cantidad de calor y temperatura, de modo que si C es su cantidad de calor, T será

su temperatura, y si C es su cantidad de calor, T será su temperatura. Pero si se consideran los dos moléculas juntas, la temperatura será la misma. Se advierte con claridad que en la temperatura, la energía térmica se reparte entre las moléculas. Esto nos permite enun-

- 1°.- Calor es la energía térmica.
- 2°.- Cantidad de calor es la energía térmica de un cuerpo.
- 3°.- Temperatura es el grado de agitación de las moléculas.

Luego, temperatura es el grado de agitación de las moléculas. La experiencia sencilla de poner agua de muy diferente temperatura en recipientes iguales y provenientes del mismo volumen de agua, muestra que la temperatura es el grado de agitación de las moléculas.

Detenido el proceso en la temperatura, como es normal, la temperatura es la misma que a pesar de haberse incrementado la temperatura, el calor se ha concentrado en la diferencia en la temperatura.

Kilocaloría: Es la cantidad de calor necesaria para elevar un kilogramo de agua a presión constante en 1°C , en el período que al período elegido, obedece a la temperatura, disminuyendo la temperatura, son niveles fijos. La kilocaloría es la unidad de calor. El gramo caloría. Los países sajones se e-

para elevar una libra de agua de 60°F a unidades es:

$$y \quad 1 \text{ Kcal} = 3,96 \text{ B.T.U.}$$

se le suministra una cierta cantidad de incremento de su temperatura que llamamos

la expresión:

$$c.e = \frac{Q}{\Delta t}$$

masa, la expresión completa será:

siendo la unidad de masa el Kg.

calor específico es: $\frac{\text{Kcal.}}{^{\circ}\text{C. Kg.}}$

, como la cantidad de energía térmica en Kg. de una sustancia, para que su temperatura aumente 15,5°C.

los valores del calor específico de

- : 1 Kcal/Kg. °C
- : 0,5 "
- : 0,115 "
- : 0,094 "
- : 0,200 "
- : 0,220 "
- : 0,200 "
- : 0,57 "
- : 0,22 "
- : 0,094 "
- : 0,031 "
- : 0,092 "
- : 0,21 "
- : 0,22 "

hormigón : 0,21 "
yeso : 0,20 "
amoníaco : 1 "



Como puede observarse, el mayor valor es la unidad y corresponde al agua y al amoníaco.

Capacidad calorífica. Es la capacidad que tiene un cuerpo de almacenar calor. Está relacionado con su calor específico y con su masa.

Si queremos elevar la temperatura de un volumen de agua y de un volumen de hormigón de modo que el incremento de temperatura sea igual en ambos casos, debemos incorporar una cantidad de calor Q , que puede calcularse así:

De la fórmula $c.e = \frac{Q}{\Delta t \cdot m}$ despejamos

$$Q = c.e \times m \times \Delta t \quad \text{reemplazando:}$$

$$Q (\text{agua}) = 1 \text{ Kcal/}^{\circ}\text{C. Kg} \times 1^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ Kg.} = 1 \text{ Kcal.}$$

$$Q (\text{hormigón}) = 0,21 \text{ Kcal/}^{\circ}\text{C. Kg} \times 1^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ Kg} = 0,21 \text{ Kcal.}$$

Vale decir que la cantidad de calor Q que hay que incorporar a 1 Kg. de agua para el que incremento Δt sea igual a 1°C, deberá ser 1 Kcal. mientras que para el hormigón, solamente 0,21 Kcal. de donde se deduce que cuanto mayor es el calor específico, mayor es la capacidad de almacenar calor.

Del mismo modo podemos calcular cual será el incremento Δt si incorporamos 1 Kcal a cada uno de los materiales:

$$\text{de } Q = c.e \times m \times \Delta t \text{ despejamos } \Delta t = \frac{Q}{c.e \times m}$$

reemplazando:

$$\text{agua: } \Delta t = \frac{1 \text{ Kcal}}{1 \text{ Kcal/}^{\circ}\text{C. Kg} \times 1 \text{ Kg}} = 1^{\circ}\text{C}$$

hormigón: $\Delta t = \frac{1 \text{ Kcal}}{0,2 \frac{\text{K}}{\text{C}}} = 5^\circ\text{C}$

O sea, que si a 1Kg. de agua le inyectamos 1 Kcal., su temperatura aumentará 1°C , mientras que el hormigón aumentará 5°C . La capacidad calorífica tiene mucha importancia, ya que en función de la masa, podrá almacenar más calor que tenga más materia.

Dicho de otra forma, a mayor capacidad calorífica corresponderá mayor inercia térmica, lo que permitirá que el material actúe como un verdadero volante térmico en lo que se refiere a la cesión del calor.

Si un muro es de gran espesor, habrá que suministrarle más calor (calefacción), para que el local en régimen, vale decir, que habrá que consumir calor para calentar el muro, pero cuando la fuente de calor se interrumpe, el muro cederá el calor que ha almacenado y el efecto de la calefacción se mantendrá un cierto tiempo. Lo que acabamos de expresar, puede representarse en un diagrama cartesiano,

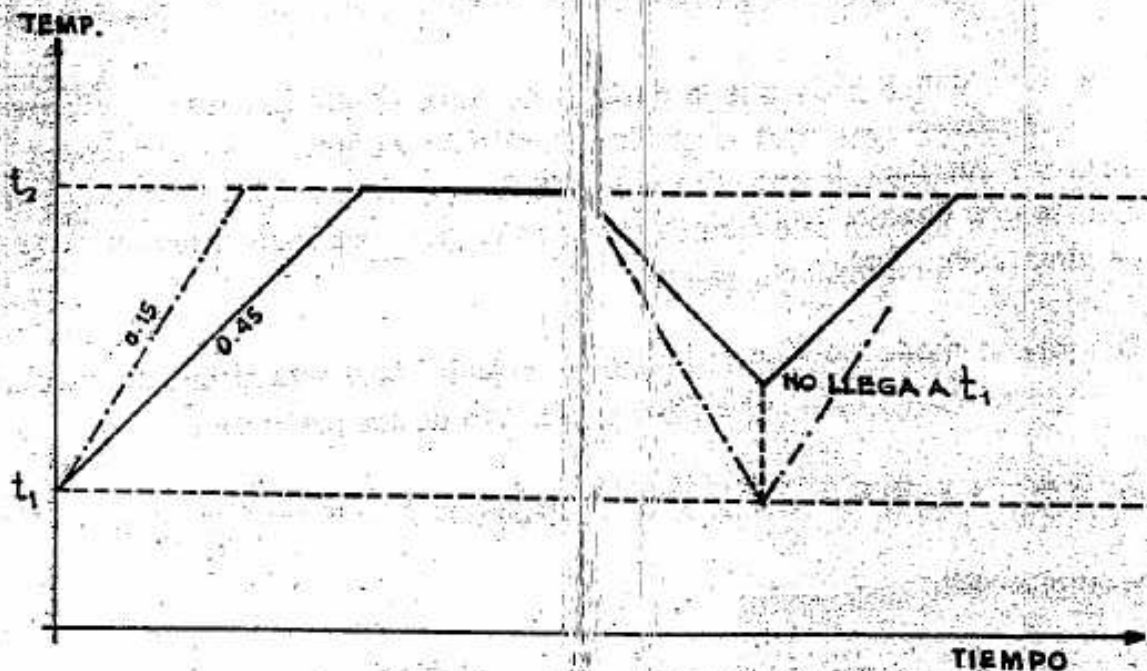


Figura 14

En efecto, en el diagrama se ha señalado con una línea de trazo continuo el gráfico correspondiente a un muro de 0,45 m de espesor, y

con punto y trazo el correspondiente al muro de 0,15 m. Partiendo de la misma temperatura inicial, la calefacción del muro de 0,45 m tarda más en llegar a la temperatura deseada que la del muro de 0,15 m.

Una vez alcanzada la temperatura deseada, al cesar la calefacción, el muro de 0,45 m tarda más en volver a la temperatura inicial que el muro de 0,15 m. De lo anterior se deduce que el muro de 0,45 m tiene una mayor inercia térmica, lo que respecto al consumo de energía. De lo anterior se deduce que el muro de 0,45 m tiene una mayor capacidad de almacenar calor, lo que respecto al consumo de energía. Además, debe tenerse en cuenta que si se trata de un sistema de calefacción por radiación, el muro de 0,45 m se calentará más lentamente que el muro de 0,15 m.

En general, la inercia térmica de un cuerpo depende de su masa, de su capacidad calorífica y de su conductividad térmica. En climas variables, donde las temperaturas varían mucho, puede ser un inconveniente el tener una gran inercia térmica, que se reflejará en un mayor consumo de energía.

Calor sensible: Se define como el calor que se transfiere a un cuerpo, produciendo un cambio de temperatura.

Calor latente: Se define como el calor que se transfiere a un cuerpo receptor, produciendo un cambio de estado sin que varíe su temperatura.

que corresponde a los cambios de estado

la porción de hielo a una temperatura de

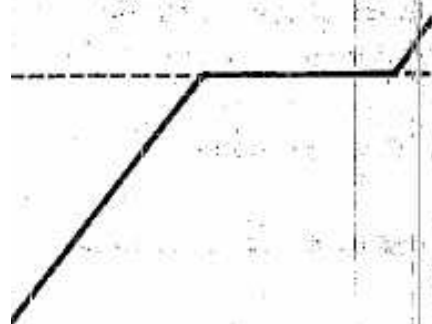


Figura 15

umentando progresivamente la temperatura en 1°C como se indica en el gráfico. Al pasar sin interrupción, la temperatura queda a fusión del hielo sea total. En la medida que el hielo, la temperatura del agua comenzará a subir. A 100°C , temperatura de ebullición. La temperatura volverá a permanecer constante, vale decir, que el sistema se encuentra en un aumento de temperatura, por el cambio de estado. Cuando el hielo se consumen 80 Kcal por cada

temperaturas

estudia la medición de la temperatura

la temperatura es el termómetro. El diámetro capilar que contiene mercurio, etc. cuyo volumen aumenta al darse un ascenso de la columna

altura se lee en una escala grabada en el tubo.

Existen varios criterios para determinar puntos fijos en la citada escala, lo que da origen a diferentes sistemas de medición:

- 1°— Celsius, centigrado o decimal.
- 2°— Farenheit.
- 3°— Reamur.

Las dos primeras son las escalas más usadas. La primera es la utilizada en nuestro país, mientras que la escala Farenheit es de uso difundido en los países sajones.

En la escala Celsius se determinan dos puntos fijos, correspondiendo la marca inferior a la temperatura de solidificación del agua, la que se le asigna el valor de 0°C , mientras que el punto superior señalado con el valor 100°C , corresponde a la temperatura del agua en ebullición. El intervalo entre ambos puntos fijos se divide en 100 partes, constituyendo cada una de las divisiones, un grado.

En la escala Farenheit, el 0° es más arbitrario y corresponde a la temperatura de congelación de una salmuera tipo. El punto superior de la escala corresponde — igual que en la Celsius —, a la temperatura de ebullición del agua, pero en esta escala se le asigna el valor de 212°F . El 0°C corresponde a 32°F .

La conversión de una escala a otra se realiza del siguiente modo: Deseamos saber a cuántos grados F, corresponde 2°C .

$$100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F}$$

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{180^{\circ}\text{F}}{100^{\circ}\text{C}} = \frac{9}{5} \text{ luego}$$

$$20^{\circ}\text{C} = 20 \times \frac{9}{5} = 36^{\circ}$$

Dado que el 0°F está 32° más abajo que el 0°C , al valor obtenido se le debe sumar 32° , o sea:

$$36^{\circ} + 32^{\circ} = 68^{\circ}$$

De lo anterior se deduce la siguiente regla:

Para convertir grado centígrado a grado Fahrenheit se multiplica grado centígrado por $\frac{9}{5}$; y al resultado se le suma 32°. En el caso inverso, para pasar de °F a °C, lo que se resta 32° y el resultado se multiplica por $\frac{5}{9}$.

La escala Reaumur toma como puntos fijos la temperatura de congelación y de ebullición del agua, a los que se asignan los valores 0°R y 80°R respectivamente. El período entre 0 y 80 se divide en 80 partes, constituyendo cada parte un grado Reaumur.

Existe además la escala llamada de temperatura absoluta o escala Kelvin. El 0°K corresponde al estado de reposo molecular absoluto, y se encuentra a $-273,16^\circ\text{C}$.

Para pasar de grado centígrado a grado Kelvin simplemente se suma 273°.

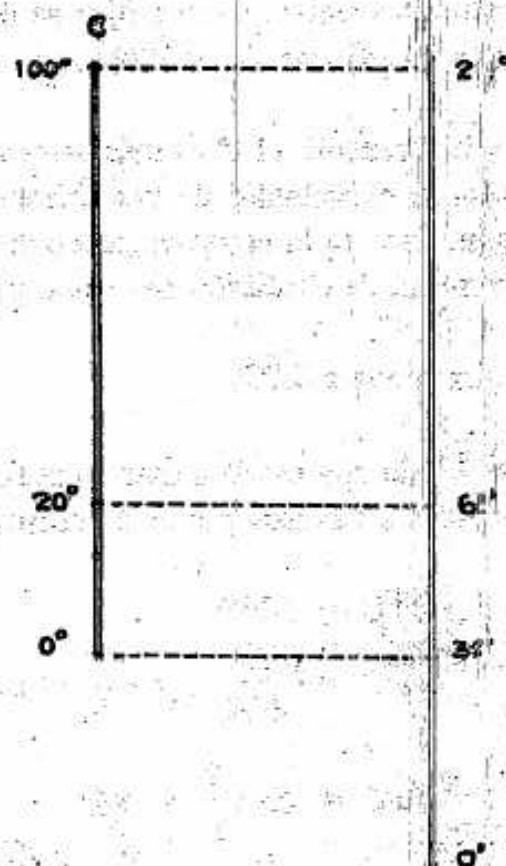


Figura 16

Propagación del calor

Al hallarse en presencia de otros cuerpos, los cuerpos producen cambios de temperatura y pierden el equilibrio térmico.

Dicho intercambio de calor puede darse de tres maneras diferentes llamados: Radiación, Conducción y Convección.

En lo que sigue estudiaremos cada uno de ellos.

Radiación

La transferencia de calor por radiación no necesita un medio intermedio entre la fuente de calor y el cuerpo que recibe el calor. El calor llega por medio de ondas electromagnéticas.

Todo cuerpo cuya temperatura sea superior al cero absoluto emite energía térmica, generando radiación térmica. Esta radiación puede ser en forma de ondas electromagnéticas que son ondas transversales que se propagan en el vacío y en cualquier medio homogéneo y transparente en todas direcciones.

La velocidad de propagación es de 300.000 Km/seg. en el vacío, aunque en el aire decrece un poco, pero para los efectos prácticos se considera constante.

La radiación térmica sigue una línea recta y en todas direcciones. Del mismo modo que acontece con la luz, cuando llega a un cuerpo, una parte es reflejada y otra es refractada.

También se cumple la ley de reflexión que la intensidad de la radiación que incide normalmente multiplica

en alguna medida que la intensidad es
inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa a la
fuente. Esta ley se cumple si la fuente emisora es
puntual. Si la fuente es extensa, la distancia no influye con
la misma potencia cuyo valor se sitúa entre

en, apartándose de las leyes de la óptica, no se
aplica, sino que

caracterizada por su longitud de onda λ y con
relacionada con la velocidad de propagación, de

que λ se mide en metros, milímetros, milimicrones o

eléctrico puede clasificarse bajo diferentes formas.
Las longitudes de onda, o graficátemos como

las zonas de radiación a la luz, a los Rayos
ultra violetas y a los Rayos X.
En valores de radiación por la cantidad de
energía que emiten en rayos rojos y en segundo
orden, pero con menor importancia.
Un cuerpo negro emite a λ y $T^{\circ}K$.
La mayor potencia, aunque tenga menor o

representarse en función de los valores: Energía y
longitud de onda λ .

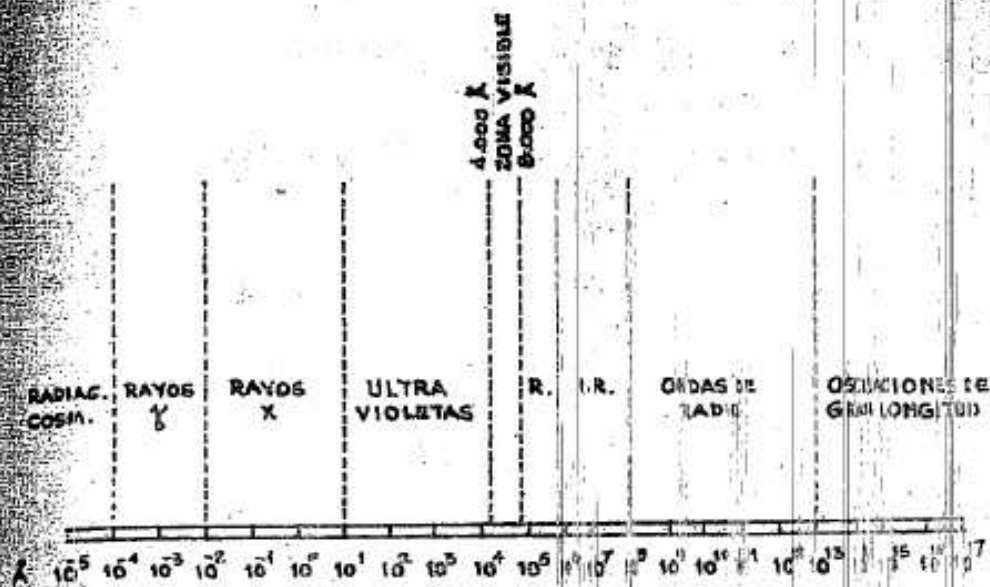


Figura 17

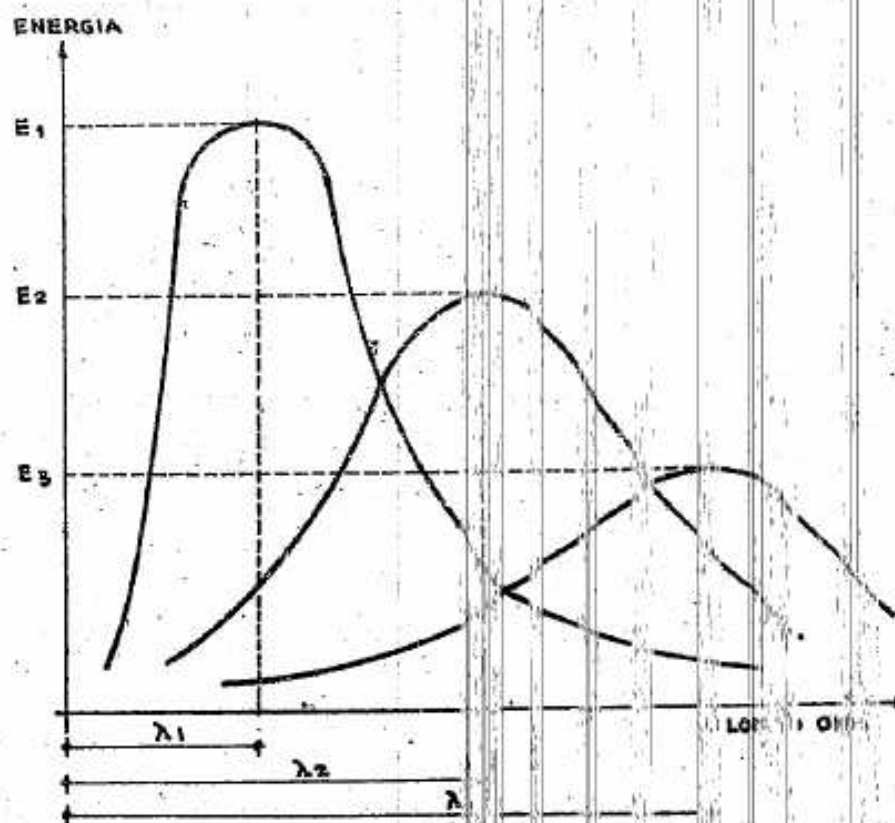


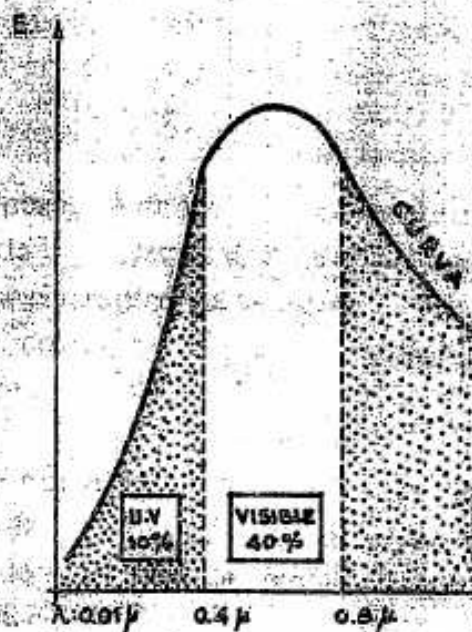
Figura 18

A ondas de menor longitud corresponden a or n

Es de interés el conocimiento de dos c s:

a) Curva de emisión solar

b) Curva de cuerpos de baja tempe ir



Figura

La curva del sol comprende tres zonas:

Ultravioletas: λ menor de $0,4 \mu$ y mayor de $0,1 \mu$

Rayos visibles: λ mayor de $0,4 \mu$ y menor de $0,8 \mu$

Infrarrojos: λ mayor de $0,8 \mu$ y menor de $5,0 \mu$

La zona de U.V. es el 10% del área o energía total.

La zona R.V. es el 40% del área o energía total.

La zona de I.R. es el 50% del área o energía total.

En consecuencia, la gama visible es el 40% del total.

Para los cuerpos de baja temperatura, toda la gama es invisible.

Leyes de la radiación.

La capacidad de emitir calor por radiación, está regida por tres leyes: la

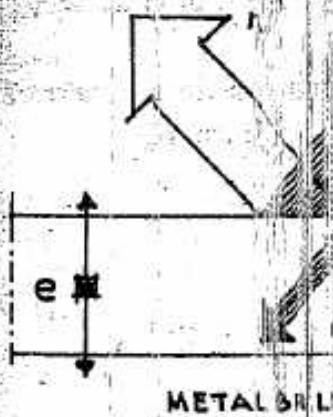
ley de Kirchhoff, a continuación:

Ley de Kirchhoff

Si ϵ es el poder de la ley de Kirchhoff las superficies a

Desempeña un papel capaz de absorber negro, cuya existencia consiguiendo, para

Como consecuencia de absorbente de una superficie grande, y por el emisor será pequeño. Representado esto con



El metal pulido refleja mucho y almacena poca energía en con

que refleja poco, como consecuencia
 almacena mucho calor y por
 tanto es grande.
 La actividad corresponde a baja emisividad
 y la correspondencia alta emisividad.

distintas fuentes y obtuvo diagramas
 en la figura 21.

$$T_1 > T_2 > T_3$$



Figura 21

La curva que corresponde a una
 temperatura más alta.

$$\lambda = 2.880 \left(\lambda \text{ en } \mu \text{ y } T \text{ en } ^\circ K \right)$$

El desplazamiento, dice:
 las curvas lucen las máximas emisiones de
 longitudes de onda menores a medida
 que aumenta la temperatura.

Ley de Stephan y Boltzmann.

La ley de Stephan y Boltzmann determina la energía radiada por un
 cuerpo, y dice que;

El poder emisor de un cuerpo es proporcional a la cuarta potencia de
 su temperatura absoluta.

Su expresión matemática es:

$$E = C \times \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

El factor C es la llamada constante de Stephan y Boltzmann, que varía
 para cada material, dependiendo de su superficie.

Esta constante adquiere un valor máximo para el ya mencionado cuerpo
 negro, al que le corresponde 4,96 Kcal/m².h.T.

Los valores para algunos materiales, se indican en el cuadro siguiente:

Material	C	e = a	r
Cuerpo negro	4,96	1	0
Ladrillos	4,61	0,93	0,07
Mortero de cal	4,30	0,87	0,13
Pintura de aluminio	1,35 - 3,45	0,27-0,70	0,73-0,30
Metales brillantes	0,20-0,25	0,04-0,05	0,96-0,95
Acero oxidado	4 - 4,5	0,81-0,91	0,19-0,09
Aluminio oxidado	0,55	0,11	0,89
Pintura blanca (emisión solar)		0,16	0,84
Pintura blanca (2.760° lam. Tung.)		0,12	0,88
Pintura blanca (400°)		0,79	0,21
Pintura blanca (50°)		0,98	0,02

Como puede observarse, además de los valores de la constante de Stephan y Boltzmann, se agregan los valores correspondientes al poder de emisión, absorción y reflexión.

Obsérvese que la pintura blanca tiene valor de reflexión alto para altas temperaturas, no así en las bajas temperaturas, vale decir, que actúa en la zona visible. Luego, de noche no tiene eficacia.

Convección.

Este modo de propagación del calor se caracteriza porque la transferencia de energía térmica tiene lugar con movimiento de materia, quedando, en consecuencia, limitado exclusivamente a los fluidos.

Ya se ha expresado con anterioridad, que el grado de agitación molecular es función de la temperatura. Si ésta aumenta tiene lugar un movimiento vibratorio más enérgico, aumentando la distancia de separación entre moléculas y disminuyendo por esta razón el peso específico del fluido y éste, líquido o gas — tiende a ocupar posiciones más elevadas, estableciéndose un circuito o corriente llamada convectora.

Cuando la corriente convectora se origina naturalmente, por diferencia de densidad en el fluido, el proceso se denomina convección libre y cuando existe un agente exterior que produce movimientos en el fluido, tal el caso de un ventilador que produce diferentes presiones, el proceso recibe el nombre de convección forzada.

En el caso de la convección libre el sentido de la corriente es invariable, no así en la convección forzada, cuyo sentido es arbitrario.

La cantidad de calor que puede transferirse por este medio depende de dos factores:

- 1°.— Diferencia de temperatura entre el fluido y la superficie de contacto.
- 2°.— Velocidad del fluido.

Si el fluido barre la superficie lentamente roba poco calor. En cambio si la corriente es enérgica, si bien el calentamiento individual de cada molécula es menor porque está menos tiempo en contacto con la superficie caliente, esto se compensa ampliamente debido a que se calientan un número mayor de moléculas, que en definitiva sustraerán

mayor cantidad de calor. Esto resulta de importar paredes expuestas a los

La pérdida de energía térmica por convección tiene un coeficiente de transmisión con la letra griega α .

Dado que en la transferencia de calor se produce simultáneamente pérdida de energía por radiación, el coeficiente combinado de transferencia con todas las formas de transferencia. Más adelante daremos la fórmula para el coeficiente de transferencia por convección.

Conducción.

Este modo de transferencia de calor se realiza de molécula a molécula, implica contacto molecular en líquidos y sólidos. En los gases la distancia de aproximación de las moléculas a 0°K se encuentran en un estado de movimiento. En las fases opuestas de la transferencia de calor, lo que implica un contacto molecular por conducción, por radiación, los valores carecen de significado, aunque aclaramos que el

En la transferencia de calor por conducción intervienen una serie de factores. Si consideramos un cuerpo que se calienta por una diferencia de temperatura establecemos que t_1 es la temperatura de la fuente y t_2 es la temperatura del cuerpo. Esa diferencia de temperatura se indica la flecha.

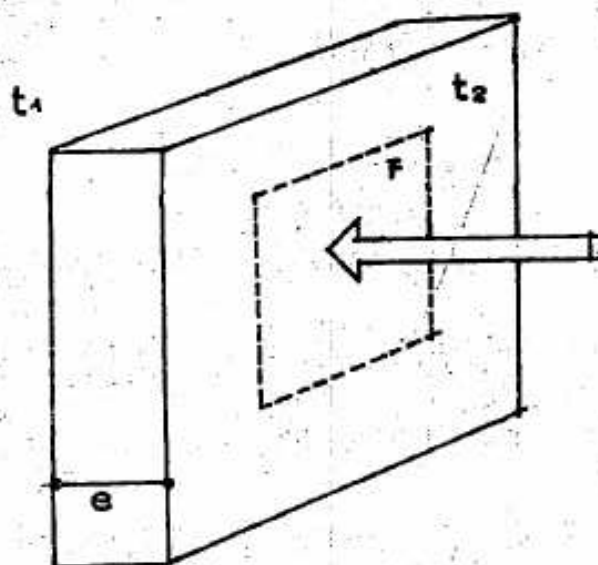
que la cantidad de calor Q que pa
de las características físicas del
refiere a su porosidad. Esas
nen el grado de conductibilidad
da expresado mediante un
el símbolo λ y al que llamaremos

ado coeficiente es alto, el material
encia dejará pasar mayor cantidad

os indica que la cantidad de calor
uperficie de incidencia de la energía
firmamos que a doble superficie
lad de calor transmitida por

del proceso también será una
o requiere demostración la
yor será la cantidad de calor

que se produjera el flujo desde
menester que se verificara una
s, siendo razonable suponer que si
rá mayor la cantidad de calor que
l.
ambien jugará su rol, y no admite
eno de la conducción térmica, la
moléculas provocará mayor
a la inversa, a mayor espesor
r transmitido.



$t_2 > t_1$

Figura 22

Las consideraciones que acabamos de hacer pueden resumirse expresándolas en función de la proporcionalidad directa o inversa de las variables, luego, la cantidad de calor Q transferida por conducción a través de un cuerpo, será:

- 1° Directamente proporcional dal coeficiente de conductibilidad del material.
- 2° Directamente proporcional a la superficie F .
- 3° Directamente proporcional al tiempo que dura el proceso.
- 4° Directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre las caras, $t_2 - t_1$.
- 5° Inversamente proporcional al espesor e del cuerpo.

Las relaciones mencionadas pueden expresarse bajo la siguiente forma, que constituye la *Expresión de Fourier*:

$$Q = \frac{\lambda \cdot F \cdot h \cdot (t_2 - t_1)}{e}$$

De la expresión de Fourier podemos despejar λ , coeficiente de conductibilidad, y tendremos:

$$\lambda = \frac{Q \cdot e}{F \cdot h \cdot (t_2 - t_1)}$$

y de esta última fórmula podemos obtener la unidad de medida del coeficiente λ , con sólo aplicar las unidades correspondientes a cada uno de los términos, o sea:

$$\lambda = \frac{\text{Kcal} \cdot \text{m.}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$$

lo que nos permite definir el coeficiente de conductibilidad térmica diciendo:

"Es la cantidad de calor que atraviesa un cuerpo de 1 metro de espesor; de 1 metro cuadrado de superficie, en una hora, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de 1°C ."

Como puede observarse, el cuerpo que sirve para definir no es otra cosa que un cubo que mide 1 m de lado.

La unidad de λ , por simplificación o transposición de términos, puede tomar las siguientes formas:

$$\lambda = \frac{\text{Kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \text{ó también} \quad \lambda = \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1}}$$

Por ahora aconsejamos utilizar la forma no simplificada para evitar confundirla con otras unidades que veremos.

El valor del coeficiente de conductibilidad puede verse afectado por una serie de variables entre las que podemos mencionar la temperatura; el peso específico; la composición del material; la estructura interna; la humedad, etc.

A los sólidos y a los líquidos corresponden valores mayores que a los gases.

El valor más alto es $360 \frac{\text{Kcal} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$ y corresponde a la plata, y el más

bajo es $0,02 \frac{\text{Kcal} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$ que corresponde al aire seco, en reposo y a

0°C .

El coeficiente de conductibilidad del aire eleva su valor, aunque muy poco, cuando aumenta la temperatura.

En general, cuando aumenta la temperatura aumenta el valor de λ para los materiales de estructura amorfa, a excepción de algunos tipos

de rocas. En cambio el aluminio.

Con relación al peso de λ . Un material puede tener distintos coeficientes de compacidad o porosidad. En general los poros se reemplazan por una sustancia de menor conductibilidad. Tomemos como ejemplo

Supongamos que el fin de acuerdo a lo estudiado

Pero al llegar a la cámara de los nervios. En la fórmula que queda afectado por la convección y radiación podemos escribir:

$$Q = \frac{F \cdot C \cdot (t_2 - t_1)}{e}$$

El valor de Q baja por la pérdida de calor. Por supuesto, la convección y radiación.

Si el ladrillo hueco fuera como en la figura 24 el recorrido



24

considerar multiplicado el espesor
idad, luego:

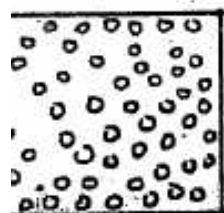
$$Q = \frac{F \cdot (t_2 - t_1) \cdot h}{e} \cdot \lambda \frac{C_1}{C_2}$$

$$C_2 < 1$$

on.

poros o espacios vacíos en la
en los ladrillos huecos. En general

gura 25 , la sustancia tendrá un



25

ros diseminados en toda su masa,
de vista físico, como un sistema
a lo constituye la materia,
llena los poros.
en el que la fase continua está
aría la fase dispersa. Es el caso de
etc.

Cuanto mayor volumen de poros contenga un material, menor será su peso específico, y menor será su coeficiente de conductibilidad, pero la ley se cumple dentro de ciertos límites, ya que si los poros se hacen demasiado grandes, existe la posibilidad de transferencia por convección y radiación.

La curva de la figura 26 representa la relación existente entre el valor de la compacidad y el valor del coeficiente de conductibilidad.

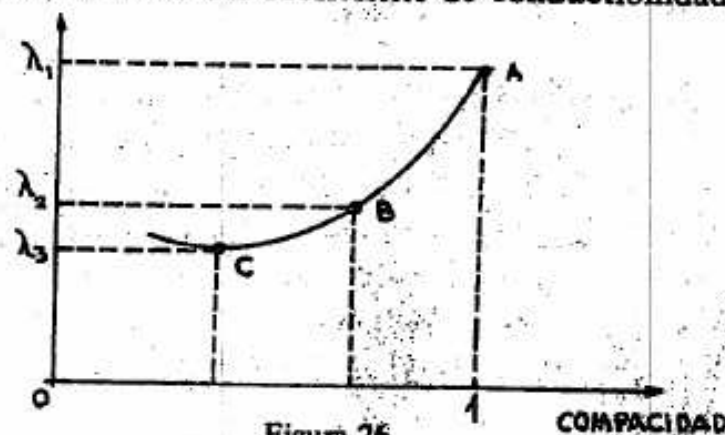


Figura 26

El punto A representa el valor λ_1 correspondiente a un material de compacidad igual a la unidad. A medida que aumenta la cantidad de poros, decrece el valor de la compacidad, con lo que el material se hace menos conductor, disminuyendo por consiguiente el valor de λ (punto B).

La curva indica un valor mínimo de λ (punto C), para un cierto valor de la compacidad, a partir del cual el coeficiente comienza a crecer como consecuencia de la transferencia por convección y radiación que tiene lugar especialmente si aumenta el tamaño de los poros. Como puede notarse, el valor de λ no depende exclusivamente de la cantidad de espacios vacíos, sino también de como se hallan organizados dichos vacíos.

Por lo tanto, dos materiales de la misma sustancia y con la misma compacidad, pueden presentar distintos valores de λ

En los casos de materiales compuestos por fibras, el valor de su coeficiente de conductibilidad puede variar según sea la dirección de las fibras, debido a que pueden actuar como puente térmico, como se señala en la figura 27

λ MENOR



λ MAYOR
PUENTE TÉRMICO



Figura 27

Los materiales porosos desmejoran notablemente su coeficiente λ en relación con su grado de humedad, ya que cuando se encuentran perfectamente secos, sus poros están ocupados por aire cuyo λ es 0,02. A medida que el material se humedece, una parte del aire que encierran sus poros será reemplazado por agua, y cuando se produzca la saturación todo el aire será reemplazado por un elemento cuyo λ es 0,5, vale decir, 25 veces mayor que el del aire.

El mismo efecto tiene lugar en los materiales pulverulentos, por ejemplo la arena, que seca posee un λ de 0,27, mientras que con un grado de humedad del 7%, presenta un λ igual a 1. En atención a lo que acaba de expresarse, cuando existe la posibilidad de que un material se humecte, en los cálculos de aislamiento térmico deben tomarse los valores de λ más desfavorables.

Transferencia de energía térmica a través de las paredes

Sea el muro exterior representado en la Fig. 28. La dirección del flujo se realiza desde el interior al exterior en razón de que se ha supuesto $t_i > t_e$.

El ambiente cederá a convección y radiación. Como se expresara en las condiciones en que depende de dos factores:
1°.- Diferencia de temperatura
2°.- Velocidad del aire

Reiteramos que si el en cambio si la corriente de las moléculas es mayor en la unidad. El coeficiente α recibe la idea de la permeabilidad. Los valores de α de consignan en el cuadro

α m ² . h. °C	$1/\alpha$ m ² . h. °C/Kcal.
7	0,14
10	0,05

distintas velocidades de viento,

Velocidad Viento m/seg.	α
3,5	28
4	30
4,5	31
5	33
5,5	34
6	35
7	38
8	40
9	43
10	45

paramento 1, la transferencia se
1, y al llegar al paramento 2 lo
ia por radiación y convección.

de del coeficiente λ .
espondería tomar el valor de λ ,
valor tendrá que ser afectado por

ún se trate del paramento
y α_e respectivamente.
de transmisión, y sus inversas
rmicas correspondientes. Dado

que λ se encuentra afectado por el espesor, su inversa será $\frac{e}{\lambda}$.

La resistencia total del muro es igual a la suma de todas las resistencias
parciales y se simboliza con $\frac{1}{K}$, vale decir:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

La inversa de la resistencia es el coeficiente de transmisión del muro,
que se denomina de aire a aire, o conductancia.
Se designa con la letra K, y por lo tanto:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

Para la determinación de la transmisión total K, deberá calcularse
previamente la resistencia $\frac{1}{K}$ y luego se podrá deducir el valor de K.

Es obvio que, como se indica en la figura 29, generalmente habrá más de
un material integrando un muro, por ejemplo ladrillos, revoques interior
y exterior, cámaras de aire, etc. por lo tanto, la expresión completa de
 $\frac{1}{K}$ será:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_1^n \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

Que la resistencia total del muro es igual a la suma de todas las
resistencias parciales, puede demostrarse del siguiente modo:

Supongamos un muro como el de la Fig. 29, en el cual:

- α_i = coeficiente superficial interior
- λ_1 = coeficiente de conductibilidad del revoque interior
- λ_2 = coeficiente de conductibilidad del núcleo
- λ_3 = coeficiente de conductibilidad del revoque exterior
- α_e = coeficiente superficial exterior
- e_1 = espesor del revoque interior
- e_2 = espesor del núcleo
- e_3 = espesor del revoque exterior
- t_i = temperatura interior

- t_1 = temperatura del parametro interior
- t_2 = temperatura del plano de ladrillo interior
- t_3 = temperatura del plano de ladrillo exterior
- t_4 = temperatura del parametro exterior
- t_0 = temperatura exterior

La cantidad de calor que habrá de pasar a través del muro en la unidad de tiempo, la llamaremos Q.

Como la pared está integrada por espesores de distintos materiales y dos paramentos que se encuentran en distintas condiciones, la misma cantidad de calor Q que pasará a través del muro, tendrá que pasar a través de cada uno de ellos y podrá calcularse mediante la aplicación de la expresión de Fourier estudiada anteriormente.

En dicha expresión:

$$Q = \frac{\lambda \cdot F \cdot h (t_2 - t_1)}{e}$$

podemos efectuar una simplificación que consiste en eliminar el factor tiempo (h), dado que hemos partido de una hipótesis por la cual tomaremos la cantidad de calor que pasará en la unidad de tiempo.

Advertimos que cuando tomamos la expresión de Fourier relacionándola con los paramentos, que son superficies, no habrá espesor que considerar y el coeficiente de transmisión deberá ser el coeficiente superficial α .

Luego, podemos escribir:

Param. int.	: $Q = \alpha_1 \cdot F \cdot (t_1 - t_2) \therefore$	$\frac{Q}{F \cdot \alpha_1} = (t_1 - t_2)$
Esp. Rev. Int.	: $Q = \frac{\lambda_1}{e_1} \cdot F (t_1 - t_2) \therefore$	$\frac{Q \cdot e_1}{F \cdot \lambda_1} = (t_1 - t_2)$
Espes. ladr.	: $Q = \frac{\lambda_2}{e_2} \cdot F (t_2 - t_3) \therefore$	$\frac{Q \cdot e_2}{F \cdot \lambda_2} = (t_2 - t_3)$
Espes. Rev. Ext.	: $Q = \frac{\lambda_3}{e_3} \cdot F (t_3 - t_4) \therefore$	$\frac{Q \cdot e_3}{F \cdot \lambda_3} = (t_3 - t_4)$
Param. Ext.	: $Q = \alpha_4 \cdot F (t_4 - t_0) \therefore$	$\frac{Q}{F \cdot \alpha_4} = (t_4 - t_0)$

Ahora bien, si sumamos sacando factor común miembros es igual a t_1

$$\frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_4} \right) = t_1 - t_0$$

EXTERIOR



Por otra parte, considerando el muro de espesor e

$$Q = K \cdot F \cdot (t_1 - t_0)$$

Y ahora, comparando los dos miembros, son iguales, por lo tanto

$$\frac{Q}{F} \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_4} \right) = t_1 - t_0$$

$$+ \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e} = \frac{1}{K}$$

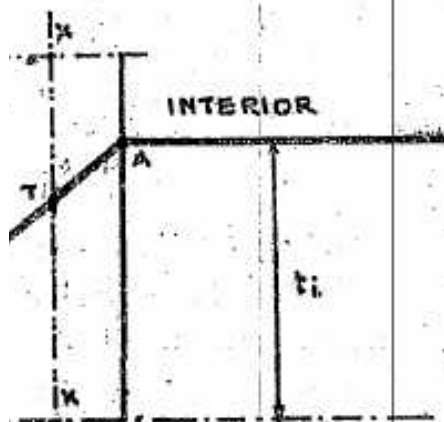
una de las resistencias parciales.

iente de temperatura y representa
: espesor del muro. Si consideramos
tos del muro, como se indica en la
la misma temperatura,

s valemos de un procedimiento
o siguiente:

ia a partir de un eje y en una
peratura interior t_i , haciendo lo
. Luego se unen los puntos A y B,
variación de temperatura en el
régimen y el material es

AB con la XX, nos permite obtener
el eje de referencia nos dará la



ra 30

El gráfico de la variación de temperatura que hemos obtenido no responde exactamente a la realidad dado que en las proximidades del paramento interior hay una resistencia al pasaje de energía térmica dado por el coeficiente de resistencia pelicular $\frac{1}{\alpha_i}$, lo que determina una caída de temperatura en el paramento.

Cerca del paramento se produce una corriente de aire que origina una turbulencia. En esa zona de turbulencia la variación de temperatura sigue una ley curva, y más próximo al paramento la variación se hace lineal como lo muestra la Fig. 31.

A efectos de simplificar, es suficiente representar la caída por medio de una curva, de modo que el gráfico queda modificado como se indica en la Fig. 32.

Para el trazado del gráfico de temperatura es necesario conocer: t_i ; t_1 ; t_2 ; t_e .

Las temperaturas t_i y t_e siempre serán valores conocidos, debiéndose calcular las temperaturas de los paramentos t_1 y t_2 . Para ello, nos valemos de la propiedad que dice:

“Las caídas de temperatura son directamente proporcionales a las resistencias que las producen, por lo tanto, la caída total es proporcional a la resistencia total”.

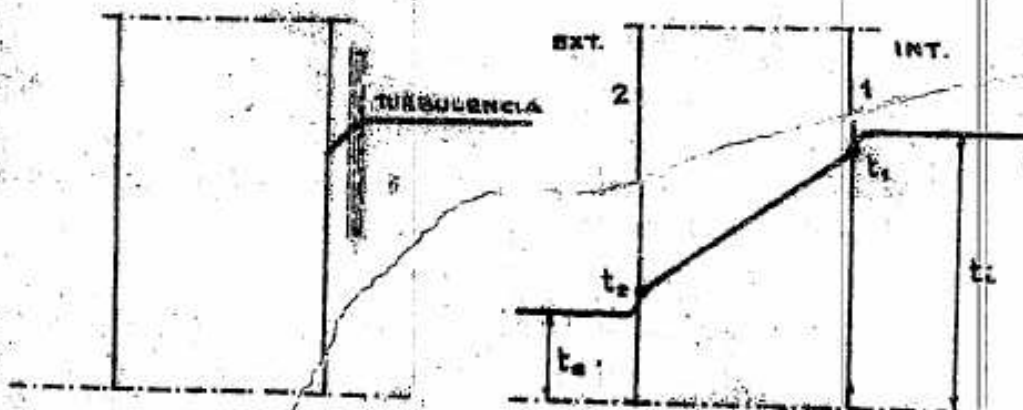


Figura 31

En el siguiente ejemplo, que corresponde a un muro con ambos paramentos revocados, Fig. 33, se designa con Δt a la caída de temperatura.

Figura 32

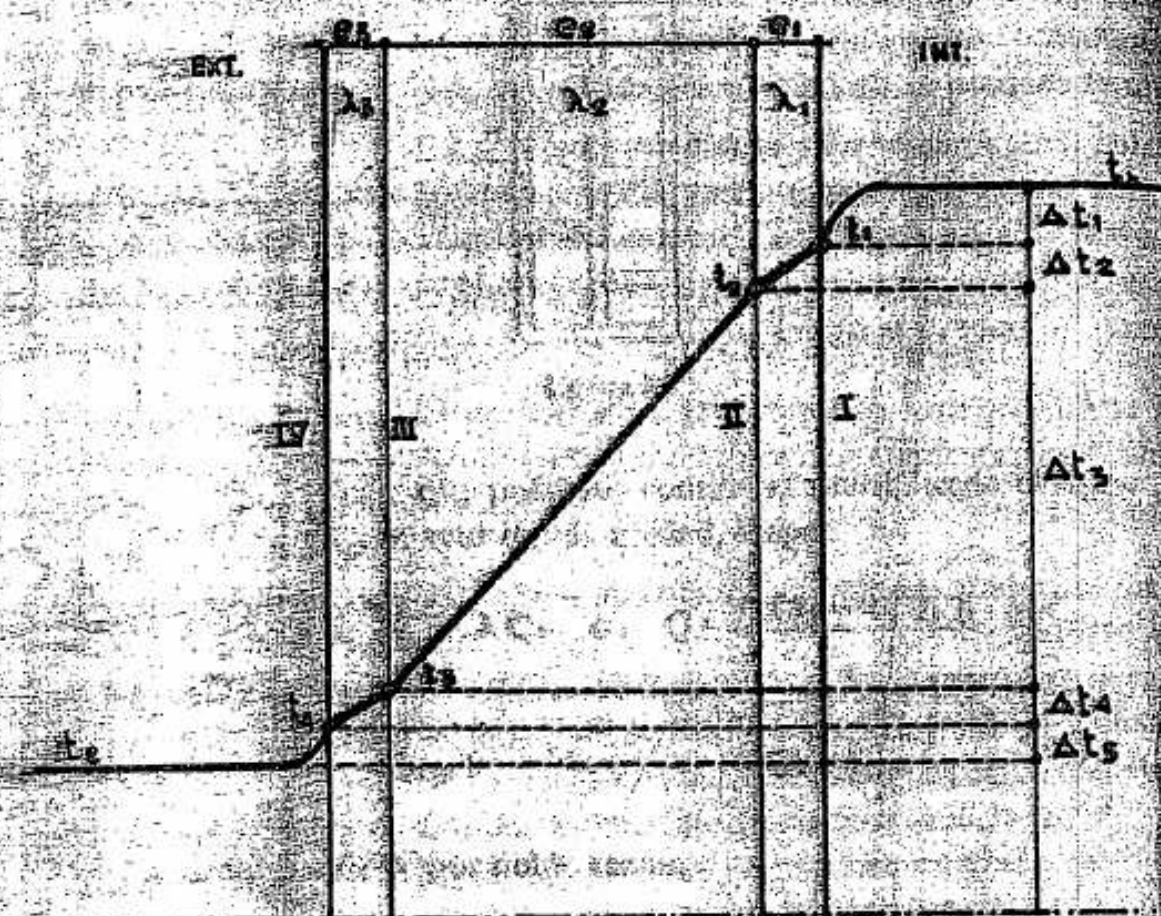


Figura 33

La suma de $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$ es igual a la caída total $t_i - t_e$.
Siendo la resistencia total $\frac{1}{K}$, y considerando que:

La caída total es a la resistencia total, como las caídas parciales son a las resistencias parciales que las producen.

podemos escribir:

$$\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{\Delta t_1}{\frac{1}{\alpha_i}}$$

de donde se despeja Δt_1

LA CAMARA DE AIRE

En general se considera cámara de aire, constituida por dos paredes que transmiten el calor. Tal afirmación parece fuerte de que el aire es el elemento de menor conductibilidad más baja. Este aspecto es muy relativo, ya que el aire transmite solo el 5% del calor. La existencia de películas adicionales que transmiten el calor. Esta disposición construida para sostener que la condición es que sus dimensiones sean tales que anulen las corrientes convectivas, lo cual difícilmente se cumple. Si se tiene en cuenta que el aire transmite por convección, se presta mucha atención a la cámara de aire, ya que puede llegar a transferir mucho calor.

Otros autores, como Schaffner, fundando su postura en la experiencia, afirman que el interior de las cámaras de aire está evidentemente configurado para que el coeficiente de conducción sea sensiblemente cuando es necesario.

ilidad del ingreso de agua desde el
de constituiría la inaceptable
sfuga, sólo queda la alternativa de
ondensación interior.

que el problema se soluciona con
no veremos más adelante, que sin
e un acertado tratamiento térmico

a cámara de aire no puede sustituir
rmica, a los materiales
como lo pueden ser el corcho; la
, etc.

futable y podemos comprobar
orcho que no supera los 4 cm,
la eficacia de una cámara de aire

uscar sustitutos, sino de analizar
re, que cuando están bien diseñada
diables especialmente cuando se
dos.

ransferencia térmica a través de una
es modos conocidos, vale decir, por
, correspondiendo a cada uno los
a la energía total:

..... 5%	a	7%
.....15%	a	28%
.....65%	a	86%

lo son significativos y desde ya no
ión a la que debemos prestar la

portamiento de una cámara, como
con los diferentes modos de

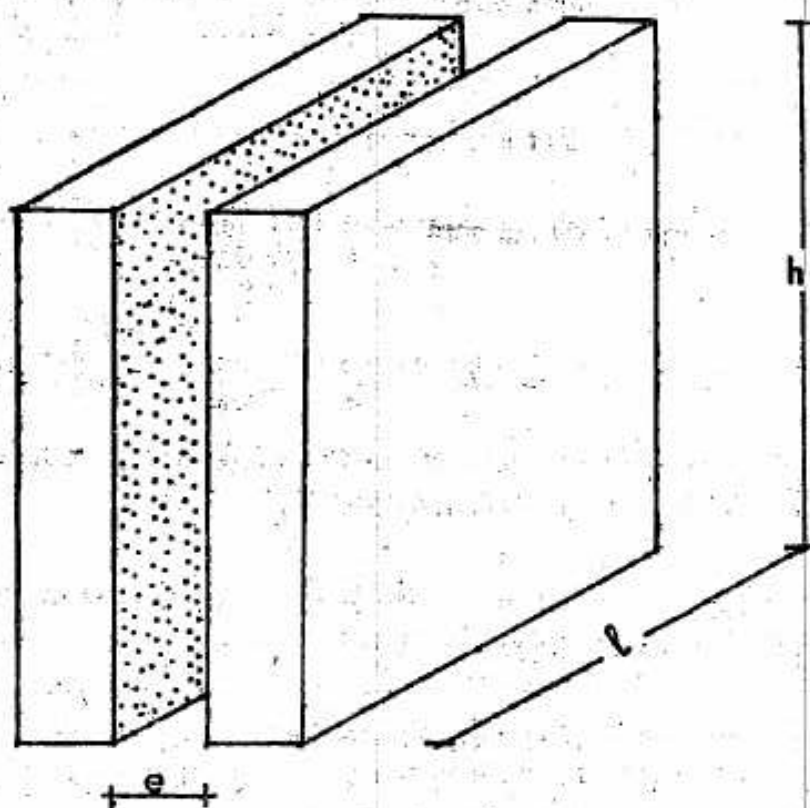


Figura 35

Conducción

Recordemos la fórmula que determina la cantidad de calor que pasa a
través de un cuerpo:

$$Q = \frac{\lambda \cdot F \cdot h \cdot (t_1 - t_2)}{e}$$

En esta fórmula intervienen l y h , determinando F .

Si se considera $F = 1 \text{ m}^2$, pasará una cantidad de calor igual a Q ,
mientras que si tomamos $F = 2 \text{ m}^2$, la cantidad de calor será $2Q$.

Lo expresado, si bien influye en la cantidad de calor total Q , no altera
el comportamiento de la cámara.

En cambio el espesor e , sí altera su comportamiento.

A medida que aumenta el espesor, la conductancia es menor, o lo que
es lo mismo, aumenta la resistencia. En efecto:

Para $e = 0,02 \text{ m}$, la conductancia será : $\frac{\lambda}{e} = \frac{0,02}{0,02} = 1$

$$\text{y la resistencia será : } \frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{0,02} = 1$$

En cambio, si disminuimos el espesor tendremos:

$$\text{Para } e=0,01 \text{ m. la conductancia será : } \frac{\lambda}{e} = \frac{0,02}{0,01} = 2$$

$$\text{y la resistencia será : } \frac{e}{\lambda} = \frac{0,01}{0,02} = 0,5$$

Por lo tanto, desde el punto de vista de la conducción, la cámara será tanto más eficaz, cuanto mayor sea el espesor.

Interesa determinar cual será el espesor mínimo de la cámara sin que su eficacia se vea muy afectada.

En general se acepta que el límite que separa los materiales específicamente aislantes de los que no lo son, es el valor $\lambda = 1$.

En consecuencia, materiales cuyo λ es mayor que 1, se los considera conductores y menor que 1, aislantes.

En realidad lo que interesa no es el valor de λ , sino el cociente $\frac{e}{\lambda}$ que da el valor de la resistencia térmica.

Cuando el cociente baja de 1, se considera de poca aislación.

Para que el valor de la resistencia sea igual a 1, el espesor de la cámara debe ser de 2 cm, ya que:

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{0,02} = 1$$

Por consiguiente, cámaras con espesores menores de 2 cm se hacen conductoras desde el punto de vista de la transmisión por conducción.

Por otra parte, conviene destacar que prácticamente no es posible realizar cámaras de espesores menores dado el factor de precisión en los trabajos de albañilería corrientes.

Convección

Desde el punto de vista de la transferencia por conducción, la longitud l de la cámara, no modifica su comportamiento, como veremos de

inmediato. No sucede lo mismo con el factor de afectación de la convección. En efecto, en el centro de la cámara el frenaje producido por la convección. Si la cámara es de mucha altura, con mayor facilidad y a mayor velocidad de desplazamiento porque la corriente es menos enérgica.

En consecuencia, si el espesor es mayor. Conviene por lo tanto, el espesor común de las cámaras por razones económicas. En la práctica, prácticamente constante, por la conducción, se anula la convección.

Con respecto a la altura de la cámara, sea, mayor cantidad de desplazamiento, lo que les permite perder calor, siendo en consecuencia, para los casos comunes, y 35°C, la experiencia demuestra que se cumple hasta una altura de 60 cm. todas las cámaras. No conviene cortar la cámara.

vista tecnológico, ello supone la
aumentarán la transferencia por

struye de toda la altura del muro

le vista de la convección,

no influye

no influye

conviene el menor posible;

otro aspecto a considerar que es
posición vertical, es totalmente
or se encuentre enfrentando un
esa el sentido del flujo térmico. Pero
otros los factores intervinientes que
amientos horizontales

de aire la transferencia de calor por
re el total de la energía transferida
enfaticar su importancia.

nos la cámara de aire graficada en

aramento, que llega al paramento

ida y otra parte es reflejada
el núcleo 1, donde vuelve a repetirse
total extinción de la energía.

ctromagnéticas es del orden de los
or espesor de la cámara constituye
le.

ia energía que emite hacia el núcleo

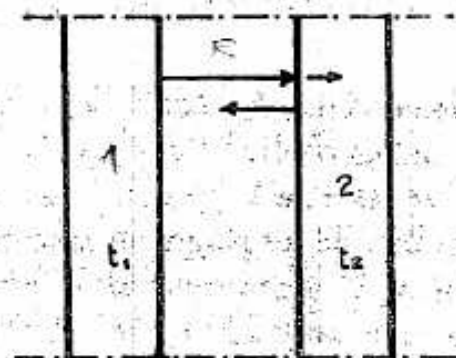


Figura 37

Ahora bien, recordemos que el calor radiado por un cuerpo está dado por la fórmula de Stephan y Boltzmann, cuya expresión es:

$$Q = C \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

Y el intercambio de energía entre los paramentos de los núcleos 1 y 2 está dado por:

$$Q = C_{1-2} \cdot \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4$$

siendo

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_n}}$$

El valor de C_{1-2} se puede deducir del estudio del proceso, y se encuentra tabulado en la siguiente tabla de doble entrada.

C_1	C_2					
	0,25	1	2	3	4	4,5
0,25	0,13	0,21	0,23	0,24	0,25	0,25
1,00	0,21	0,57	0,77	0,88	0,95	0,98
2,00	0,23	0,77	1,25	1,58	1,82	1,92
3,00	0,24	0,88	1,58	2,15	2,62	2,82
4,00	0,25	0,95	1,82	2,62	3,34	3,68
4,5	0,25	0,98	1,92	2,82	3,68	4,10

Figura 38

Tomando los valores de C_1 y C_2 , la intersección de los ejes da el valor C_{1-2} .

Cuando los dos paramentos enfrentados de la cámara, son de albañilería común, ambos coeficientes C_1 y C_2 son iguales y valen 4,5 y por consiguiente, el valor de C_{1-2} será 4,10.

Si en cambio, sobre uno de los paramentos colocamos una película de aluminio cuyo C vale 0,25 y mantenemos el otro paramento de albañilería, en la tabla encontraremos un valor de C_{1-2} de 0,25 vale decir, aproximadamente 16 veces menor que 4,10.

Si fueran dos las películas de aluminio enfrentadas, el valor del coeficiente C_{1-2} será de 0,13, o sea prácticamente la mitad de 0,25 y 32 veces menor que 4,10. Apesar de ello, dado que es la mitad de un valor ya pequeño, no se justifica su colocación desde el punto de vista económico.

Si se colocara una sola lámina de aluminio, pero en el centro de la cámara, se obtendría el máximo de eficacia, por cuanto además de presentar 2 superficies metálicas, la cámara quedaría dividida en 2 más pequeñas y más efectivas, pero esta solución implica una complicación constructiva que le resta interés.

Queda entonces como solución adecuada, colocar una sola lámina en uno de los paramentos.

Desde el punto de vista estrictamente térmico, puede elegirse cualquiera de los dos paramentos de la cámara, puesto que colocada en el paramento más caliente aislará por baja emisividad y colocada enfrentando al paramento más caliente, aislará por alta reflectividad y debe recordarse que la capacidad de aislar por baja emisividad es igual a la capacidad de aislar por alta reflectividad.

Pero veremos más adelante, que en función de barrera de vapor para evitar el proceso de condensación del vapor de agua, resulta necesario colocar la lámina metálica sobre el paramento más caliente de la cámara.

En resumen: la longitud l de la cámara no influye en ninguna de las formas de transferencia, como tampoco influye la altura h .

En cambio el espesor e :

desde el punto de vista de conducción: influye mucho.

desde el punto d

Los valores de las resistencias se calculan en función de las formas de transferencia. Las Normas D.I.N. establecidas hallan involucrados todos estos valores se designan correspondencia exclusiva

El valor $\frac{e}{\lambda}$ se denomina y se incluyen en la siguiente:

Posición de la cámara

Vert. con transmis. horizontal
Horiz. con trans. hacia el exterior
Horiz. con trans. hacia el interior

La unidad de $\frac{e}{\lambda}$ es: $\frac{m}{W/m^2 \cdot K}$

Si se mantiene un recipiente libre, indistintamente, en las moléculas del agua, produce energía térmica de que la temperatura absoluta se produce el pasaje de una cantidad de Esta evasión de moléculas del movimiento vibratorio

sultan incapaces de retenerlas en el
 nio de moléculas ya que cuando las
 n la superficie del agua, por las
 r son recuperadas por el líquido y
 en alguna medida.

ilidad de agua. Cuando se
 le para una determinada
 está saturado.

otro modo, la capacidad del aire
 función de la temperatura,
 tabla, en la que se consigna en la
 re y en la segunda, la cantidad de
 gramos/m³.

4,84
 6,80
 9,40
 12,83
 17,29
 23,04
 30,36
 39,60
 51,14
 65,43
 83,00
 104,30
 130,10
 161,10
 197,90
 241,60
 292,90
 353,10
 422,90
 503,90
 597,00

Estos valores pueden volcarse a un diagrama cartesiano, obteniéndose una curva del tipo de la que se indica en la Figura 39, que recibe el nombre de Curva de saturación del ambiente.

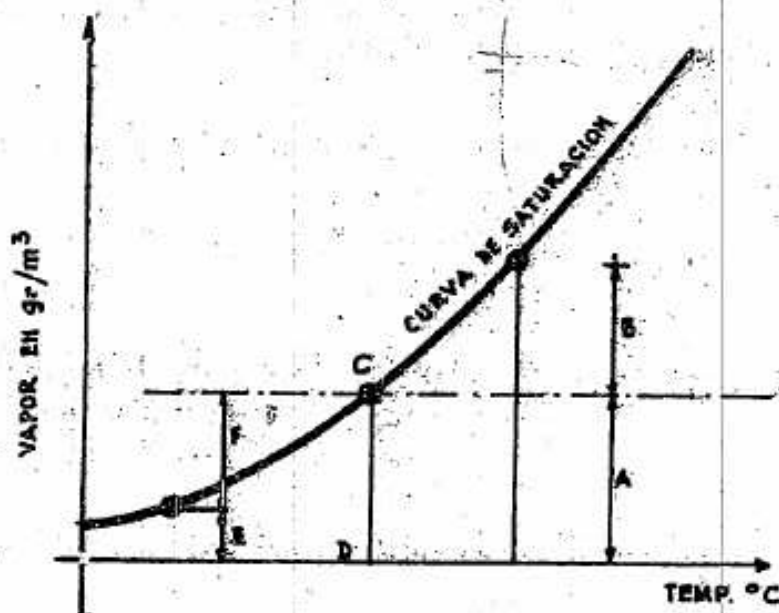
La ordenada indica la cantidad de vapor de agua que puede recibir el aire a la temperatura t, para saturarse y dicha cantidad se designa con H_s (humedad de saturación).

Normalmente, el ambiente no tiene la máxima cantidad de agua que puede admitir para una determinada temperatura, sino una cantidad menor que se designa con H_a (humedad absoluta).

La relación entre H_a y H_s, es la humedad relativa que se designa con H_r.

El valor de la humedad relativa H_r se da porcentualmente, luego:

$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \cdot 100$$



- A : CANTIDAD DE AGUA EXISTENTE EN UN DETERMINADO AMBIENTE
- B : CANTIDAD DE HUMEDAD QUE EL AMBIENTE PUEDE RECIBIR
- C : PUNTO DE LA CURVA CORRESPONDIENTE AL AMBIENTE SATURADO CON CANTIDAD A
- D : TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCÍO CORRESPONDIENTE A A
- E : CANT. DE HUM. QUE PERMANECE EN EL AMBIENTE SI LA TEMP. BAJA DEL PUNTO ROCÍO
- F : CANTIDAD DE HUMEDAD QUE SE CONDENSA

Figura 39

Cuando el aire está saturado contiene el 100% de humedad, ya que en ese caso, $H_a = H_s$.

La humedad relativa está relacionada con la temperatura, por lo tanto, es necesario indicar siempre la temperatura del ambiente. De lo contrario, la expresión carecerá de sentido.

Como ejemplo, supongamos un ambiente cuya temperatura es de 30°C, con un contenido de humedad de 9 gr/m³.

Luego: $H_a = 9 \text{ gr/m}^3$ y $H_s = 30 \text{ gr/m}^3$ (valor tabla)

de donde:
$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \cdot 100 = \frac{9}{30} \cdot 100 = 30\%$$

Veamos que sucederá si la temperatura del ambiente desciende a 25°C, manteniéndose la misma H_a .

$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \cdot 100 = \frac{9}{23} \cdot 100 = 39\%$$

Como puede observarse, el descenso de la temperatura ha provocado el aumento de la humedad relativa.

Si la temperatura vuelve a descender hasta 20°C, se tendrá:

$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \cdot 100 = \frac{9}{17} \cdot 100 = 53\%$$

Y si la temperatura sigue descendiendo, el valor de H_r seguirá aumentando y llegará un momento en que valdrá 100%. A la temperatura que permite llegar al valor $H_r = 100\%$, se le denomina: temperatura de rocío ó punto de rocío.

En efecto, si la temperatura desciende a 10°C, tendremos:

$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \cdot 100 = \frac{9}{9} \cdot 100 = 100\%$$

Luego, para una humedad absoluta H_a de 9 gr/m³, la temperatura de rocío será de 10°C.

Si la temperatura vuelve a descender, por ejemplo, a 5°C, a la que

corresponde una humedad (9 - 6 = 3 g ambiente no la admite superficies frías, como

Es esta una razón más, a fin de que la temperatura del punto de rocío, y mantener la humedad

Condensación intersticial

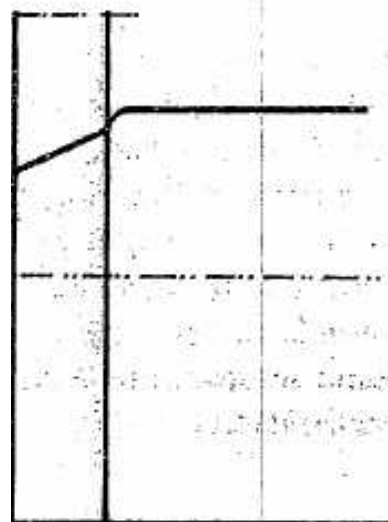
Puede suceder que la temperatura esté por encima de la temperatura de rocío, como en la Fig. 40, pero la temperatura de rocío, cortará al diagrama en un punto interior del mismo, en dicho punto se producirá la condensación por capilaridad.

PLAN

Al condensarse el vapor de agua y el muro perderá el gradiente según la línea

ión hacia el paramento interior:
culo vicioso que en definitiva
ión superficial.

dos núcleos separados que dejan
e fuelle o pulmón propio de la
de agua, que se condensará
e indica en la Fig. 41,
necesidad del drenaje de la cámara



41

n superficial en el paramento
índice de aislamiento térmico
aramento superior a la del punto
a de ventilación eficiente.
terior del muro, la solución
por de agua hasta el plano de
dante la ejecución de películas
n verdaderas barreras de vapor,
, láminas metálicas, pinturas
re el paramento interior.
arrera de vapor podrá ejecutarse

sobre los paramentos interiores, como se indica en la Fig. 42,
utilizándose generalmente láminas de aluminio.

Hacemos la advertencia que desde el punto de vista del aislamiento
térmico la posición de la lámina de aluminio, que representa un valioso
aporte para la eficacia de la cámara, puede ser indistintamente, sobre el



Figura 42

paramento 1, o sobre el 2, ya que en el primer caso aislará por baja
emisividad y en el segundo lo hará por alta reflectividad, pero a los
efectos de evitar la condensación del vapor, convendrá que se aplique
sobre el paramento más caliente para que actúe como barrera de vapor y
evitar que éste llegue a los planos fríos y se condense.

Índice de aislamiento.

En nuestro país no se han dictado normas que especifiquen índices
mínimos de aislamiento, pero indirectamente, la tradicional pared de
ladrillos comunes de 30 cm de espesor y la de ladrillos huecos de 24,
poseen coeficientes de conductancia K que valen 1,69 y 1,59
respectivamente, aunque sería aconsejable alcanzar valores de $K = 1,25$,
que corresponde a muros macizos de 45 cm de espesor.
En cambio en los países europeos, en donde los climas son más
rigurosos, existen normas que establecen valores de K entre 0,9 y 1,30

Kcal/m² .h.°C.

A continuación agregamos una tabla de valores de los coeficientes de conductibilidad térmica de algunos materiales, dados en Kcal/m.h.°C.

Mampostería ladrillos comunes	0,75
Mampostería ladrillos huecos	0,45
Mampostería bloques H° liviano	0,38
Paneles o placas de yeso	0,40
Fibrocemento normal	1,10
Fibrocemento celulósico	0,60
Morteros de cal	0,75
Morteros de cemento	1,20
Morteros de yeso	0,60
Granito, mármoles, etc.	3,00
Areniscas y calcáreos	2,00
Arena húmeda	1,20
Arena seca	0,50
Piedra pómez seca	0,16
Cascotes de ladrillos secos	0,35
Hormigón de cemento estructural	1,30
Hormigón de cascotes de ladrillos	0,65
Mortero de vermiculita	0,10
Vermiculita suelta	0,07
Madera con 15% de humedad	0,10
Paneles fibras afieltradas	0,05
Corcho	0,03
Plásticos expandidos	0,032
Vidrio	0,70
Acero	48,00
Aluminio	200,00
Cobre	330,00
Zinc	95,00
Lana de vidrio	0,028
Aire seco	0,022
Agua	0,50
Tierra	2,00

Como resúmen de lo
el método operativo, a
numérico que incluye
distintos planos y dib

Calcular 1/K; K; y gra
constituído por un nú
núcleo interior de ladi

Datos:

Revoque interior de y
1° núcleo ladrillos hue
Cámara de aire
2° núcleo de hormigón
Coeficiente pelicular i
Coeficiente pelicular e
Temperatura interior
Temperatura exterior
Figura N° 43

En primer término cal
empleando la fórmula:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha i} + \frac{e_1}{\lambda_1}$$

En la fórmula anterior
los respectivos valores
problema.

En lugar de operar con
hacerlo verticalmente p
valor de cada cociente,
facilidad a fin de evita

Luego, tendremos:

$$= 0,143$$

$$= 0,043$$

$$= 0,168$$

$$= 0,197$$

$$= 0,062$$

$$= 0,05$$

$$= 0,673 \cdot \frac{K \cdot l}{0,673} = 1,487$$

uras son proporcionales a las

total es $\frac{1}{K}$

la resistencia total, como las
rciales, vale decir:

$$= \frac{\Delta t_6}{\frac{1}{\alpha e}}$$

$t_i - t_e$, todos los valores son
 $\frac{1}{K}$

miembros, es conocido el
ncognita, o sea que de éstas

expresiones podemos despejar la incognita Δt (incremento de temperatura), y tendremos:

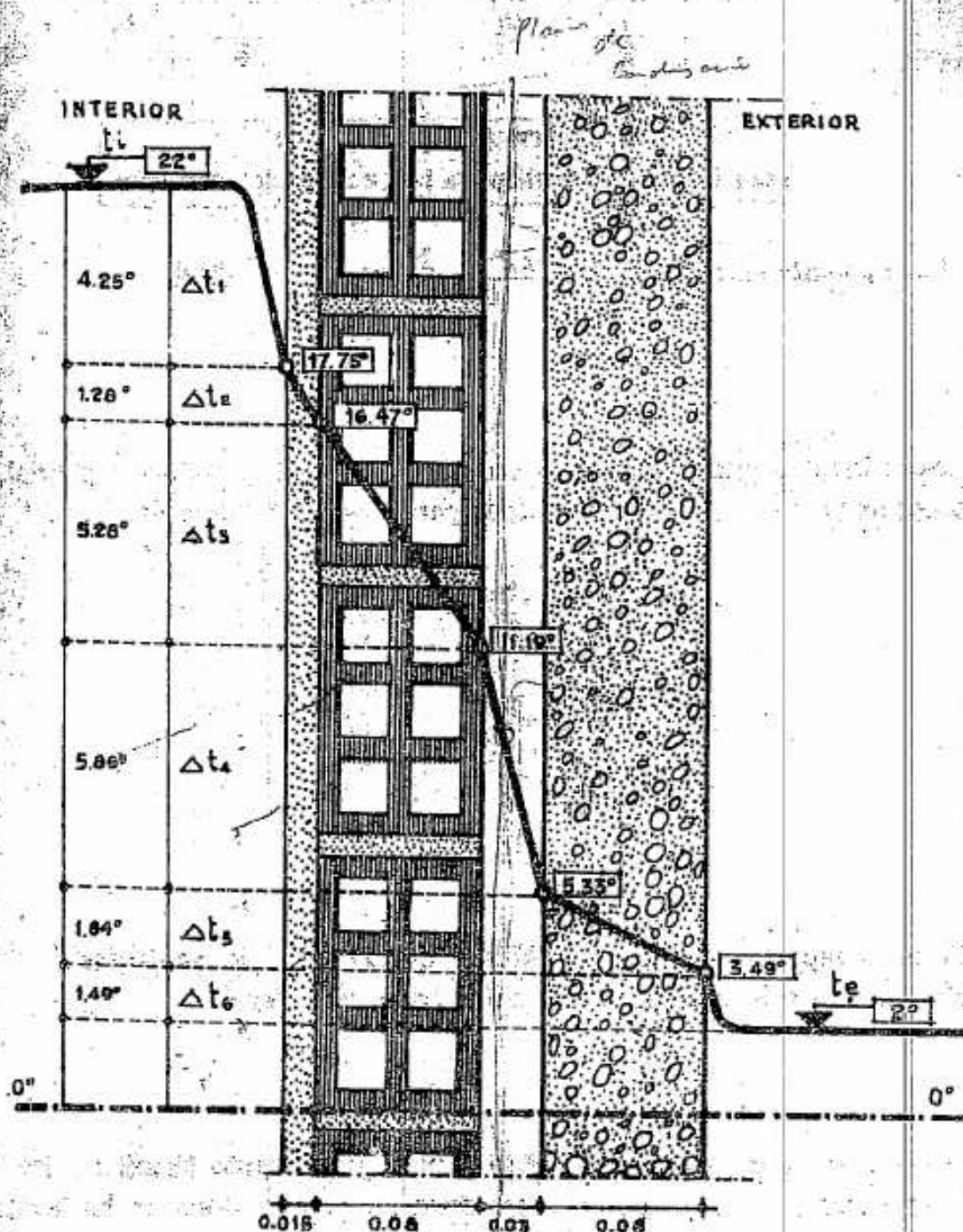


Figura 43

$$\Delta t_1 = \left[\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} \right] \cdot \frac{1}{\alpha_1} \quad \text{y} \quad \Delta t_2 = \left[\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} \right] \cdot \frac{e_2}{\lambda_2}$$

observamos que hay una constante que multiplica las resistencias parciales

La constante vale: $\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{22^\circ - 2^\circ}{0,673} = \frac{20^\circ}{0,673} = 29,8$

Ahora bien, si multiplicamos la constante por cada resistencia parcial, tendremos los incrementos o caídas parciales de temperatura, o sea:

29,8	x	0,143	=	4,25°
29,8	x	0,043	=	1,28°
29,8	x	0,178	=	5,28°
29,8	x	0,197	=	5,86°
29,8	x	0,062	=	1,84°
29,8	x	0,05	=	1,49°

20°

Como comprobación, se ha verificado que la suma de las caídas parciales ha resultado igual a la caída total, vale decir:

$$t_i - t_e = 20^\circ$$

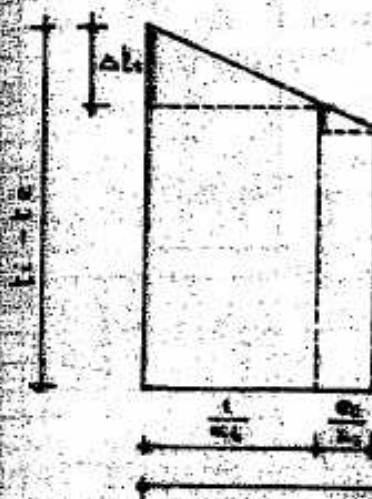
Con los datos obtenidos es posible dibujar el gradiente térmico y las temperaturas correspondiente a los distintos planos, como se ha hecho en la figura precedente.

También es posible calcular graficamente las caídas de temperatura, mediante la proporcionalidad de triángulos.

Para ello se construye un triángulo rectángulo que tenga por catetos los

valores de $t_i - t_e$ y $\frac{1}{K}$

El procedimiento queda nos exime de explicación



A continuación se agregan algunos ejercicios sencillos de aplicación, que serán útiles como ejemplos.

Ejercicio N° 1

Determinar $1/K$ y K de una pared sin revocar, de ladrillos comunes.

Datos:

$$e = 0,27 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,75 \text{ Kcal/m}^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$$

$$\alpha_i = 7 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$$

$$\alpha_e = 20 \text{ " " "}$$

Solución:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{20} + \frac{0,27}{0,75} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{K} = 0,05 + 0,36 + 0,14 = 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h} / \text{Kcal}$$

$$\frac{1}{K} = 0,55 \therefore K = \frac{1}{0,55} = 1,81 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$$

Ejercicio N° 2

Determinar $1/K$ y K de una pared de ladrillos comunes con revoque exterior a la cal e interior de yeso.

Datos:

$$e_1 = 0,02 \text{ m} ; \lambda_1 = 0,75 \text{ Kcal/m}^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$$

$$e_2 = 0,27 \text{ m} ; \lambda_2 = 0,75 \text{ " " "}$$

$$e_3 = 0,015 \text{ m} ; \lambda_3 = 0,35 \text{ " " "}$$

$$\alpha_i = 7 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}$$

$$\alpha_e = 20 \text{ " " "}$$



Solución:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha i}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{20} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,27}{0,75} + \frac{0,015}{0,35} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{K} = 0,05 + 0,03 + 0,36 + 0,04 + 0,14 = 0,62 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} / \text{Kcal}$$

$$\frac{1}{K} = 0,62 \therefore K = \frac{1}{0,62} = 1,61 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ejercicio N° 3

Determinar $1/K$ y K de una pared de ladrillos huecos con revoque exterior a la cal e interior de yeso

Datos:

$$\begin{aligned} e_1 &= 0,02 \text{ m} ; & \lambda_1 &= 0,75 \text{ Kcal/m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} \\ e_2 &= 0,12 \text{ m} ; & \lambda_2 &= 0,50 \text{ " " } \\ e_3 &= 0,015 \text{ m} ; & \lambda_3 &= 0,35 \text{ " " } \\ \alpha i &= 7 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} \\ \alpha e &= 20 \text{ " " } \end{aligned}$$

Solución:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha i}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{20} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,12}{0,50} + \frac{0,015}{0,35} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{K} = 0,05 + 0,03 + 0,24 + 0,04 + 0,14 = 0,50 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} / \text{Kcal}$$

$$\frac{1}{K} = 0,50 \therefore 1$$

Ejercicio N° 4

Dado que la resistencia N° 1 resulta insuficiente calefacción, es necesario

Solución:

Considerando que en la

y $\frac{1}{\alpha e}$ en general son fij

término $\frac{e}{\lambda}$, lo que pue

- 1°.- Fijando el espesor correspondiente a material que lo po
- 2°.- Fijando λ median luego calculando e

Primer modo: fijando e

$$\frac{1}{K} = 0,70, \text{ por lo tan}$$

$$0,70 = \frac{1}{20} +$$

$$0,70 = 0,05 +$$

$$0,70 = (0,05 +$$

Material de $\lambda = 0,49$, vemos que
 liviano con $\lambda = 0,50$.

Verificación:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$= \frac{1}{20} + \frac{0,20}{0,40} + \frac{1}{7}$$

$$= 0,05 + 0,5 + 0,14 = 0,69 \text{ (aproximadam. } 0,70)$$

$$\frac{1}{7}$$

= 0,69 (aproximadamente 0,70)

se corresponde a ladrillos huecos.

Ejercicio N° 5

Determinar $1/K$ y K , de una pared con cámara de aire, con revoque exterior a la cal e interior de yeso.

Datos:

$e_1 = 0,02 \text{ m}$	$\lambda_1 = 0,75 \text{ Kcal/m}^\circ\text{C.h}$
$e_2 = 0,12 \text{ m}$	$\lambda_2 = 0,75 \text{ " "}$
$e_3 = 0,05 \text{ m}$	$\frac{e_3}{\lambda_3} = 0,21 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C.h / Kcal}$
$e_4 = 0,12 \text{ m}$	$\lambda_4 = 0,75 \text{ Kcal/m}^\circ\text{C. h.}$
$e_5 = 0,015 \text{ m}$	$\lambda_5 = 0,35 \text{ " "}$
$\alpha_e = 20 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C.h}$	
$\alpha_i = 7 \text{ " "}$	

Solución:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + \frac{e_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{20} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,12}{0,75} + 0,21 + \frac{0,12}{0,75} + \frac{0,015}{0,35} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{7}$$

$$\frac{e}{0,40}$$

$$\frac{e}{0,40}$$

$$0,51 \times 0,40 = 0,204$$

llos huecos de 0,20 m.

$$\frac{1}{K} = 0,05 + 0,03 + 0,10 + 0,21 + 0,10 + 0,04 + 0,14 = 0,67 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} / \text{Kcal}$$

$$\frac{1}{K} = 0,67 \quad \therefore \quad K = \frac{1}{0,67} = 1,49 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ejercicio N° 6

Determinar $1/K$ y K , de una pared de ladrillos de 0,45 m de espesor con ambos paramentos revocados con revoque común a la cal.

Datos:

$$\begin{aligned} e_1 &= 0,02 & \lambda_1 &= 0,75 \text{ Kcal/m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} \\ e_2 &= 0,38 & \lambda_2 &= 0,75 \text{ " " } \\ e_3 &= 0,02 & \lambda_3 &= 0,75 \text{ " " } \\ \alpha_i &= 7 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} \\ \alpha_e &= 20 \text{ " " } \end{aligned}$$

Solución:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{20} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,38}{0,75} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{K} = 0,05 + 0,03 + 0,50 + 0,03 + 0,14 = 0,75 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} / \text{Kcal}$$

$$\frac{1}{K} = 0,75 \quad \therefore \quad K = \frac{1}{0,75} = 1,33 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Ejercicio N° 7

Dada una cámara de aire, determinar si el relleno de dicha cámara con alguno de los dos materiales dados, mejora o no el aislamiento térmico

en que porcentaje.

Datos:

Material de relleno: piedra

$$\begin{aligned} e &= 0,05 \text{ m} \\ \lambda_p &= 0,15 \text{ Kcal/m} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h} \\ \lambda_a &= 0,27 \\ \frac{e'}{\lambda'} &= 0,21 \text{ m} \end{aligned}$$

Solución:

- a) Resistencia térmica de
b) Resistencia térmica de

$$\frac{e}{\lambda_p} = \frac{0,05}{0,15}$$

- c) Resistencia térmica de

$$\frac{e}{\lambda_a} = \frac{0,05}{0,27}$$

La más eficaz resulta la ca
Porcentaje de mejora:

$$0,33 - 0,21 = 0,12$$

Ejercicio N° 8

Determinar el material a e
exterior símil piedra e in
 $K = 1,3 \text{ Kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$

Datos:

$$\lambda_1 = 0,75 \text{ Kcal/m.}^\circ\text{C.h.}$$

$$\lambda_2 = \text{a determinar}$$

$$\lambda_3 = 0,35 \text{ Kcal/m.}^\circ\text{C.h.}$$

$$e_1 = 0,02 \text{ m}$$

$$e_2 = 0,12 \text{ m}$$

$$e_3 = 0,02 \text{ m}$$

$$\alpha_i = 7 \text{ Kcal/m.}^\circ\text{C.h.}$$

$$\alpha_e \times 20 \text{ " "}$$

$$t_e = -3^\circ$$

$$t_i = 18^\circ$$

$$t_1 = 16^\circ$$

$$\lambda_1 = 0,75 \text{ Kcal/m.}^\circ\text{C.h.}$$

$$\lambda_2 = 0,66 \text{ " "}$$

$$\lambda_3 = 0,50 \text{ " "}$$

$$+ \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$+ \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$+ \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_i}$$

$$3 + 0,04 + 0,14)$$

$$\frac{0,15}{0,51} = 0,29$$

uado para paredes con $\lambda = 0,29$
26 Kcal/m.°C.h.

con revoque exterior de símil
u modificación para obtener en el
de 16°C.

Incógnitas: t_1 con los materiales proyectados; clase de material a agregar;
espesor del mismo.

Solución:

1°.- Determinar t_1 proyectado

$$\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{t_i - t_1}{\frac{1}{\alpha_i}}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{20} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,12}{0,66} + \frac{0,02}{0,50} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{K} = 0,05 + 0,02 + 0,18 + 0,04 + 0,14 = 0,43$$

$$\frac{18^\circ - (-3^\circ)}{0,43} = \frac{18^\circ - t_1}{0,14}$$

$$\frac{21^\circ}{0,43} = \frac{18^\circ - t_1}{0,14} \quad 18^\circ - t_1 = \frac{21^\circ \times 0,14}{0,43}$$

$$18^\circ - t_1 = 6,8^\circ$$

$$t_1 = 18^\circ - 6,8 = 11,2^\circ$$

Como $t_i = 11,2^\circ$, y lo solicitado es 16° , debe aumentarse la resistencia térmica del muro.

Despejamos $\frac{1}{K}$ de la ecuación fundamental:

$$\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{t_i - t_1}{\alpha_i}$$

$$\frac{21^\circ}{\frac{1}{K}} = \frac{18^\circ - 16^\circ}{0,14} \dots \frac{1}{K} = \frac{21^\circ \times 0,14}{2^\circ} = 1,47$$

Luego, la diferencia entre el $\frac{1}{K}$ proyectado y el necesario es:

$$1,47 - 0,43 = 1,04 \text{ m}^\circ\text{C.h/Kcal.}$$

Como el valor es muy alto, debemos recurrir a materiales de alta eficacia, por ejemplo el poliestireno expandido, cuyo $\lambda = 0,027$.

Calculamos el espesor:

$$\frac{e}{\lambda} = 1,04 \dots e = 1,04 \times 0,027 = 0,028 \text{ m.}$$

Luego la pared se organizará como lo indica la figura.

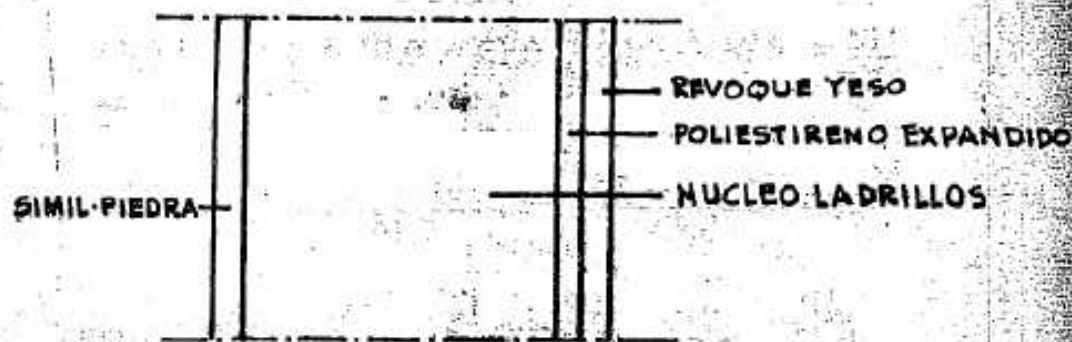


Figura 46

Verificación:

$$\frac{t_i - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{t_i - t_1}{\alpha_i} ; \frac{21^\circ}{1,47} = \frac{18^\circ - t_1}{0,14} \dots \frac{21 \times 0,14}{1,47} = 18^\circ - t_1$$

Ejercicio N° 10

Determinar el punto de

Datos: $t_i = 20^\circ$

$$H_r = \frac{H_a}{H_s} \times 100$$

Conocemos la humedad corersponde a 20° (dato)

$$H_r = 70\% = 0,70$$

$$H_s = 17,29 \text{ gr/m}^3$$

$$\text{Luego: } H_a = H_r \times H_s =$$

El punto de rocío, o se aquella a la que le corre

$$\frac{H_a}{H_s} = 1 \times 100 = 100$$

Entonces buscamos en l

$$H_s = 12,10, \text{ y vemos } ($$

Otra forma sería buscar que represente el 70%, se baja la ordenada y se

Ejercicio N° 11

Determinar la zona de con revoque exterior sin de humedades relativas

Kcal/m.°C.h

" "

" "

ratura

t_i y Hr.

al hay condensación.

$$-\frac{1}{7}$$

$$.14 = 0,44 \text{ m}^2 \cdot \text{°C.h/Kcal.}$$

$$14 = 20^\circ - t_1$$

$$= 20^\circ - t_1$$

$$5,7 = 20^\circ - t_1 \therefore t_1 = 14,3^\circ$$

Temperatura del paramento 2

$$\frac{t_1 - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{e_3}{\lambda_3}} ; \frac{20^\circ - 2^\circ}{0,44} = \frac{14,3^\circ - t_2}{\frac{0,02}{0,5}}$$

$$\frac{20^\circ - 2^\circ}{0,44} = \frac{14,3^\circ - t_2}{0,04}$$

$$\frac{18^\circ \times 0,04}{0,44} = 14,3^\circ - t_2$$

$$\frac{0,72}{0,44} = 14,3^\circ - t_2$$

$$1,6 = 14,3^\circ - t_2 \therefore t_2 = 12,7^\circ$$

Temperatura del paramento 3

$$\frac{t_1 - t_e}{\frac{1}{K}} = \frac{t_2 - t_3}{\frac{e_2}{\lambda_2}} ; \frac{18}{0,44} = \frac{t_2 - t_3}{0,18}$$

$$\frac{18}{0,44} = \frac{12,7 - t_3}{0,18}$$

$$\frac{18 \times 0,18}{0,44} = 12,7^\circ - t_3$$

$$7,3 = 12,7^\circ - t_3$$

$$t_3 = 12,7^\circ - 7,3^\circ = 5,4^\circ$$

En forma análoga se calcula la temperatura del paramento 4, que resultará = 4°

2°.- Punto de rocío

Para Hr = 80%

De la curva se obtiene que el punto de rocío para 20° y Hr = 80%,

es $16,5^{\circ}$.

Dado que la temperatura del paramento 1 es $14,3^{\circ}$, las condensaciones comienzan en un plano ubicado dentro del local por lo tanto habrá condensación superficial.

Para $H_r = 50\%$

La temperatura de rocío es $9,5^{\circ}$, por lo tanto se producirán condensaciones a partir de un plano ubicado en el núcleo, entre 2 y 3.

La posición se obtiene con una horizontal a cota $9,5^{\circ}$, hasta cortar al gradiente. Figura 47.

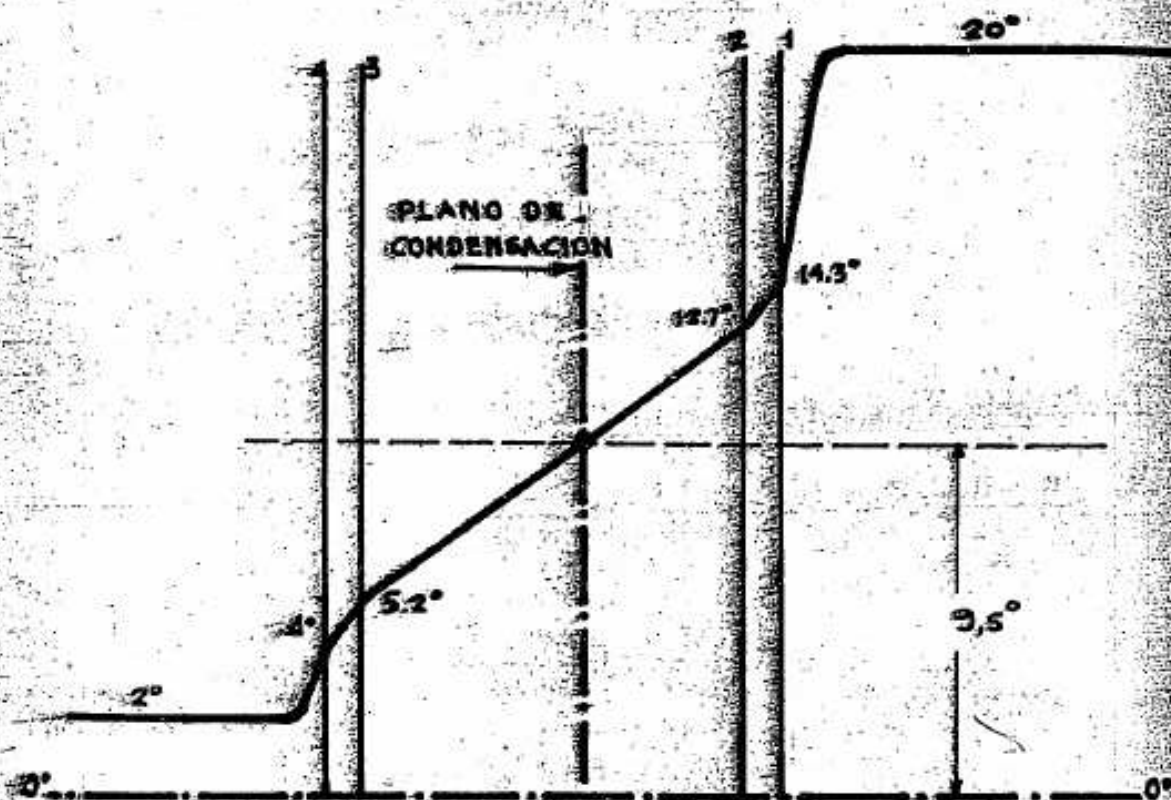


Figura 47

Al

El aislamiento contra la por las consecuencias q
Son varios los aspectos
de este tipo de protecc
Por una parte correspo
materiales a causa de l
desmerecimiento que p
alteración de propiedad
Además, no deben des
confort, etc., que sufre

La falta de previsión o
es un problema de difi
lo es en lo que hace al
la ejecución de trabajo

Queda sobreentendido
verificarse en todas las
en esta circunstancia s
quedando parz otro ca
que por su posición en
desfavorables.

El objetivo que persiga
los materiales y de los
En general, los materia
no son impermeables i
protegerlos. Protección
largo de la vida útil de
protección se compren

gerce la humedad sobre la
a alternativas de sequedad y
minución de su vida útil,
e microorganismos que se
umedad.
uellos materiales que por
proceso de destrucción, como

monias de hongos y los efectos
do por la humedad,
les estéticas de los materiales
al de su lucimiento.

a que ejerce la humedad con
gunos materiales lo ofrece
nes de comprensión se
or de humedad.

uen comportamiento en
que el aire que encierra sus
te de conductibilidad térmico.
el aire que encierra cada
nita, cuando el material se
reemplazado por agua, lo
de baja conductibilidad por
veces mayores.

En consecuencia, la humedad produce el desmejoramiento en la eficacia de los materiales con respecto del aislamiento térmico.

Estabilidad dimensional

La mayoría de los materiales higroscópicos cuando absorben agua sufren un aumento de volumen que incrementa sus dimensiones lineales. Un ejemplo característico lo constituyen las maderas. Es sabido que experimentan contracciones y expansiones, que según la especie considerada y el sentido del corte, pueden llegar a valores del 14% cuando el tenor de humedad llega a producir la saturación de las fibras. Asimismo los materiales pétreos artificiales y naturales son susceptibles de aumentar su volumen al humectarse.

Este fenómeno se observa con frecuencia en los contrapisos de hormigón en los que la humectación por condensación, que tiene origen en deficiencias de aislamiento térmico, producen expansiones de tales magnitudes, que llegan a provocar fisuras en las estructuras adyacentes.

Lo expresado nos pone en alerta sobre la necesidad de resolver un problema de protección hacia un enemigo común de materiales, de estructuras de y ambientes.

La solución del problema será tanto más acertada cuanto mejor se conozcan las diferentes fuentes de origen del mal, que algunas veces responden a agentes exteriores y otras se generan en los propios ambientes interiores.

Entre los primeros se cuentan:

- a) Lluvias: el agua proveniente de las lluvias constituye la fuente más copiosa y su volumen está relacionado con variables dependientes de la región geográfica y con la orientación de los cerramientos.
- b) Humedad del suelo: en la mayoría de los casos, la fundación de los muros apoyan en planos que se encuentran por debajo del nivel de terreno natural.
Ya sea por filtración del agua proveniente de lluvias, o por ascenso de agua de las napas subterráneas cuando los estratos son permeables, el hecho es que la tierra que rodea al cimiento de los muros

constituye una masa húmeda y dado que los materiales con que aquellos están contruídos son por lo general higroscópicos, tiene lugar el fenómeno de capilaridad en virtud del cual se produce el transporte de líquidos a través de la estructura, pudiendo alcanzar alturas considerables, como veremos más adelante.

Además, ciertos procesos eléctricos que ya comentaremos, favorecen el ascenso del agua del suelo.

Entre las fuentes de producción de humedad, con origen en el interior de los ambientes, señalaremos:

- a) *personas*: el organismo humano cuenta con la posibilidad de regular su temperatura cediendo parte del calor que genera mediante la evaporación de la transpiración que se produce por los poros de la piel, proceso que constituye una fuente de producción de humedad. Por otra parte, una función vital del organismo, la respiración, lleva en las exhalaciones una carga de humedad que de acuerdo a la actividad que se desarrolle y al ritmo respiratorio, pueden alcanzar valores del orden de los 30 a 60 gr/hora. Estas cifras pueden ocasionar la saturación del ambiente en períodos de tiempo muy breves.

Como ejemplo, supóngase un local destinado a aula con capacidad para 20 alumnos, con un volúmen de 75 m^3 , y cuya temperatura se mantenga a 18°C . A ésta temperatura el aire se satura con 15 gr/de agua por m^3 , vale decir, que con una humedad absoluta total de 1.125 gramos, se llegará a una humedad relativa del 100%

Como la humedad relativa aconsejable por las normas del confort oscila alrededor del 50%, ello implica la existencia de 560 gramos de agua en el ambiente.

Ahora bien, si cada alumno en actitud de reposos físico produce 30 gr/hora, el total de los 20 alumnos producirán 600 gramos de agua en una hora, los que sumados a los 560 gr., que ya existen, dará un valor que supera al de saturación.

En consecuencia, el exceso de vapor de agua que el aire no admite, deberá condensarse sobre alguna superficie.

El sencillo cálculo anterior demuestra que las personas que ocupan un local, representan una fuente de producción de agua.

- b) *Espejos de agua*: es decorativos, exijan l interiores. Tal es el Reiteramos lo dicho hicimos referencia a seno del líquido en pero éstas moléculas dotadas, se mantiene en la superficie libre vibratorio pueden es lo que significa una ambiental.

- c) *Pulverización de agua* locales de baños, en agua que favorece el se verá favorecido po circunstancias, ya qu moléculas vibran con líquida en mayor can El mismo proceso se producción de vapor alimentos.

- d) *Condensación*: Al refi expresado que cuando decir, que su humedad transformación del ex físico que recibe el no temperatura a partir d como temperatura del Ahora bien, una parec térmica, presentará un a la del punto de rocí condensación sobre el excedente de vapor de común observar este fi vidrios que presentan un

ntes térmicos. He aquí, pues,
l.

nes de la humedad, contra la

ía resuelto si contáramos con
tora del agua, pero ello no es
permeables.

piedad que tienen algunos
os, o dicho con más propiedad,
gases.

serie de factores, entre los que

cuerpo sea permeable, es que
ero ello no es suficiente. Es
entre sí y además con la
poros se encuentran
como impermeable. El grado
dad de poros que contenga
al considerado.

ido, se incrementa el grado
erna, con lo que el fluido
moléculas pasarán a través de
y mayor velocidad en la
ta situación, a la de un grupo
un vano. Si el grupo es
nte amplio, es posible que se
sus integrantes se disponen
cerlo sin inconvenientes.
ratura, mayor fluidez y

grado de fluidez o si se
lo.

que se viera en el punto

anterior, al aumentar la fluidez, se facilita la permeabilidad.

Un material puede satisfacer exigencias de impermeabilidad con respecto a líquidos de alta viscosidad, pero no ser eficiente en este sentido, si se lo ensayara con líquidos de mucha fluidez. Por ejemplo, un tanque para almacenamiento de agua, será suficientemente impermeable si se lo reviste interiormente con un mortero de cemento bien dosificado, pero si la función de ese tanque, fuera almacenar nafta, que es un líquido de mayor fluidez que el agua, no será satisfactorio su comportamiento, y será necesario construirlo con materiales de mayor compacidad, como lo son las chapas metálicas. El mismo problema se presentaría, aunque más extremo, si el fluido a almacenar fuera un gas.

d) *Presión*: La presión que se ejerza sobre un fluido, aumenta la posibilidad de pasaje a través de un cuerpo. Por esa razón, cuando en laboratorio se ensayan probetas a efectos de medir el grado de permeabilidad de un material, se mantiene la presión constante. A este respecto pueden considerarse distintas posibilidades.

1º la presión originada por una carga de agua, que es la presión que soporta el fondo de un tanque, por la altura del nivel de agua.

2º La presión hidrostática que se produce en los cimientos de los muros y en los solados, cuando éstos se encuentran por debajo del nivel de la napa freática.

3º La presión que origina el viento actuando sobre un paramento. Puede distinguirse la presión positiva que se produce en el paramento enfrentado con el viento, y la presión negativa como resultado de la succión en el paramento opuesto, las que en algunas circunstancias, deben ser sumadas.

En todos los casos, la presión favorece la permeabilidad.

(e) Capilaridad

Este es un factor de enorme gravitación. A causa de la capilaridad, los líquidos pueden ascender hasta alturas considerables, a veces insospechadas, que llegan a producir graves trastornos.

La capilaridad se halla presente no sólo en problemas de aislamiento hidrófugo, sino también en aspectos relacionados con el aislamiento

térmico que hacen necesario, como ya se ha visto, la ejecución de barreras de vapor.

La importancia de este hecho físico, justifica su análisis con mayor detenimiento.

Es un fenómeno de absorción que se produce a causa de lo que se denomina *Tensión Superficial* en los líquidos.

Consideraremos en un líquido, tomando como ejemplo el agua, una molécula situada en el seno de la masa, la que se encontrará rodeada por una cantidad de moléculas, como se indica en la figura 48.

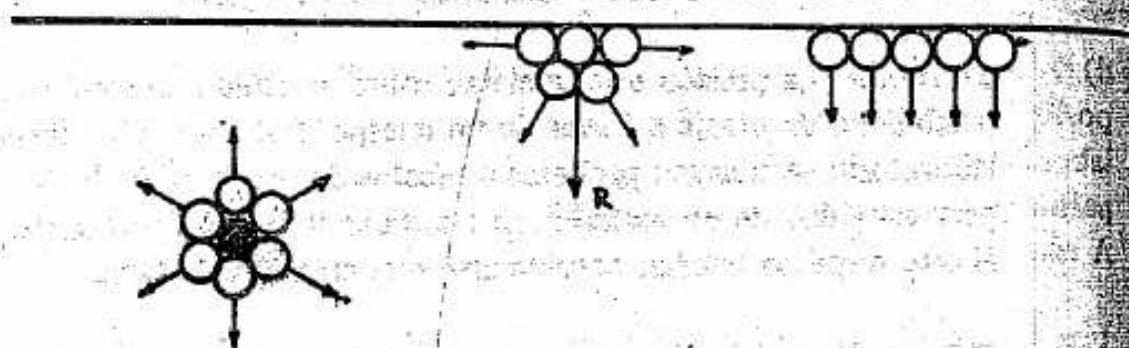


Figura 48

Cada una de esas moléculas ejerce hacia la considerada, una fuerza de atracción. La resultante del sistema es nula, ya que cada una de las fuerzas está contrarrestada por una fuerza igual y opuesta.

Pero en la superficie del líquido se presenta una situación diferente, porque la molécula que se considere, no está totalmente rodeada por moléculas vecinas, de modo que como se observa en el gráfico, existe una resultante hacia abajo que tiende a hundirla dentro de la masa líquida.

Ahora bien, cómo la superficie libre del líquido está constituida por una serie de moléculas encadenadas, la misma se comporta como una membrana elástica, en tensión como si fuera una piel, que es lo que hace posible la formación de las gotas. Si no fuera así, la gota no se formaría ya que el líquido trataría de difundirse hasta tener la altura de una molécula.

Una idea clara de la elasticidad de esta membrana la da la observación

de la formación de una pequeña gota va creciendo rompe la membrana en donde la membrana se cortan los objetos que se mantienen en equilibrio específico mayor que el

Aclarado el problema dentro de un líquido se Si el líquido es agua, el que se llama capilaridad nivel descende y estare

El fenómeno de ascenso adherencia entre las moléculas entre ambas respondiendo A su vez, una molécula entre ellas, y se eleva cada vez más altas, y la fuerza ascensional es igual La altura h puede calcularse tangentes al menisco, porque es absorbida por la fuerzas σ como puntos resultante R de todas las multiplicado por σ , o

Esta resultante R es la equilibrada por la resultante El peso P es igual al vol

Como $P = R$, tendremos

$$\frac{\rho^2}{2} \cdot h \cdot \gamma$$

i, se tiene:

$$= \frac{\text{Kg}}{\frac{\text{mm}}{\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^3}}} = \text{mm}^2$$

$$= \text{mm}$$

ra de una columna de agua
le diámetro, sólo bastaría
es una constante, que tratándose

$$.000 \text{ mm} = 3 \text{ metros}$$

portancia del fenómeno.

chas de humedad sobre un
tura y cuya investigación
enso por capilaridad de la
la altura mencionada, porque
l del revoque,

que se ha indicado un ángulo
menisco y la perpendicular a

la pared del tubo. Ese ángulo, que lo ubicamos en cuadrante positivo, se denomina ángulo de mojado.

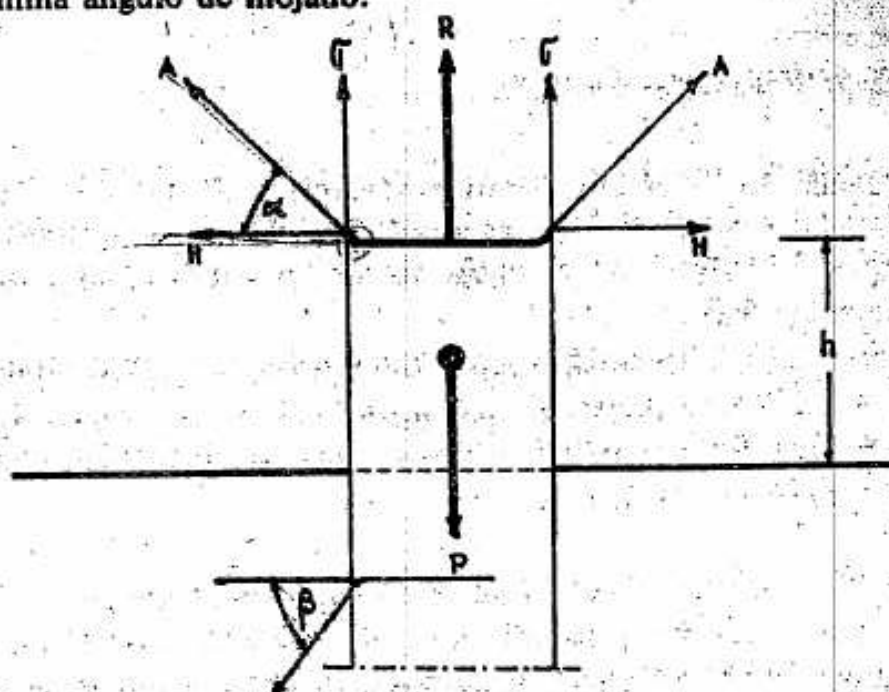


Figura 49

Si el líquido no mojara la pared del tubo, se formaría un ángulo β que resulta en cuadrante negativo, en cuyo caso no se produce el ascenso por capilaridad.

Conviene recordar lo expresado, porque la inversión de signo del ángulo de mojado será un recurso para evitar la permeabilidad por capilaridad. En efecto, si se pintan las superficies con aceites o cualquier producto graso, como así también con resinas del tipo de las siliconas, se produce la inversión del ángulo de mojado y por lo tanto se anula la capilaridad. El recurso resulta de utilidad cuando se trata de paramentos sin revestimientos impermeables, como sería el caso de muros de hormigón a la vista o de ladrillos a la vista.

Existen otros medios para evitar la capilaridad. Por ejemplo, si se tratara del cimiento de una pared rodeado por una masa húmeda de tierra, puede detenerse la acción si se envuelve la estructura con arena, debido a que los intersticios dejados por los granos son grandes en relación a los diámetros capilares.

Tratándose de hormigones, aún en los estructurales, la incorporación por distintos métodos de una pequeña cantidad de aire, que forman millones de burbujas infinitamente pequeñas, tiene por efecto la destrucción de

la capilaridad, pues cada conducto capilar del hormigón se verá interrumpido por las burbujas de aire.

Métodos de impermeabilización

Hemos analizado los efectos deteriorantes que produce la humedad en los materiales y ambientes, las probables fuentes de producción de humedad, y veremos a continuación los métodos más usuales de impermeabilización.

Ante todo, debemos distinguir dos posibilidades, la impermeabilización integral y la impermeabilización por membrana. La primer posibilidad implica el empleo de materiales impermeables, pudiendo considerarse varias soluciones, a saber:

a) *mediante la utilización de materiales compactos:* Es esta una condición difícil de satisfacer. En general los materiales empleados en la construcción, salvo algunas excepciones como los metales, no son absolutamente compactos. Por lo tanto, esta solución podría considerarse como excepcional.

b) *Mediante el empleo de materiales porosos, pero acondicionado a la característica de que sus poros no se encuentren intercomunicados,* lo que no es frecuente.

c) *Mediante el empleo de materiales porosos y poros comunicados, pero con tratamientos especiales a efectos de invertir el ángulo de mojado con el objeto de anular la capilaridad, recurso al que ya hemos aludido, pero que presenta el inconveniente de la necesidad de reposición periódica, que evidentemente redundará en perjuicio de la economía.*

En general los problemas se presentan en morteros y hormigones, en los que hay que tratar de obtener compacidades del mayor valor posible. Para aproximarse al valor ideal, que es la unidad, es menester extremar los cuidados en lo que se refiere a los siguientes aspectos:

Granulometría de los agregados: Estos deben poseer una composición

granulométrica que proporcione vacíos entre sus granos.

Las granulometrías óptimas de Bolomey, Fuller y por ende pueden consultarse, y también de finura.

Cantidad de agua: Todo exceso de agua produce un aumento en la cantidad de agua que participa en las reacciones de fragüe del hormigón. Pero con esa cantidad, obligando a obtener una determinada cantidad, llegándose en consecuencia a establecer las relaciones

Ese exceso de agua, que no es incorporada, sino se elimina, produce la formación de una red de poros en todas direcciones, acentuadas de permeabilidad. La solución al problema es evitar que puedan actuar de difusores físicos, como la arcilla o el cemento, en pequeñas proporciones, aumentando la compacidad de la composición granulométrica. Otro tipo de aditivos, que son los hidrófugos, lo constituyen los plastificantes y reactivos que obturan poros.

Además, los hidrófugos que aparecen en el fragüe del silicato tricálcico, impiden especialmente cuando los efectos de corrientes de agua

Entre las sustancias que

entran el inconveniente de que por n hacia la glicerina, compuesto que de fragüe y endurecimiento del

formulación secreta que no

en el hormigón, consiste en la hecho referencia.

poración de aire, han tenido origen omina "air-entraining". El proceso masa del hormigón mediante un ujas esféricas semi-microscópicas lúmen está comprendida entre

io cojinetes de bolillas, producen la fricción interna de los granos fluidez a la masa, lo que permite de agua que, como sabemos, es

ijas de aire incomunicadas entre asa de homigón, obteniéndose un alto grado de impermeabilidad rporado se deben exclusivamente lucen.

insol, que consiste en la fracción eo de un extracto de hidrocarburo pino; el Darex, que es una sal de onado. En nuestro país se ha n sido ensayadas en L.E.M.I.T. los satisfactorios.

meabilización consiste en el y presenta evidentes ventajas ecución y a su costo, permeabilización integral. paso del agua con una película ntes condiciones:

- 1º) Debe ser compacta
- 2º) En caso de no serlo, debe tener el ángulo mojado invertido.
- 3º) Duración útil igual a la del edificio.
- 4º) Debe ser inmune a la acción del agua.

Entre los materiales que cumplen con estas condiciones, pueden citarse:

- a) Asfaltos o alquitranes.
- b) Láminas metálicas.
- c) Morteros impermeables.
- d) Pinturas.
- e) Materiales plásticos.

A continuación pasaremos breve revista a cada uno de ellos:

- a) *Asfaltos y Alquitranes*: Ambos son materiales de propiedades equivalentes. El alquitrán es un producto de la destilación de carbones minerales o maderas, aunque los más usuales provienen de carbones.

El carbón se destila para obtener gas natural, quedando coque como subproducto y alquitrán como residuo.

El asfalto es producto de destilación natural o artificial del petróleo. Es un líquido sobreenfriado, por consiguiente de estructura molecular amorfa, muy viscoso, color negro y de fractura brillante. En estado puro lo llamamos bitúmen asfáltico.

Debido a su alta viscosidad es necesario fluidificarlo para su empleo, y ello es posible por tres vías diferentes:

Por calentamiento; por solución en solventes y por emulsión en agua.

El primero de los procedimientos es sencillo y económico, aunque requiere ciertos cuidados, pues sobrepasada determinadas temperaturas sufre la modificación de su estructura, perdiendo algunas de sus características importantes.

En este proceso, si la base donde debe aplicarse se encuentra a muy baja temperatura, se produce el enfriamiento demasiado rápidamente, y en esas condiciones no desarrolla la adherencia adecuada.

El segundo procedimiento requiere el empleo de solventes del tipo de la nafta, el Kerosene o el gas oil. De estos tres solventes, el más ventajoso tecnológicamente es la nafta, pues acelera el proceso por su mayor volatilidad; siguiendo el kerosene y el gas oil, en ese orden.

Los inconvenientes que presentan este procedimiento son en primer lugar

de carácter económico debido al costo alto del solvente que se ha de volatilizar, y además presenta el problema de la mala adherencia si la base se encuentra húmeda, lo que es muy frecuente.

Por otra parte, los vapores generados en el proceso de volatilización son altamente explosivos, circunstancia que atenta contra la seguridad.

El tercer procedimiento, por emulsión en vehículo acuoso en el que el agua constituye la fase continua y el asfalto finamente subdividido la fase dispersa, sigue un proceso similar al de los solventes, vale decir, que se obtiene una película continua de bitúmen asfáltico luego de la evaporación del vehículo, que en este caso resulta sumamente económico por tratarse de agua, lo que constituye una ventaja apreciable.

Otras ventajas más, radican en la facilidad de aplicación, en la inexistencia de vapores explosivos y en la posibilidad de aplicación sobre bases húmedas.

Otra posibilidad de uso del bitúmen asfáltico, lo da el empleo del mastic asfáltico, que no es otra cosa que un mortero elaborado con bitúmen y un agregado fino constituido por pétreos triturados, de preferencia calcáreos para mejorar la adherencia y que constituyen un esqueleto interno que mejora la resistencia mecánica. A efectos de que no queden poros en su masa, es conveniente compactarlo por apisonado, lo que dificulta su aplicación sobre superficies verticales.

b) *Láminas metálicas*: Aunque en los metales se da una circunstancia que los ubica en primer plano con relación a las aislaciones hidrófugas, nos referimos a la compacidad, en nuestro medio existen una serie de factores que han determinado su no utilización en la impermeabilización de paredes, habiéndose limitado su empleo, en otras épocas, al aislamiento de cubiertas.

Entre los metales que ofrecen posibilidades de uso como aislantes hidrófugos, corresponde citar el plomo, el cobre y el aluminio.

Las características físicas de cada uno de ellos son bien conocidas, y sólo recordaremos que el plomo es un metal de poca dureza y baja resistencia mecánica, lo que trae como consecuencia la imposibilidad de emplearlo en pequeños espesores ante el peligro de su destrucción cuando se encuentra bajo la acción de cargas, que es la situación normal de trabajo en las paredes.

Este hecho obliga a utilizar que resulta evidentemente específico y teniendo en cuenta la comercialización por kilogramo.

Entre los inconvenientes que en capas aisladoras horizontales, la posibilidad de ser ubicada por encima de la lapa implica solución de continuidad relativa por cuanto se produce en las superficies de los ladrillos y en la superficie superficial de éstos y la consecuencia un aumento de la posibilidad de absorber los vapores. Por otra parte, para dar soporte a los sistemas de anclaje, como el de los ladrillos.

Otro inconveniente que ofrece el uso de sustancias alcalinas como los morteros de asiento de pintura con productos asfálticos, es la pérdida de garantías a través del tiempo.

En cuanto se refiere al empleo de las posibilidades más ventajosas que superan a la del plomo, y que en espesores mucho más pequeños (3/10 de mm, que aún es posible emplear adherido a un material) lo que significa apreciables ventajas. Con respecto a la posibilidad de darán anclajes similares a los de los ladrillos. Además, tanto el cobre como el plomo de los morteros en contacto con la superficie. Reiteramos que este tipo de láminas metálicas, no son de aplicación en la impermeabilización de paredes.

le mayor difusión entre nosotros. Los impermeables constituida por medio de granulometrías muy finas y tipos especiales.

anteriormente, y sólo restaría colocar capas aisladoras horizontales, en el interior del inconveniente de sufrir los vapores del suelo, cuyas características absorber.

ocurrir a materiales de mayor costo.

Los morteros son prácticamente impermeables, pero las pequeñas fisuras que pueden aparecer por las contracciones de fraguado del

lo su capa de acabado es continua que le confiere las características de porosidad

método eficaz para la protección del suelo. Su empleo queda limitado a los interiores, en los que puede servir como barrera de vapor a los efectos de la humedad, como protección hidrófuga, puede citarse a la madera y a los

resultar eficaces para la conservación de sus características de color

plásticos en función hidrófuga, se emplean así exclusivamente para la

ante el polietileno, poliéstereno y otros, presentan en láminas de espesores entre 1,20 m y 1,50 m. Sus

bordes solapados son fácilmente soldables mediante calor o adhesivos apropiados. Generalmente, a la materia prima se le incorpora negro de humo con fines de protección contra las radiaciones solares.

Otra posibilidad de utilizar plásticos la dan las resinas de siliconas.

Recordemos que la capilaridad resultaba anulada cuando se invertía el ángulo de mojado, y ello puede obtenerse por medio de las siliconas. Esta es una solución que puede emplearse para el aislamiento de los paramentos porosos, tal es el caso de los muros de ladrillos a la vista o paredes de hormigón desnudo.

Las siliconas son transparentes, por lo que no se altera el color del material a proteger.

Un factor negativo lo constituye lo elevado de su precio, debiendo tenerse en consideración que requiere reposición en lapsos que no exceden de los 10 años.

A continuación veremos las soluciones para los problemas corrientes.

Cimientos.

El primer ejemplo que presentaremos, corresponde al caso más simple. Supongamos una pared de mampostería de ladrillos como la que se indica en la Fig. 50, cuyo cimiento se encuentra asentado sobre un terreno normalmente húmedo, siendo iguales los niveles a cada lado del muro.

Es evidente que la humedad del suelo ascenderá por el fenómeno de capilaridad, a través de la estructura porosa del ladrillo, pudiendo llegar a alturas considerables.

En estas condiciones, el muro probablemente llegará al estado de saturación de humedad y si las condiciones ambientales lo permiten, podrá perder parte de su humedad cediéndola por los paramentos. Esta situación provoca dos serios problemas. En primer lugar la pared se mantendrá permanentemente húmeda, perdiendo buena parte de su resistencia térmica, afectando las condiciones de confort del local; y en segundo lugar, aparecerán manchas en los paramentos y deterioros en materiales de revestimientos.

Para eliminar estos inconvenientes disponemos de soluciones. Dentro de las especulaciones un tanto teóricas, una solución consistiría en anular

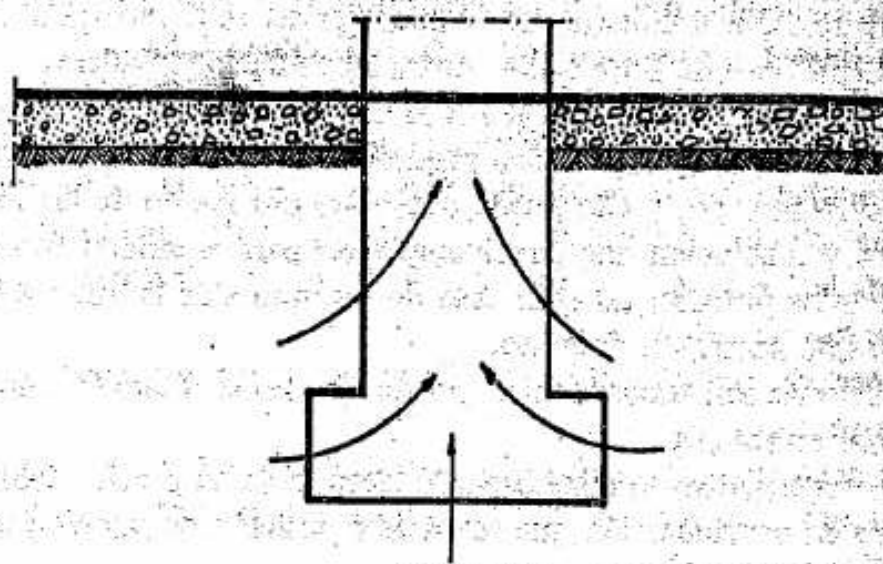


Figura 50

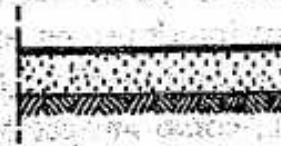
la capilaridad rodeando la masa de mampostería subterránea con materiales disgregados que pueden ser piedras partidas, cantos rodados, cascotes o arenas gruesas, que producen la destrucción de la capilaridad en razón de sus espacios intergranulares relativamente grandes. Esta solución es de baja eficacia, lo que determina que no se recurra a ella.

Otro procedimiento, aunque de razonamiento primario, sería rodear el cimiento en su totalidad, con una membrana impermeable como se indica en la Fig. 51, lo que sin lugar a dudas anula toda posibilidad de humectación del muro, pero el trabajo insume cantidades de materiales y mano de obra de tal magnitud, que la tarea resulta antieconómica. Sin embargo, el razonamiento anterior nos conduce a la solución de la Fig. 50. En ella se ha recurrido a la ejecución de una membrana impermeable horizontal en coincidencia con las aislaciones hidrófugas de los solados, constituyendo con ellas una barrera continua.

La solución satisfactoria parece lograda, pero será difícil obtener esa coincidencia porque las etapas de ejecución de muros y contrapisos están alejadas en el tiempo, y la precisión de los trabajos de albañilería no son del orden de exactitud que se requerirían para su emplace correcto.

La consideración y corrección de todos los problemas que se nos van

presentando, nos permite ha recurrido a la ejecución la distancia correspondien separación permitirá abso normal de la obra gruesa. Además, la duplicación de que en el caso de fallas, e



ues, la corriente en la fundación

alcance para la ejecución de las
e ver, son fundamentalmente los
s con aditivos, que ya han sido

a posibilidad de recurrir a
o cierto tipo de suelos integrados
cuyas deformaciones son
teros.

espacios situados a uno y otro
na admite las dos soluciones que
ución de la Fig. 54, adolece del
las horizontales, por encontrarse
sta a posibles deterioros
veniente queda subsanado si se
además presenta la ventaja de
o desde el cual se produce la
re habrá que tener en cuenta,
esiones hidrostáticas que pueden

responde a paredes ubicadas en

, en la que se logra la protección
rmeable colocada sobre el
mpermeabilización del solado.
iónica, ya que no impide la
unstancia que aumenta
uctibilidad térmico de la pared,
y aumento de las posibilidades
senta el inconveniente de
falta de protección.

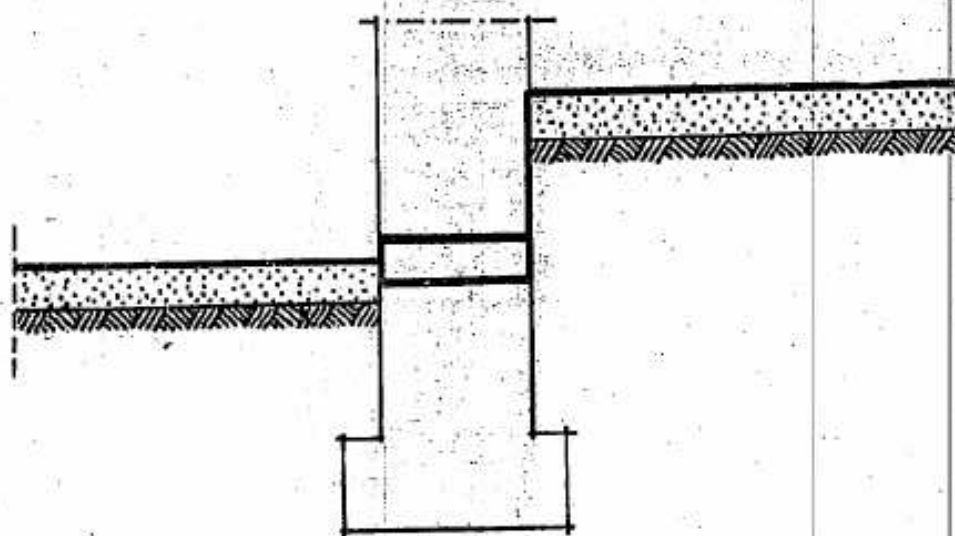


Figura 53

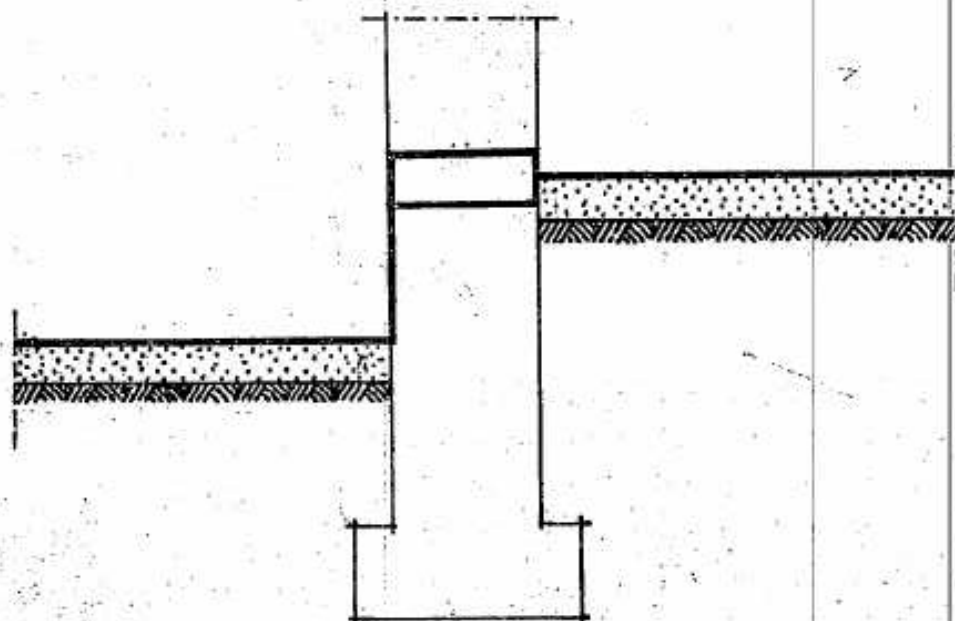


Figura 54

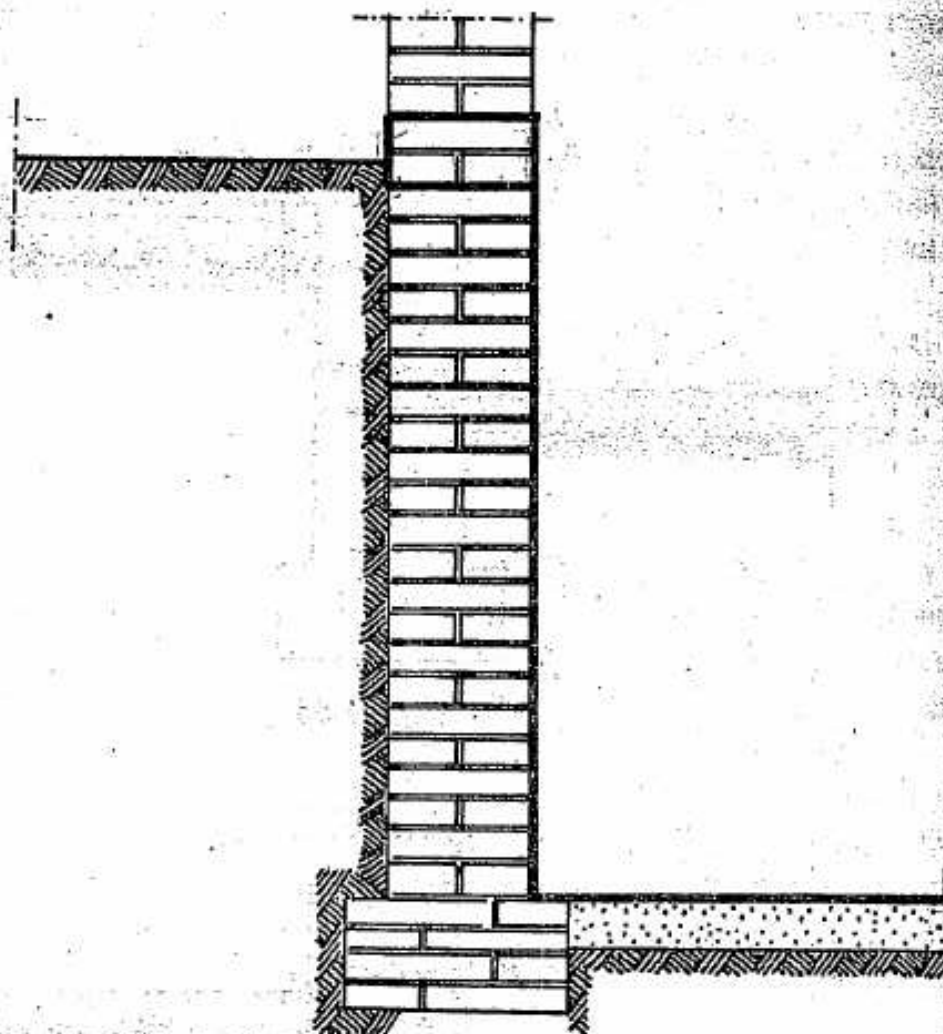


Figura 55

La disposición señalada en la Fig. 56, no presenta los inconvenientes señalados, ya que la capa impermeable se ha colocado en otra posición. Esta solución requiere la existencia de una superficie apta para la aplicación de la membrana. Por consiguiente, una vez realizada la excavación y construída la zapata del cimiento, ante la imposibilidad de aplicar el mortero sobre el talud de tierra, se levanta un tabique de ladrillos de panderete apoyado sobre la misma zapata y sobre dicho tabique se aplica la impermeabilización, levantando simultáneamente la mampostería del muro.

Al llegar al nivel terreno natural, se coloca una hilada de ladrillos de faja para formar una junta laberíntica que dificulte la penetración del

agua de lluvias a través del paramento del muro y el talud. Resulta claro que esta disposición a la vez que la capa aisladora. En algunos casos, las construcciones por presiones hidrostáticas, pueden causar problemas en estos casos, la solución general son contrapisos dobles. Dado que las presiones hidrostáticas en estructuras superficiales y corresponde a este capítulo.

Con respecto a la impermeabilización en elevación, las consideraciones. Se observa en la Fig. 57, la solución prevista sobre el paramento exterior del núcleo del muro.

En la Fig. 58, se señala la solución en el paramento interior, como lo conocemos.

La comparación de los diagramas es suficientemente elocuentes.

Sin embargo, en algunas circunstancias de la Fig. 58., En efecto, el paramento exterior debe presentar los inconvenientes de imposición de proyecto, no. En estos casos es aconsejable un tratamiento complementario, dada la porosidad del mortero y morteros de cemento, para evitar en una profundidad que ocasiona. Luego se aplica a todo el muro sustancias grasas, por ejemplo, para producir la inversión del fenómeno de capilaridad.

Como ya se ha expresado

su costo con su alta eficacia.

si cámaras de aire, la

on los ladrillos a la vista, la

barrera hidrófuga, es a la
por, debe colocarse sobre el
r las condensaciones
ratar el aislamiento térmico.

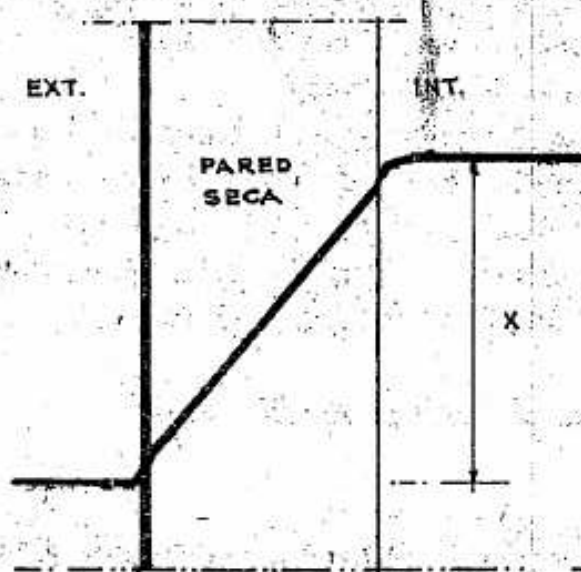


Figura 57

$$x > x_1$$

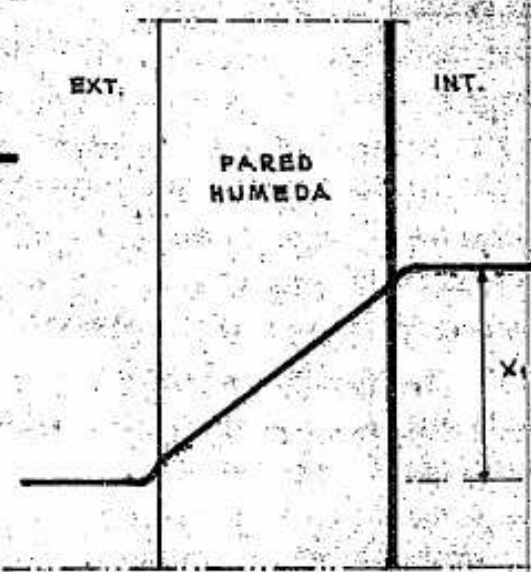


Figura 58

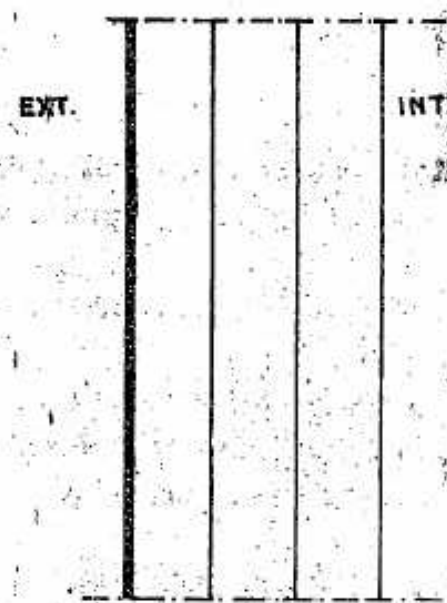


Figura 59

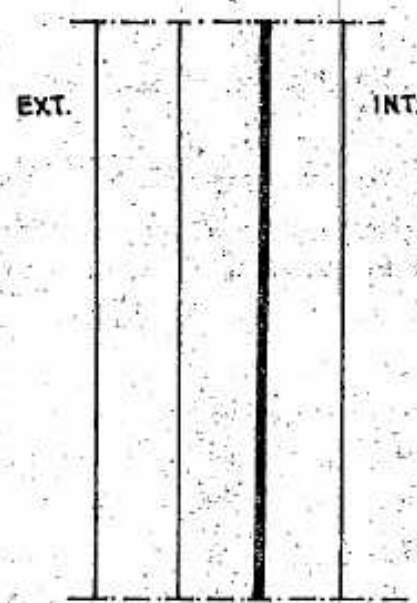


Figura 60

Aislamiento hidrófugo por sistema electro-osmótico

El sistema electro-osmótico para el control del ascenso de la humedad que tiene lugar en los muros en contacto con la tierra, ha sido desarrollado en Europa hace algo más de diez años.

En principio la instalación consiste en la inserción en la pared, de una capa electro-osmótica que comprende un banco de electrodos metálicos conectados entre sí, dentro de agujeros ejecutados y espaciados de acuerdo con cálculos y su correspondiente conexión con un número de electrodos consistentes en jabalinas metálicas que se introducen en la tierra que rodea el edificio.

Esta instalación no requiere energía eléctrica ni antes ni después de realizada la instalación.

La profundidad de penetración de los electrodos en las paredes, depende del espesor del muro, aunque normalmente no supera los 10 cm., lo que permite la instalación, inclusive en muros medianeros.

La profundidad de los electrodos en la tierra, es un factor que se determina en función de la resistividad del suelo y varía en cada caso teniendo en cuenta esa condición.

Funcionamiento del sistema

El funcionamiento de la instalación descrita se basa en un análisis de los fenómenos físicos que acompañan el ascenso capilar del líquido en la masa porosa de la mampostería.

La mampostería en estado seco posee un potencial eléctrico distinto al de la tierra húmeda. La diferencia de potencial eléctrico produce una migración del agua del terreno, mediante la capilaridad del suelo, hasta los capilares de la mampostería y la entrada de humedad en la pared resulta de un intercambio inicial de electrones entre el agua y los capilares.

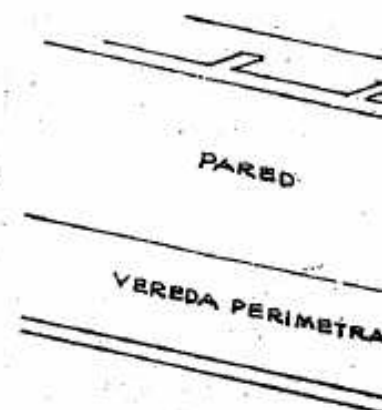
El estado de la pared, inicialmente cargada, causa una aceleración de la velocidad de ascenso capilar que sigue hasta una altura que es limitada eventualmente por la fuerza de la gravedad, como ya lo hemos visto al estudiar el fenómeno de la capilaridad.

En este momento, la pared, la tierra y el agua, actúan como una batería

eléctrica cuyas terminal
La instalación que hem
reduciendo a un valor d
eléctricos. La posibilida
la humedad puede ser d
difusión y final evapora

La condición esencial
sendero de baja resisten
posea menor resistencia
Se utilizan electrodos d
eléctrica y su durabilidad
10 ó 15 metros.

Los electrodos se embu
de cobre que vincula lo
de altura sobre el nivel
Solamente queda a la v
de empalme entre el ca



ACÚSTICO

de que molesta y perturba
en el Buenos Aires colonial de
de carretas, debido al chirrido

omotoras en el área municipal
mpanas de los aguateros, en

os taladros automáticos que se
ños que está severamente
culos; en Chicago, las
los ruidos de todo tipo, autos,
c., tienen penas de hasta 500
Jersey las multas llegan a 3.000

la da el Congreso de la
que se realizó en Dresden éste
tíficos que representaban a
orteamericano el 29 de Febrero
contra 32, la autoridad

li bocinas de automóviles,
un decibel por año. Eso se
el zumbido sordo de los
uido de 400 Km. de
atos de aire acondicionado, el
el ruido industrial.
tros científicos del mundo,

ger la salud pública, que según
tada por el ruido, más allá
en de la Escuela de Medicina
ertes aumentan las tensiones

del cuerpo, al punto de que pueden afectar la presión de la sangre, las funciones del corazón y el sistema nervioso" mientras que Knudsen, fundador de la Sociedad Acústica de EE.UU. afirma que "el ruido es un lento agente de la muerte".

Entretanto, ya hace 10 años se consideraba en EE.UU. que el costo del ruido por horas de trabajo perdidas y disminución de eficiencia en trabajos tanto manuales como intelectuales, ascendía a 2.000.000 de dólares por día.

Las autoridades de nuestro país no permanecen indiferentes ante el problema. Es así que recientemente ha encomendado a la Universidad de Buenos Aires el estudio del nivel de ruidos en nuestra ciudad de Buenos Aires. Con ese motivo se invitó al Dr. Martín Grutzmacher, director de uno de los institutos especializados más importante del mundo, quién realizó un relevamiento piloto para establecer las características del ruido en la ciudad.

La zona piloto en cuestión, comprendió de las calles Belgrano a Garay, y de Entre Ríos a la Av. Huergo. En esta zona, el promedio de ruidos durante el día fué de 75-80 db., y durante la noche de 65-70db. Como punto de referencia, consignamos que el ruido en una calle de tránsito rápido en Los Angeles de 59 db., el de una calle de tránsito pesado en Boston es de 64 db. y en los caminos expresos de los EE.UU. es de 75 db. Vale decir, que el índice de ruido de la zona piloto citada es mayor que el de las calles de tránsito pesado de Boston. Creemos que lo expresado justifica plenamente la necesidad de estudiar el aislamiento acústico de los cerramientos, como un medio de amortiguar el efecto de los ruidos.

Acústica es la parte de la Física que estudia el sonido en lo que se refiere a su producción, características generales, y propagación en los distintos medios.

Para nuestro enfoque es menester distinguir dos conceptos totalmente distintos, aunque ambos integran el contenido de la técnica acústica. Nos referimos a los conceptos de:

- a) Aislamiento acústico.
- b) Acondicionamiento acústico.

Cuando hablamos de aislamiento acústico, hacemos referencia al conjunto de procedimiento que se emplean en la construcción de edificios, tendientes a obtener protección contra los ruidos provenientes ya sea del exterior, o de locales interiores adyacentes al considerado.

En cambio, cuando nos referimos a acondicionamiento acústico, pensamos en los recursos que emplearemos para dotar a determinados locales, de ciertas condiciones relacionadas con la calidad de la audición.

Es necesario aclarar sobre las diferencias de ambos conceptos por cuanto son confundidos con demasiada frecuencia.

Los problemas son distintos, y también lo serán las soluciones que corresponde adoptar.

En las últimas décadas se han realizado grandes progresos en todos los aspectos de la construcción, y las condiciones de confort logradas no tiene comparación con las vigentes a principios de siglo. Pero han quedado olvidados los problemas inherentes al aislamiento acústico, problema agravado en la actualidad por el notable incremento producido en el nivel de ruidos de las ciudades modernas.

En otra épocas, las paredes de los edificios contaban con espesores que de por sí daban solución al aislamiento, sin necesidad de tomar medidas específicas, pero la evolución de las técnicas constructivas, la invención del hormigón armado, que producen edificios de estructura monolítica, y factores económicos que llevan a la ejecución de muros cada vez más sutiles, agravan el problema.

Ya sea que nos encontremos ante la necesidad de aislar un ruido, o ante requerimientos de acondicionamiento de sonidos, será imprescindible el conocimiento de la naturaleza misma de los sonidos, y el mecanismo de propagación en los distintos medios, para alcanzar la solución adecuada. Por ello veremos en primer término:

Naturaleza del sonido

Todo cuerpo en vibración, situado en un medio elástico, origina en dicho medio, a la par que le cede su propia energía, ondas elásticas que

se propagan según las leyes de la física. Si consideramos una lámina

extremo, y la apartamos de su posición de equilibrio, la dejamos libre, la lámina oscilará. Cuando la lámina se haya desplazado a su máxima amplitud, la oscilación o vibración habrá terminado. La longitud del arco OA es la amplitud vibratoria.

El tiempo que tarda la lámina en completar una oscilación completa, se llama período. Se llama frecuencia al número de oscilaciones que se realizan en 1 segundo, y se la representa por f . Por ejemplo, si una lámina oscila 10 veces en 1 segundo, su período será $T = 0.1$ segundos, su frecuencia será $f = 10$ Hz.

y su frecuencia será:

Del ejemplo resulta que:

la frecuencia.

o, lo constituyen las ondas que una superficie de agua en

das, se llama velocidad de

la formación de muchas ondas constante, llamándose:

crestas de dos ondas entre λ .

dos crestas consecutivas que ese punto ha completado.

ejado una distancia igual a la velocidad de propagación, como tiempo, tendremos:

movimiento vibratorio, así para hacerlo vibrar.

por tal razón podemos

o de un violín; en efecto, y sus diferencias se deben

y la apartamos levemente el movimiento es pequeña

Pero si le damos gran amplitud, el sonido resultará intenso, lo que nos permite decir que la intensidad del sonido depende de la amplitud de vibración.

Altura: Si tomamos dos cuerdas de distinta longitud, podemos lograr con ellas sonidos que tengan la misma intensidad.

Sin embargo, los dos sonidos serán diferentes, la cuerda de mayor longitud dará un sonido más grave y la más corta dará un sonido agudo o más "alto" que el primero.

Si observamos las vibraciones de ambas cuerdas, se notará que la cuerda corta vibra con mayor rapidez, es decir que su frecuencia es mayor, luego: la altura de un sonido está dada por la frecuencia de la vibración que lo produce.

Timbre: Dos sonidos pueden tener la misma intensidad y altura, y sin embargo ser diferentes al oído. Esta diferencia nos permite distinguir y reconocer las voces de las personas o el sonido emitido por un instrumento musical.

Esta cualidad del sonido se denomina timbre.

Los sonidos obtenidos con los instrumentos musicales o emitidos por las cuerdas vocales no son puros; los constituyen un sonido fundamental acompañado de armónicos cuyo número e intensidad caracterizan el timbre del sonido.

Los armónicos son sonidos cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia del sonido fundamental.

Propagación del sonido

Para resolver los problemas de aislamiento acústico es necesario tener conocimiento del mecanismo de propagación del sonido.

La experiencia demuestra que para que pueda percibirse un sonido, es indiferente que el estado de la materia interpuesta entre la fuente sonora y el órgano de la audición sea gas, líquido o sólido, pero es imprescindible que dicho medio sea elástico, por tal razón, el sonido no puede transmitirse en el vacío.

En general, nos vemos ante el requerimiento de aislar los sonidos que llegan a nuestro oído utilizando el aire atmosférico como medio de

propagación, y aquellos que utilizan los cuerpos sólidos para la transmisión de sus vibraciones.

En el aire, una perturbación vibratoria se propaga en todas direcciones y a la misma velocidad, vale decir, que las ondas sonoras son esferas cuyo centro es el punto vibrante.

La propagación por ondas es transmisión de la energía emitida por la fuente sonora, la que está distribuida sobre toda la superficie de la onda, y se propaga con ésta.

Esto último es de importancia porque todos los problemas de aislamiento acústico se reducen al estudio de los medios para absorber la energía sonora parcial o totalmente.

Velocidad de propagación

Se ha propuesto (Kneser en el año 1939) como velocidad del sonido en el aire y a 0° C, la siguiente:

$$V = 331,6 \text{ m/seg.}$$

Dicho valor es válido para todas las frecuencias audibles, pero aumenta con la temperatura.

El aumento es aproximadamente de 0,60 m por cada °C de incremento en la temperatura, de modo que para 15°C, la velocidad será aproximadamente de 340 m/seg.

Propagación en los sólidos

El mecanismo de propagación en los sólidos es idéntico que en el aire. Unicamente varía la velocidad que depende del módulo de elasticidad del material y de la amplitud del movimiento vibratorio. La siguiente tabla nos da la velocidad en algunos materiales.

Hierro	5.000	m/seg
Acero	4.990	"
Plomo	1.300	"
Aluminio	5.104	"

Hor
Mac
Vid
Már
Cor

Los problemas de vibración alcance que nos proponen aquello que tenga influencia. En general en los sólidos elevada por la influencia. Si consideramos un sólido a las longitudes de onda, arista, que se halle sometido

de frecuencia = 500 c/ pasar de la cara A a la seg., en razón de la ve Por otra parte, si se tienen es 1/500, se verá que la instantánea, vale decir, s En este caso, las propiedades estudio del movimiento. Pero si las dimensiones o longitudes de onda o algo Por ejemplo, un cubo de vibración desde A hasta de vibración es 1/500 = Se ve que no puede haber transmisión de onda.

acústico, se presenta siempre.

En dos casos, por ejemplo, si las on pequeñas con relación a las s, y grandes con relación a los

usión, que algunas soluciones nes, y totalmente ineficaces ta no se analiza a fondo, a

la vibromotriz, el cuerpo período de las vibraciones del romotriz, las vibraciones y se dice que el cuerpo entra

de vibraciones por la acción mismo período que el propio del dos los problemas de s que se refieren a paredes, y le los elementos de construcción tengan frecuencias de ue se quiere aislar.

Es un órgano que a pesar de unos defectos:

is personas.

cuencia comprendida entre s normales, de la edad. el oído, o sensación sonora, actúa sobre la membrana e Fechner-Weber, según la do es proporcional al

ente fisiológica y no se

presta fácilmente a una definición cuantitativa.

La significación práctica de la ley anterior, es que la excitación sonora se duplica cuando la intensidad del sonido varía de 1 a 10, se triplica cuando varía de 1 a 100, etc.

Se han tratado de establecer relaciones cuantitativas entre la intensidad de la sensación auditiva y la de la energía mecánica de origen vibratorio que causa dicha sensación.

Se acordó emplear dos unidades que reciben los nombres decibel y fon. El grado de sensibilidad del oído varía con la frecuencia del sonido, aumentando hasta alcanzar un valor máximo para 1.000 c/s y disminuyendo luego.

Para expresar cuantitativamente la energía mecánica de un sonido y compararla con la de otro, se emplea como unidad el decibel.

Del mismo modo, para expresar la intensidad de la sensación auditiva, se emplea el fon.

Para sonidos de frecuencia de 500 a 1.000 c/s y de intensidad media, que son los que interesan, el db y el fn constituyen idénticos valores de referencia.

Decibel

Dos sonidos de frecuencia cualquiera, pero cuyas intensidades expresadas en unidades mecánicas son I_1 e I_2 , difieren entre sí n decibeles si se verifica la relación:

$$n = 10 \cdot \log \frac{I_2}{I_1}$$

El problema acústico en general, incluyendo el aislamiento, es uno de los más complicados que se presentan en la construcción.

Generalmente la información comercial aconseja materiales y disposiciones que no siempre resultan eficaces.

De ahí que se haya generalizado el error que consiste en creer que materiales eficaces para la protección térmica, lo serán también desde el punto de vista acústico. Es necesario insistir en que son problemas fundamentalmente diferentes.

La casi totalidad de los materiales muy porosos, son aislantes térmicos de alta eficacia, pero su acción como aislantes contra el ruido puede ser insignificante.

La mayor parte de la energía sonora que pasa desde el exterior a un local o de un local ruidoso a otro, se transmite a través de las paredes, que en cuanto a la acción de las ondas sonoras, se comportan como una membrana.

En dicha transmisión, los sonidos de alta frecuencia son más amortiguados que los de baja frecuencia, debido a que la amplitud de las vibraciones que originan éstos últimos, es superior a la de aquellos, de ello se deduce que los sonidos graves se transmiten a través de una pared, con más facilidad que los agudos.

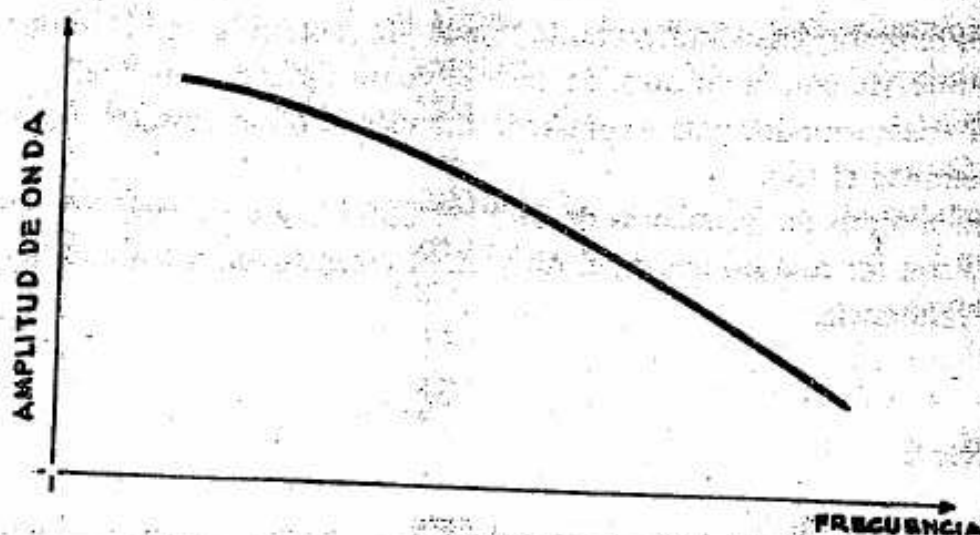


Figura 64

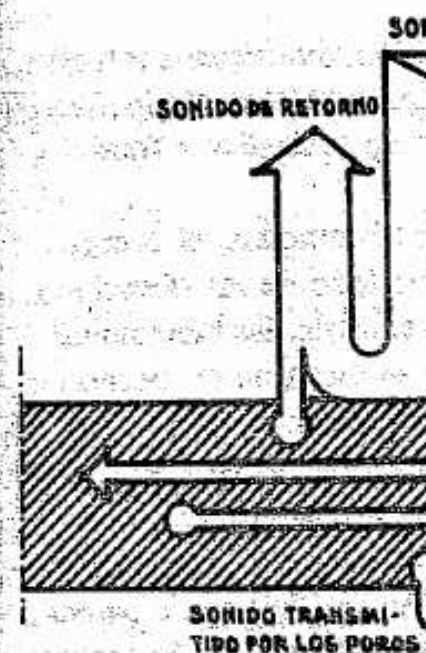
Experimentos realizados con una pared de ladrillos revocada de 10 cm de espesor, dió como resultado una curva del tipo de la Fig. 64.

El análisis de la curva demuestra que la amplitud de las oscilaciones decrece rápidamente al aumentar la frecuencia.

De lo anterior puede deducirse que las paredes amortiguan el sonido tanto mejor cuanto más pesadas y rígidas son, vale decir que constituyen una protección contra los ruidos muy superior a la que ofrecen las construidas con materiales livianos y flexibles.

Luego, para realizar un aislamiento de ruidos que se propagan en el aire, es preciso interponer paredes cuyo peso por metro cuadrado sea máximo.

Hemos visto que la mayor parte de la energía sonora que pasa desde un local a otro, se transmite bajo la acción de las ondas sonoras. La Fig. 65 muestra el procedimiento que se sigue cuando una onda sonora incide sobre una pared.



Al actuar como membrana, la pared convierte en una fuente sonora hacia cada lado.

En la figura vemos que una onda se refleja y se suma a la que ya estaba constituyendo lo que se llama onda estacionaria. Otra fracción de la energía sonora, al pasar por los poros, otra se propaga a través de la pared transformándose en calor. El aislamiento acústico de una pared puede ser representado en la figura 65. Por ejemplo una pared con un coeficiente de aislamiento específico cuyo valor es:

Para frecuencias...

índice de aislamiento aumenta

de aislamiento en edificios

0 db.
0 db.
0 db.
0 db.
0 db.

los valores de la intensidad

-20 db.
-25 db.
db.
db.
db.
db.
db.
db.
db.
db.
db.

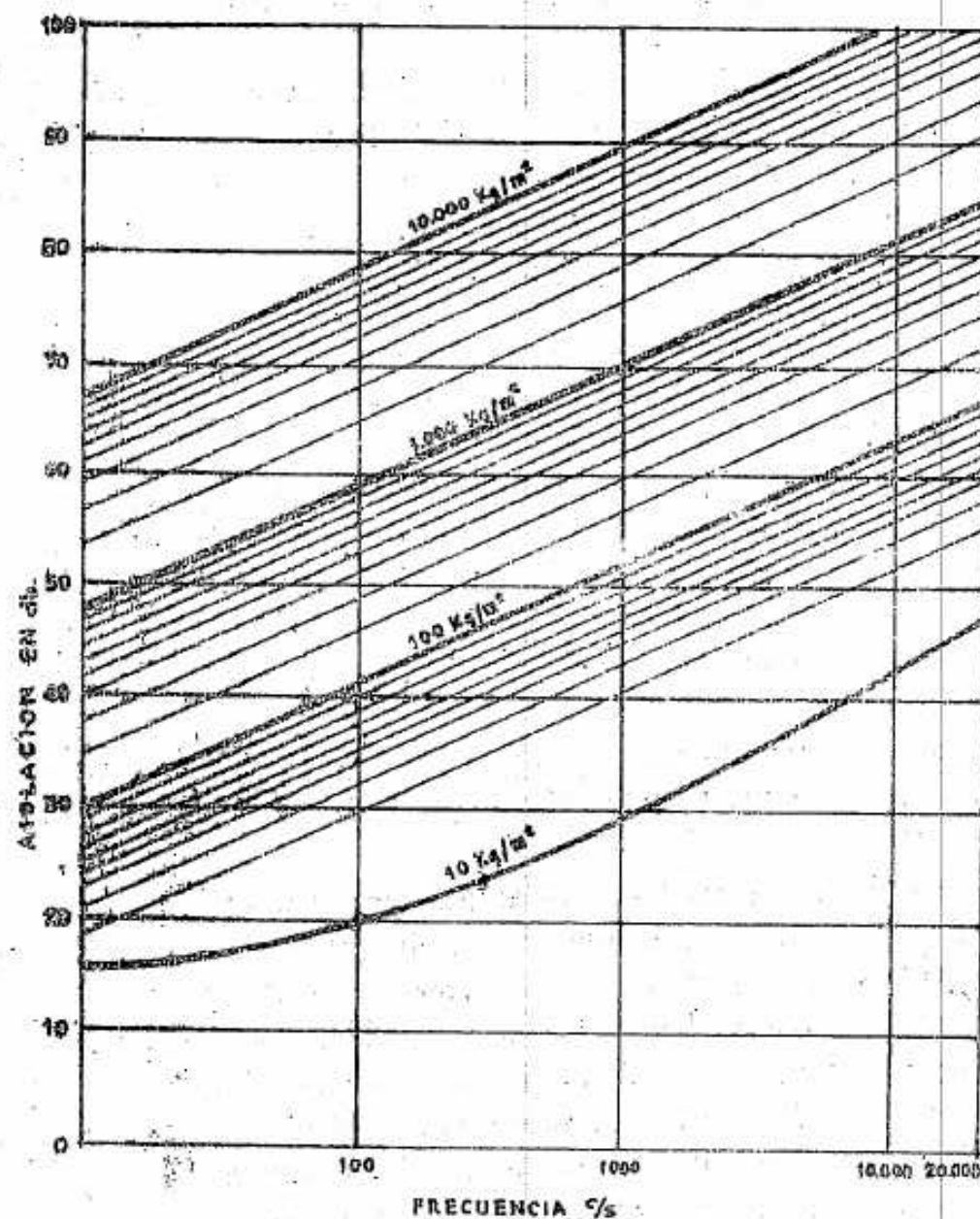


Figura 66

CONSTRUCCION DE LAS PAREDES DE LADRILLOS

El adadillo común es un pétreo artificial ubicado dentro de la familia de los cerámicos. En su fabricación se emplean tierras con bajo contenido de arcilla, que constituye generalmente la capa superficial del suelo, casi siempre rica en sustancias orgánicas, que se conoce con el nombre de tierra negra, tierra vegetal o humus.

El ladrillo también se denomina ladrillo de mano, en atención a que en su fabricación no se emplean equipos mecánicos, sino que por el contrario, los procesos que tienen lugar en las distintas etapas de producción es totalmente manual.

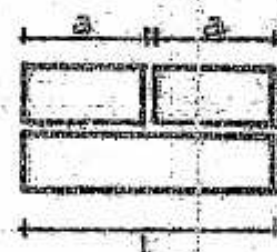
Debido a la destrucción de las sustancias orgánicas que integran la materia prima, por la acción de la temperatura a que debe someterse para la obtención de la sustancia cerámica, como así también por el agregado intencional de elementos ligantes a fin de dar mayor cohesión a la pasta cruda, resulta un producto sensiblemente poroso.

La forma del ladrillo común responde a la de un paralelepípedo, cuyas dimensiones no se mantienen constantes en todos los países, ni tampoco a través del tiempo.

En nuestro medio, las medidas del ladrillo han sufrido variaciones importantes. Todavía hoy en día pueden observarse piezas utilizadas en algunas de la colonia, cuya longitud se aproximan a los 40 cm.

Esta alimbración ha experimentado una disminución progresiva en busca de ventajas en el manipuleo de piezas de menor peso, que significa un acondicionamiento más favorable de la mano de obra. Es así como se ha llegado a las dimensiones clásicas del ladrillo, de 27 cm. para su longitud, 13 cm. en su ancho y un espesor aproximado de 5,5 cm. a 6 cm., valores éstos, que bien quedaron fijados durante mucho tiempo.

Del análisis de las medidas que acabamos de señalar, surge la existencia



Esta relación de medicinas, con
agrupación regular de las pie-
das, resultan planas.

En la actualidad, las dimensas una nueva dimensión. Des elaboran en nuestro país mi Esta misma dimensión ob comercial, por cuanto las la mismo por millar, de donde se requieren mayor cantidad Obsérvese que a pesar de las relaciones entre ellas atendi

Nomenclatura de las posiciones

Las posiciones en que se col-
agrupamientos que constituy
función del espesor del núcl

Cada una de esas posiciones
necesario conocer.

Cuando el ladrillo se coloca de mayor superficie y miente paramento del muro, se dice

ón a la posición anterior, es perpendicular al paramento, n.

, o sea apoyado sobre la longitudinal paralelo al da se denomina de panderete, 0°, de modo tal que su eje al paramento, la posición

oplamiento de las piezas, sición en el espacio. Las los hiladas consecutivas de hien junta horizontal, dos ladrillos consecutivos a vertical o llaga.

i denominación que acaban de explicarme.

PUNTA a TIZEN

TE

Espesores nominales y reales

Los requerimientos funcionales de las paredes exigen disponer de espesores variados que en general deben ajustarse a las dimensiones de los ladrillos empleados, a fin de utilizarlos sin fraccionar, evitando cortes que producen desperdicios de material y que insuene mayor costo por mano de obra. Por otra parte, la variación en la posición de cada elemento, permite una flexibilidad de espesor que satisface las necesidades, de tal modo que pueden obtenerse sin dificultad, espesores de 10, 13, 20, 30, 45 cm, etc.

Si fuera menester construir un muro de 10 cm. de espesor, el análisis de las medidas de los ladrillos, nos llevará a la solución buscada. En efecto, la única posibilidad consiste en colocar los ladrillos de panderete, lo que dará un espesor aproximado de 5,5 cm. que sumado a los espesores de los revoques de ambos paramentos, que estimamos entre 3 y 4 cm. permitirá obtener un espesor total que se acerca mucho a los 10 cm.

Si el muro requerido fuera de 30 cm de espesor, habrá varias soluciones, una de las cuales consistirá en colocar los mampuestos de punta, o bien dos ladrillos de faja en paralelo.

En ambos casos el espesor será de 25 cm, que sumados a los 4 cm. de ambos revoques, dará como resultado 29 cm.

Como se advierte en los dos ejemplos dados, no se ha llegado con exactitud a los espesores propuestos, ya que existen pequeñas diferencias, unas veces por defecto y otras por exceso. No obstante ello, el muro realizado con ladrillos colocados de panderete, se le asigna un espesor nominal de 10 cm. aunque su espesor real podrá ubicarse entre 8 y 11 cm.

En el caso del muro construido con ladrillos colocados de punta, el espesor nominal será de 30 cm., mientras que el espesor real difícilmente coincidirá con ese valor, pudiendo ser de 28 a 31 cm. según sean las medidas exactas del ladrillo empleado y del espesor de los revoques. Como vemos, corresponde distinguir entre el espesor nominal que corresponde a las medidas teóricas, y el espesor real que quedará definido mediante la medición de la obra, una vez realizada.

La traba

Dos son los elementos que integran una pared de ladrillos, y ellos son el mampuesto y el mortero de asiento de aquellos, que constituyen las juntas que vinculan los elementos pétreos dándoles inmovilidad y asegurando el monolitismo de la estructura.

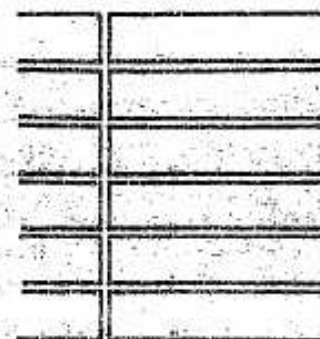
La función que cumple el mortero de asiento, según ya sabemos, es la de transmitir uniformemente las cargas que el muro debe soportar. Por consiguiente, el lecho de asiento de los ladrillos debe ser necesariamente horizontal, pues de no serlo, las fuerzas verticales de compresión al incidir sobre una superficie que no es perpendicular a su dirección, dará origen, como se señala en la Fig. 69, a una componente tangencial que



Figura 69

habrá de producir una sollicitación de corte que el mortero no está capacitado para absorber, lo que determinará un desplazamiento lateral de los mampuestos, con la pérdida de la estabilidad del conjunto. Por supuesto que la horizontalidad de la junta de asiento, dada la forma paralelepípeda de los ladrillos, implica la verticalidad de la llaga. Con lo anterior queda enunciada la primera exigencia en la ejecución de muros de mampuestos, que está referida a la horizontalidad de la junta de asiento.

Si proyectáramos un agrupamiento de ladrillos respetando exclusivamente la ley que acabamos de enunciar, podría llegarse a una solución como la que se indica en la Fig. 70.

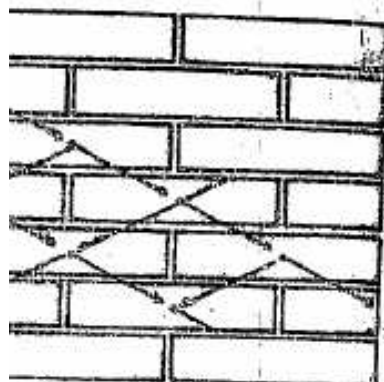


Pero si una pared organizada carga concentrada, como se indica en la Fig. 70, la traba localizada en una faja vertical de ladrillo, que al descargar en consecuencia de las mismas terreno que arrastrará a la solicitada por un esfuerzo que ser absorbidas por el mortero de la pared.

Un modo de evitar la transmisión de juntas verticales de manera inmediata inferiores, luego que se amplíe la superficie de trabajo.

El esquema representado en

Lo anterior permite, conjuntamente enunciar lo que podría llamarse En la mampostería de ladrillo en un plano perpendicular deben coincidir en dos hilos



na que el ángulo de

e ladrillos que constituyen

unas de ellas, en las
is nombre, como Béiga,
vosotros no emplearemos
da en todos los textos,
e distintos nombres según

respete la ley de la traba,
ción, creando aparejos



Figura 72

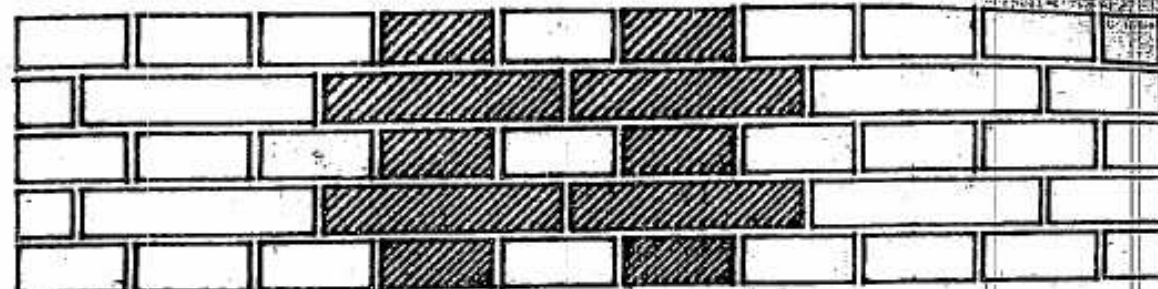


Figura 73

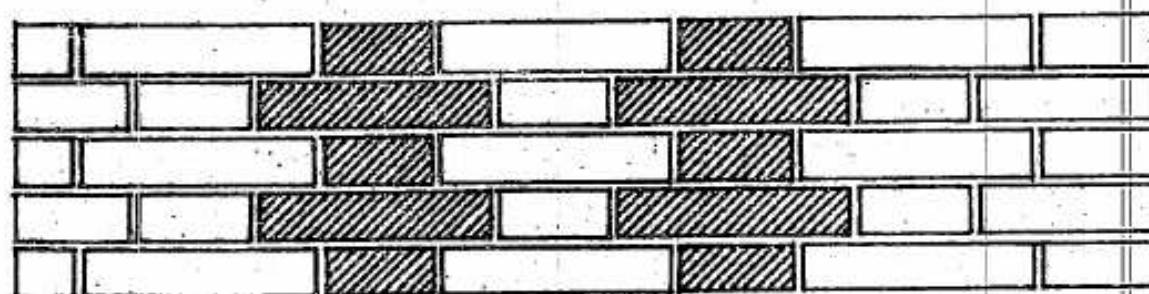


Figura 74

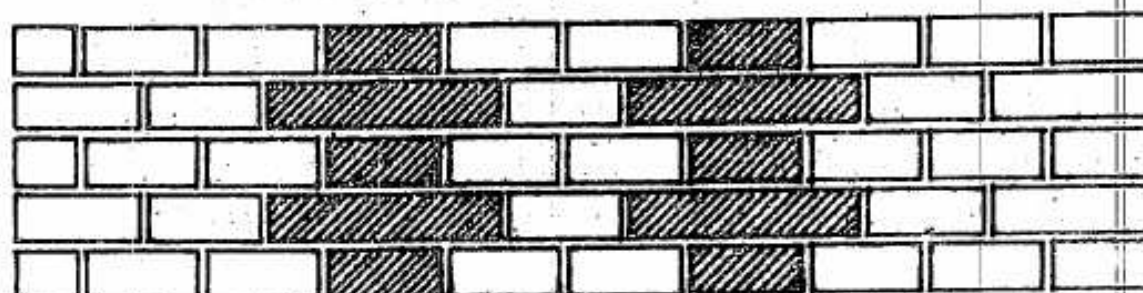


Figura 75

Algunas veces, con el fin de lograr efectos decorativos, se realizan aparejos avanzando o rehundiendo algunos mampuestos, cuyas sombras proyectadas producirán un movimiento en el paramento, como se aprecia en las figuras que siguen.

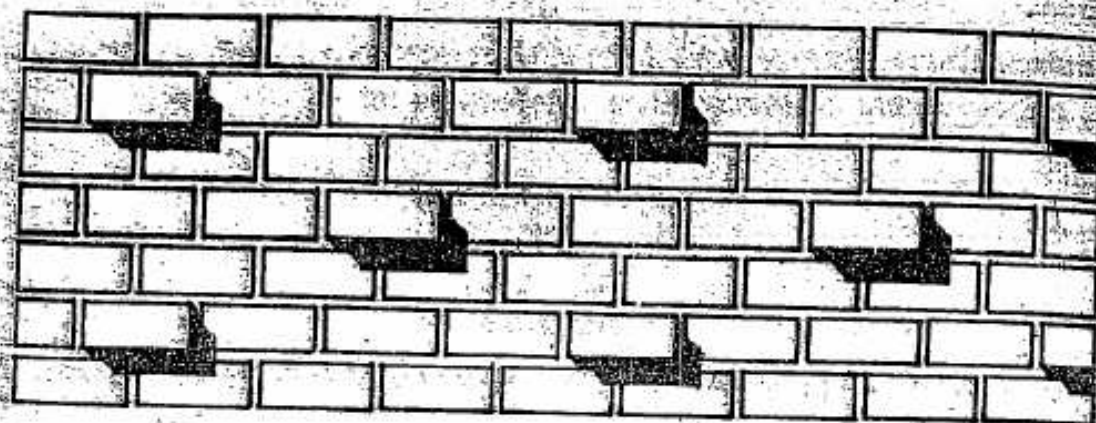


Figura 76

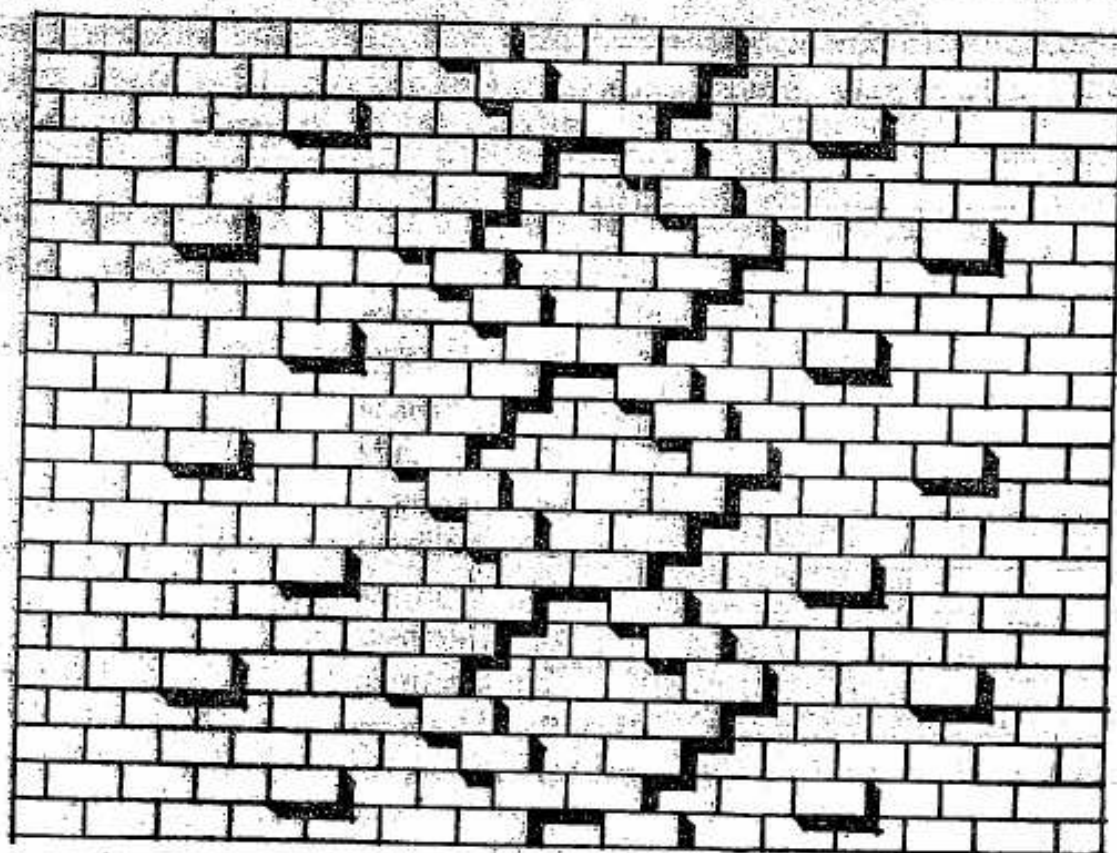


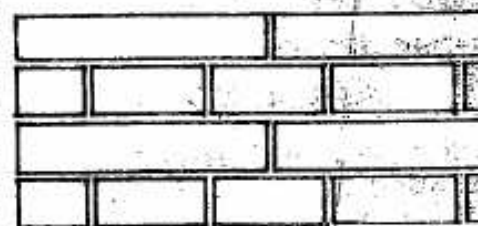
Figura 77

Detalle de paredes de distintos

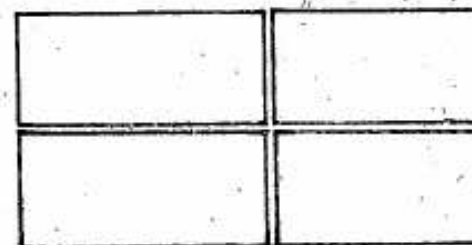
Pared de 0,30 m. de espesor

Es ésta la pared de ladrillos tr. Cumple razonablemente bien estudiando. Pese a un coeficiente $K = 1,34 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$, que dada la benignidad del clima en un cerramiento apto para La resistencia admisible a la cuando se construye con los reglamentos técnicos en vigencia capacidad para recibir y trans

En las figuras que siguen veremos posibilidades de agrupar los la espesor.

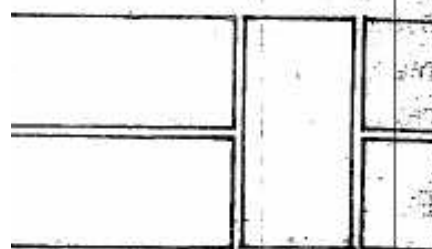
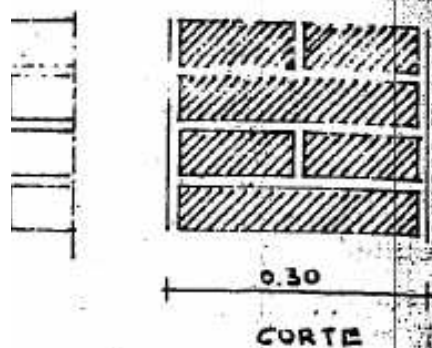


VISTA



1a. HILADA

en ejecutar hiladas
izón, y de faja: soga, con
mencionados anteriormente.



utando una hilada con
ente, y la siguiente con
o a la primera.
odos ellos cumpliendo con

liferentes posibilidades.

debe transmitirlas al
ente es otra estructura.

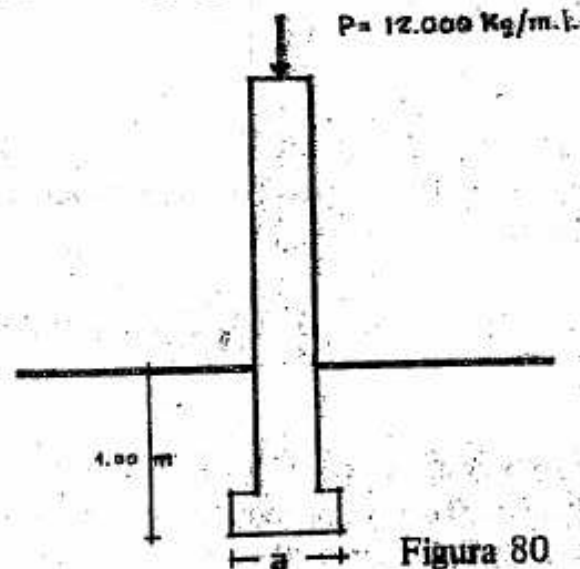
que al igual que la pared, tendrá una tensión admisible de trabajo a la compresión.

En general, la tensión admisible a la compresión de la mampostería de ladrillos comunes es como sabemos, de 6 Kg/cm^2 , en cambio la tensión del terreno, que depende de la naturaleza del mismo, podrá ser igual, mayor o menor que aquella.

Cuando la tensión admisible del terreno supera o iguala los 6 Kg/cm^2 , la pared descargará sin ningún problema, puesto que lo hará sobre una estructura más resistente que ella, pero si el suelo fuera de menor resistencia, por ejemplo de 3 Kg/cm^2 , resulta claro que será necesario duplicar el ancho de la superficie de apoyo para reducir la carga de 6 Kg/cm^2 a sólo 3 Kg/cm^2 .

Para el caso general, la incógnita será el ancho que debe tener la fundación, cuyo cálculo se realiza mediante un procedimiento muy sencillo que explicaremos con la ayuda de un ejemplo.

Supongamos una pared como la que se indica en la Fig. 80, que debe transmitir al terreno una carga de 12.000 Kg. por metro lineal de desarrollo, en el que se incluye para simplificar su peso propio.



El análisis para determinar el ancho del cimiento, se realiza sobre un metro lineal de desarrollo, ya que la solución obtenida para el primer metro, será común a toda la longitud de la pared.

Los datos necesarios para solucionar el problema, son los valores de las tensiones admisibles de la pared y del terreno, los que supongamos sean

6 Kg/cm² y 2 Kg/cm², respectivamente.

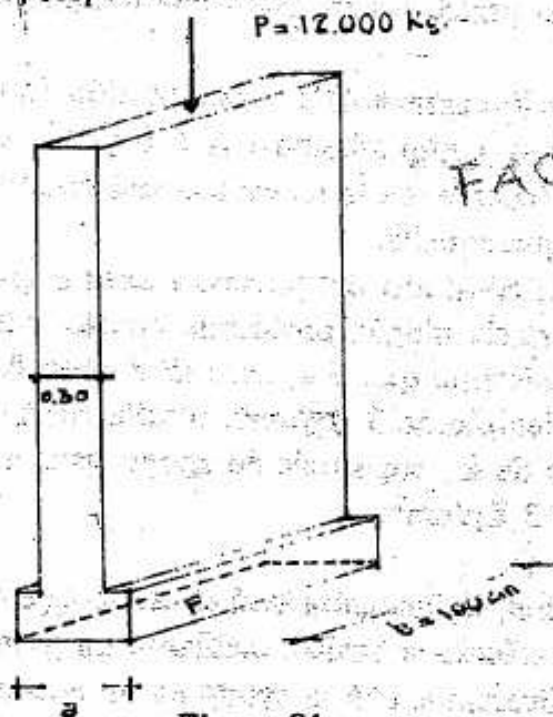


Figura 81

Partimos de la fórmula que nos permite calcular la tensión, o sea:

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

En ella conocemos: $\sigma = 2 \text{ Kg/cm}^2$ y $P = 12.000 \text{ Kg}$.

lo que nos permitirá calcular la superficie F, uno de cuyos factores es el ancho a buscado, luego:

$$F = \frac{P}{\sigma} = \frac{12.000 \text{ Kg}}{2 \text{ Kg/cm}^2} = 6.000 \text{ cm}^2$$

Hemos obtenido la superficie de apoyo $F = 6.000 \text{ cm}^2$.

Esa superficie es un rectángulo del que conocemos su área y uno de sus lados, lo que nos permitirá calcular el lado restante, que es precisamente el ancho a que buscamos. Luego:

$$F = 6.000 \text{ cm}^2 = a \times b \therefore a = \frac{6.000 \text{ cm}^2}{b}, \text{ y siendo}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

Vale decir que el ancho de Resuelto el problema en su solucionar la forma de pasar El pasaje no se hace directamente sucesivos; de 30 cm se pasa el ensanchamiento se realiza un incremento de 7,5 cm. hacia La altura de esos escalonamientos corresponde a 4 hiladas.

Estos escalonamientos son de descarga de la mampostería 60°. La medida que hemos denominado zarpas, da con Es de destacar, que si no se fundación se vería solicitada cimientos de hormigón armado La Fig. 82, aclara lo explicado



icar si en la hilada crítica
 m^2 que corresponde a la

ansmite la pared es de
superficie de la hilada

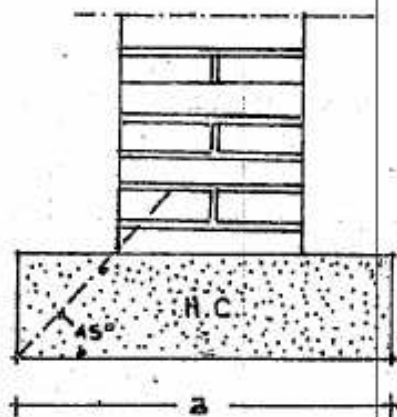
000 cm^2

por los valores

g/cm^2 , menor que la tensión

n admisible, la pared no
cesario aumentar el espesor
biar el material empleado
e puede lograrse mejorando
ladrillos prensados, que

para ejecutar la zapata de
n pobre y el hormigón de
siguientes.



Habrá que tener en cuenta que para el hormigón pobre, el ángulo de desgarca es de 60°, mientras que para el hormigón de cemento desde 45° dependiendo la altura de la zapata de dicho ángulo.

Otra posibilidad consiste en ejecutar la zapata con hormigón armado, que en algunos casos se complementa con una viga de encadenado, del mismo material. Esta última solución es indicada cuando la calidad del terreno de fundación no asegura asentamiento uniformes. Las zapatas de hormigón armado, en virtud de las fuerzas de reacción del terreno, serán solicitadas a esfuerzos de flexión, como se señala en las figuras que siguen.

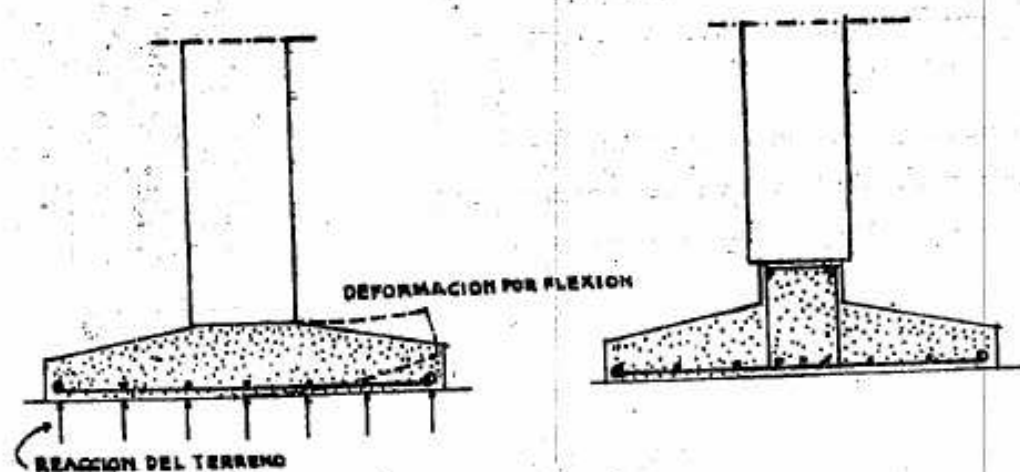


Figura 84

Como acotación final, agregamos que si el ancho del cimiento de ladrillos fuera tal, que las sucesivas zarpas emergieran del nivel del terreno natural, habrá que llevar el plano de fundación a una cota más profunda.

Pared de 0,20 m de espesor.

La pared de ladrillos comunes de 20 cm de espesor no es muy utilizada en razón de que no cumple satisfactoriamente con las condiciones deseables. En efecto, desde el punto de vista de la resistencia, los reglamentos no la admiten como estructura portante, salvo el caso de

que su altura sea inferior a los 3 metros.

En lo que se refiere al aislamiento térmico, está lejos de ofrecer el índice óptimo, de modo que su uso debe quedar limitado a funciones de cerramiento interior, en cuyo caso resulta antieconómica.

A pesar de lo señalado, puede resultar eficaz si se la complementa con tratamientos térmicos adecuados, o si se la emplea como parte integrante de un muro doble.

La siguiente figura es suficientemente ilustrativa en lo que hace a la disposición de los ladrillos a efectos de obtener el espesor enunciado.

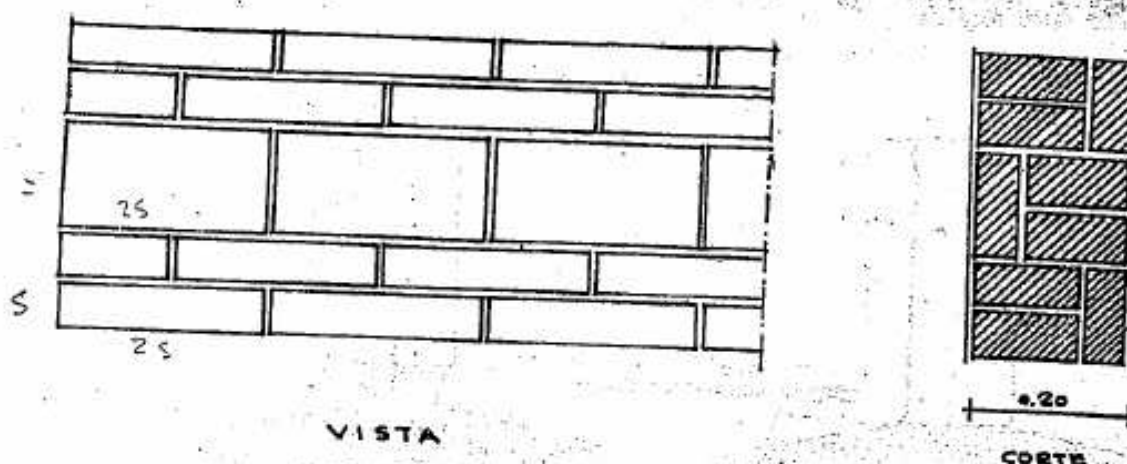


Figura 85

Como se advierte, la primer hilada está constituida por un ladrillo de panderete y dos de faja, que deben alternarse a uno y otro lado, en las hiladas sucesivas, a fin de evitar la continuidad de la junta vertical interior.

Pared de 0,15 m. de espesor.

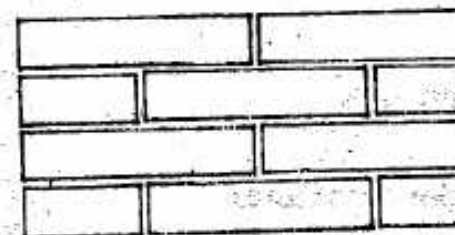
La pared de 15 cm. es una agrupación en la que todos los ladrillos se colocan de faja, alternando las juntas verticales de las hiladas sucesivas.

No es apta para recibir cargas, salvo el caso que su altura no exceda de los 2,50 m.

Por otra parte, su bajo índice de aislamiento térmico la hacen

inadecuada para ser empleada en el interior de un espacio de estar o de trabajo, quedando a tabiques divisorios entre locales.

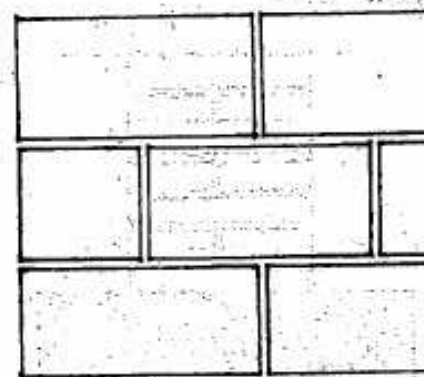
La Fig. 86 muestra la disposición de los ladrillos en esta pared.



VISTA

Pared de 0,10 m de espesor.

La pared de 10 cm de espesor, por su estructura, se acostumbra denominar tabique y la posición llamada de panderete, en la que el ladrillo se coloca de panderete, se designa como tabique de panderete. No tiene capacidad portante y su función es de divisor entre locales. Su organización responde al tipo de construcción que se desea.



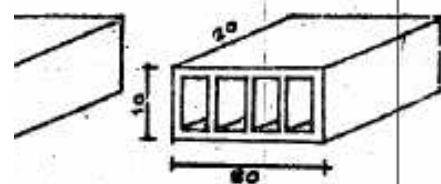
VISTA

cuya elaboración puede ser hecha mediante máquinas especiales, tanto de elaboración mecánica como manual. Debido al hecho de no ser macizo, los mampuestos longitudinales separados por mortero, tienen un espesor nominalmente 8 mm. de espesor. Se debe conocer la capacidad portante, la resistencia y la construcción de paredes de simple

que es más liviana que la de ladrillos comunes, cuyo peso que oscila entre 1.200 Kg/m³

que vienen provistas de un rebaje que sirve como función aumentadora de la resistencia al asiento y de

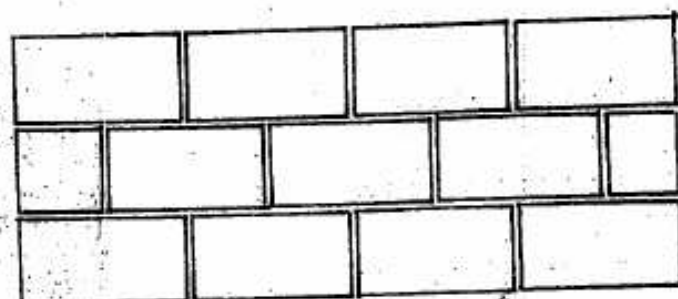
o así también sus medidas nominales que se indican en la



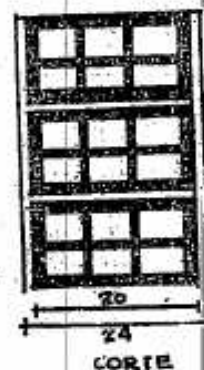
Para diferentes espesores, siendo

Paredes de 0,24 m. de espesor.

Este espesor se obtiene empleando ladrillos de 10/20/20, que deben ser colocados todos de faja siguiendo la ley de la traba ya estudiada. Esta disposición determina un núcleo de 20 cm de espesor, que sumado al de los revoques de ambos paramentos da un total de 24 cm. El aislamiento térmico que se obtiene con esta pared, es aproximadamente igual al de una pared de 30 cm de espesor de ladrillos comunes, pero es necesario cuidar que cada mampuesto sea colocado de modo que no presente sus huecos en los paramentos. Esta colocación defectuosa es frecuente y tiene como inconveniente una apreciable pérdida de su eficacia tanto en lo que se refiere al aislamiento térmico como al hidrófugo, y además económicos, por cuanto la penetración en los agujeros, del mortero de los revoques, insufla mayor cantidad de material que el necesario. La disposición de las piezas que corresponde a este tipo de pared, se indica en la Fig. 89.



VISTA



CORTE

Figura 89

En la generalidad de los casos, esta estructura se emplea para paredes exteriores de simple cerramiento.

Pared de 0,15 m. de espesor.

El mismo criterio anterior, pero utilizando ladrillos de 8/12/20, nos permite construir paredes de 15 cm de espesor.

En la Fig. 90, se señala la posición de los mampuestos para la organización de éste tipo de pared.

Pared de 0,10 m. de espesor.

Para este tipo de pared pueden utilizarse indistintamente ladrillos de 8/12/20 o bien 8/15/20, los que se colocan de panderete con el mismo criterio que el visto para el tabique de panderete de ladrillos comunes. En este caso, es conveniente reforzar el mortero de asiento a fin de conseguir mayor estabilidad.

La disposición que debe adoptarse, se señala en la Fig. 91.

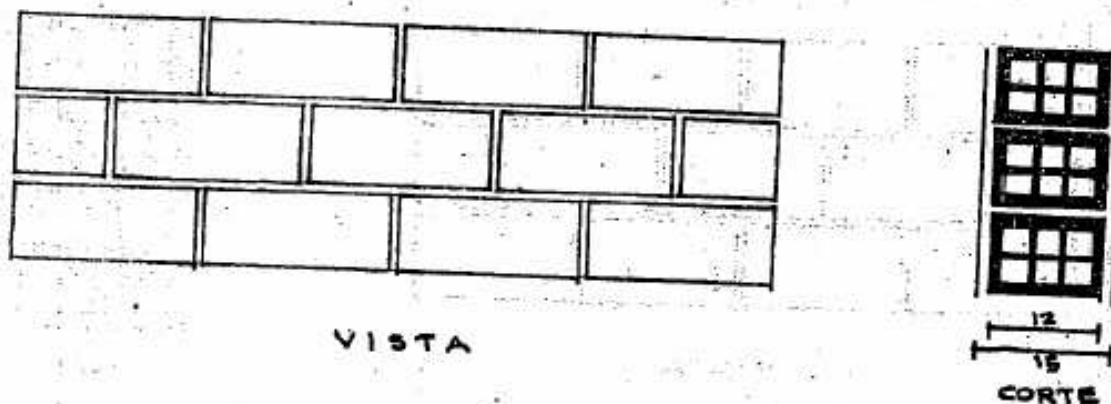
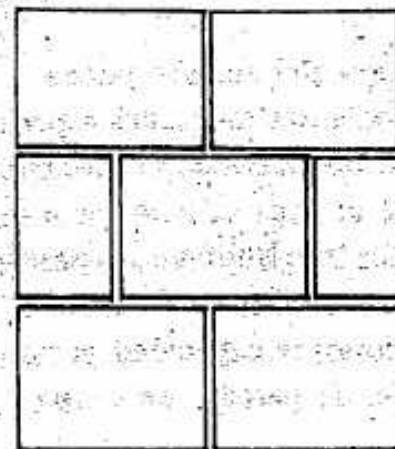


Figura 90



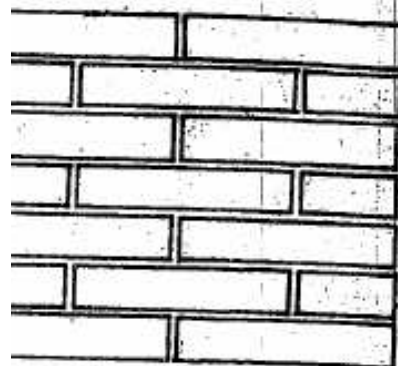
Paredes con cámara de aire

Al estudiar el aislamiento térmico, la función que cumple la cámara de aire que se crea entre dos paredes es muy importante. Dado que las dos paredes actúan como efectos de constituir una unidad para completar, referida a su ejecución.

La estructura más empleada es la formada por dos tabiques de 15 cm de espesor, con un espacio o cámara de aire entre ellos. Una pared integrada de tal tipo es necesario que sus partes estén entre sí.

Dado que el espesor total no es posible establecerlo como perfiles, ya que la cámara es apreciablemente menor que el espesor de las paredes. El recurso de que disponer es el uso de barras de acero de sección

del hormigón.
nortero de asiento de la
su separación debe ser
rentemente dispuestas en



VISTA

nano de obra, las grapas
un doblado en forma de
como goterón a efectos
ue puede originarse en
de humedad de un

pinturas anticorrosivas

cm., lo que se logra con
dejan entre si un espacio
grapas metálicas,
los comunes. La solución

cámara de aire de 10 cm.
dos con ladrillos
93b.

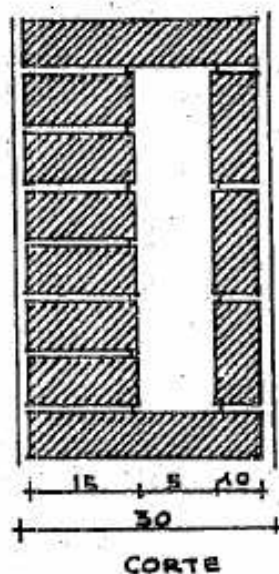


Figura 93 a

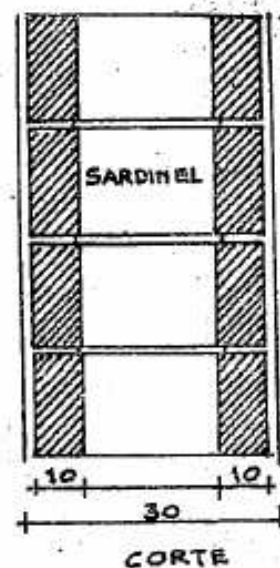


Figura 93 b

La objeción, muy razonable, que puede formularse a las dos últimas soluciones, es que cada ladrillo colocado de punta o de sardinel, constituye un puente térmico, que en virtud de su cantidad, significa un desmejoramiento apreciable en la eficacia del muro, en función de aislante térmico.

Paredes huecas de ladrillos huecos.

De modo análogo al considerado para los ladrillos comunes, pueden construirse paredes como cámara de aire, constituídas por ladrillos huecos.

En estos casos, el elemento destinado a vincular los núcleos puede estar representado por grapas metálicas o bien, por ladrillos comunes. Las figuras que se agregan a continuación, muestran distintas posibilidades, y su sencillez nos permite obviar el comentario.



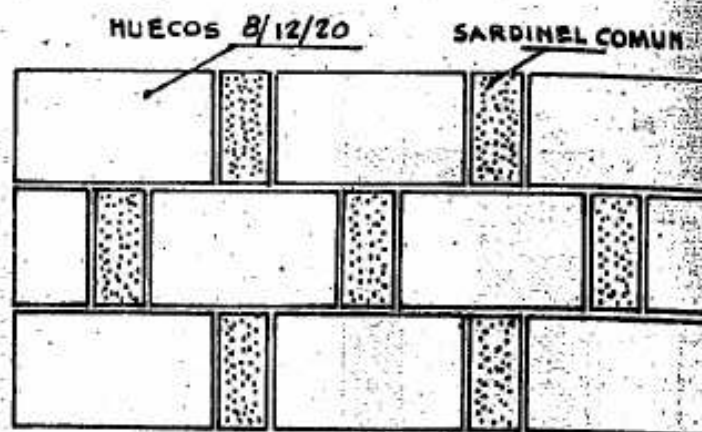
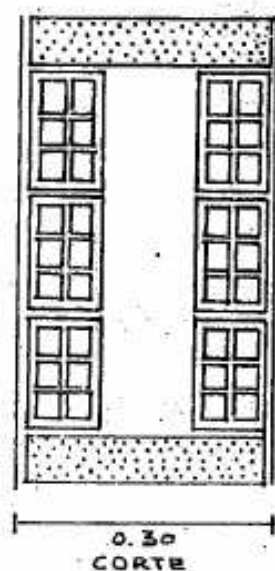
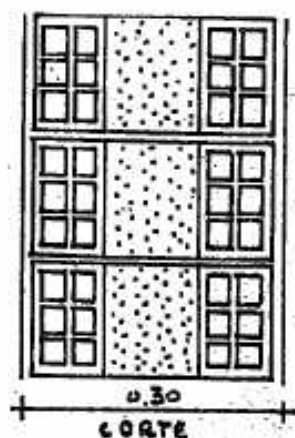
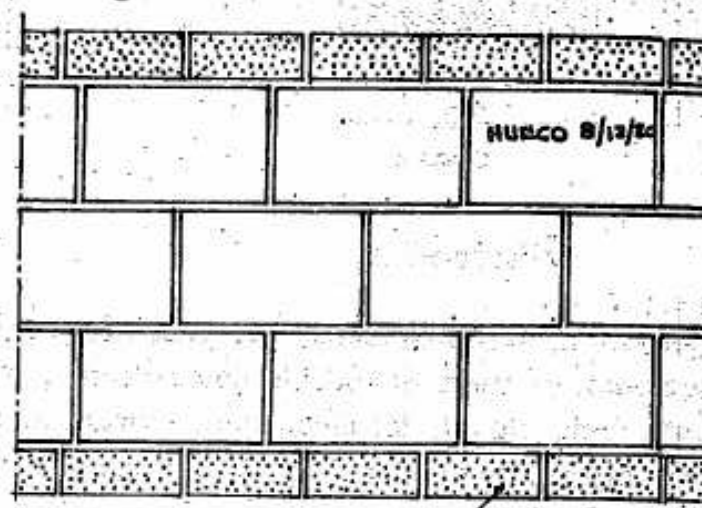


Figura 94
VISTA



HILADA COMUN DE PUNTA
VISTA

Figura 95
GRAPA METALICA

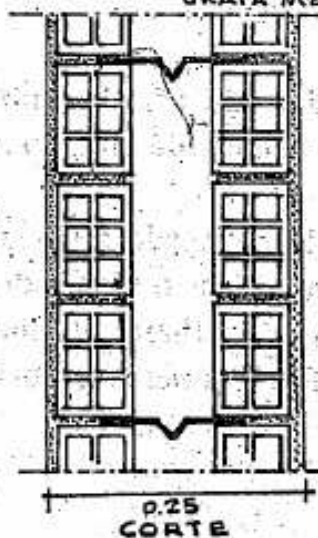
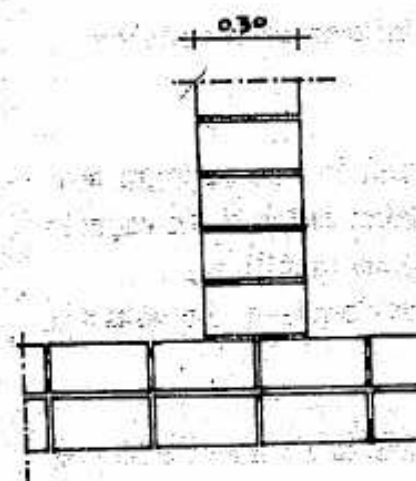
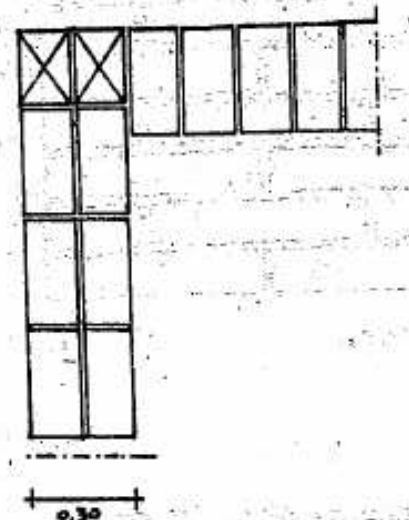


Figura 96

Enlaces de paredes.

Al solo efecto de ilustrar gr
adoptan los mampuestos en
siguiente serie de figuras.



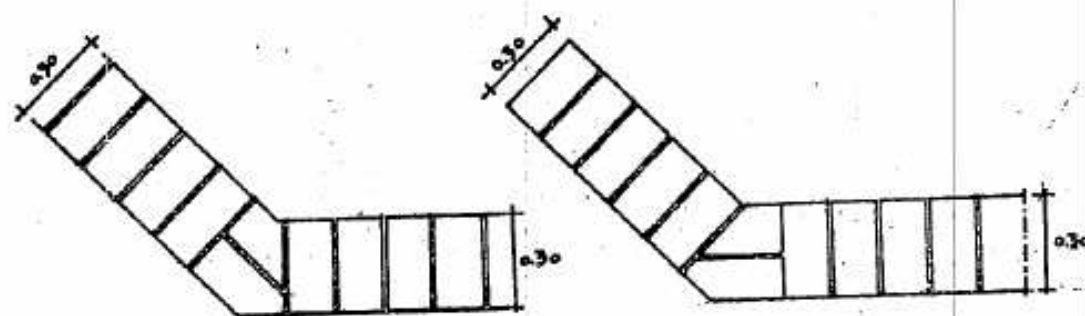
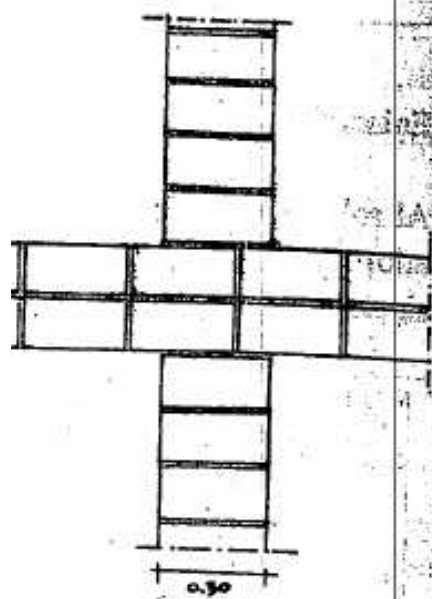


Figura 101

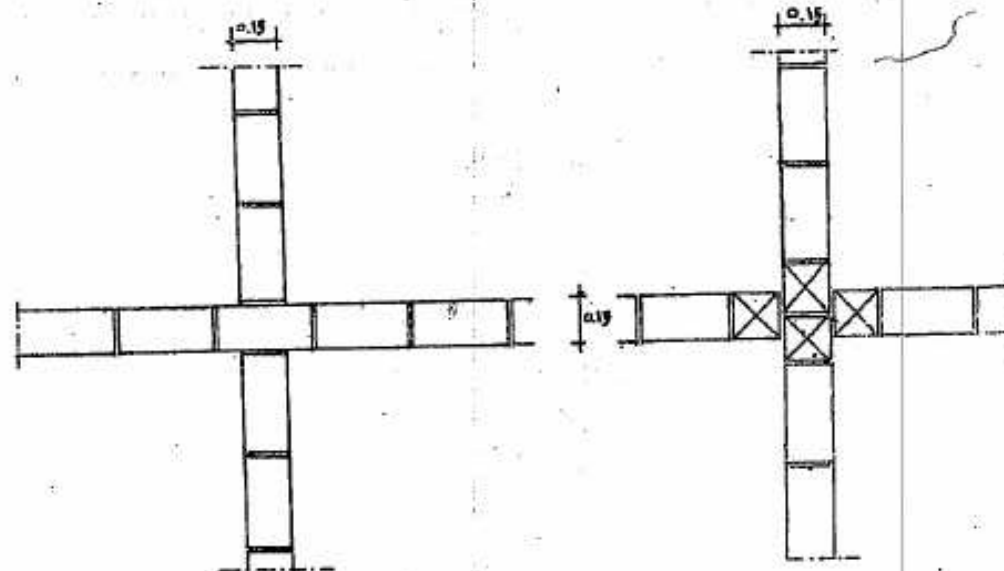
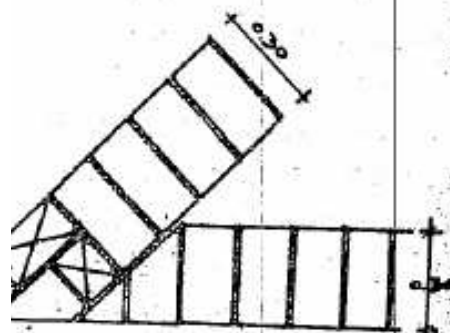


Figura 102

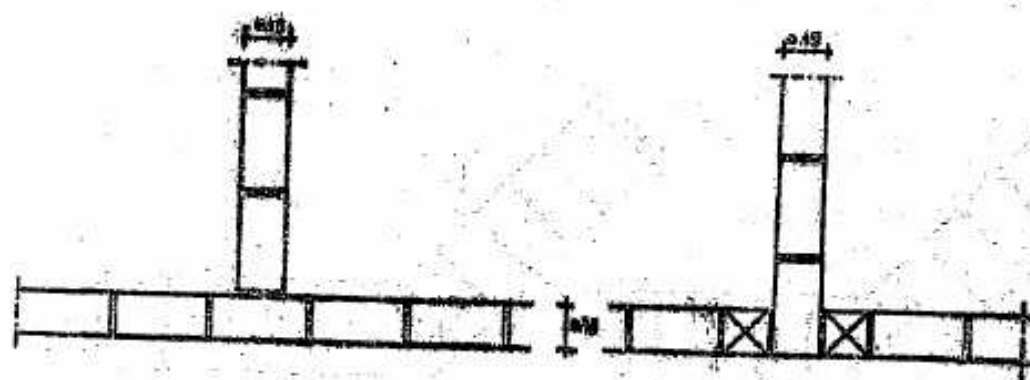
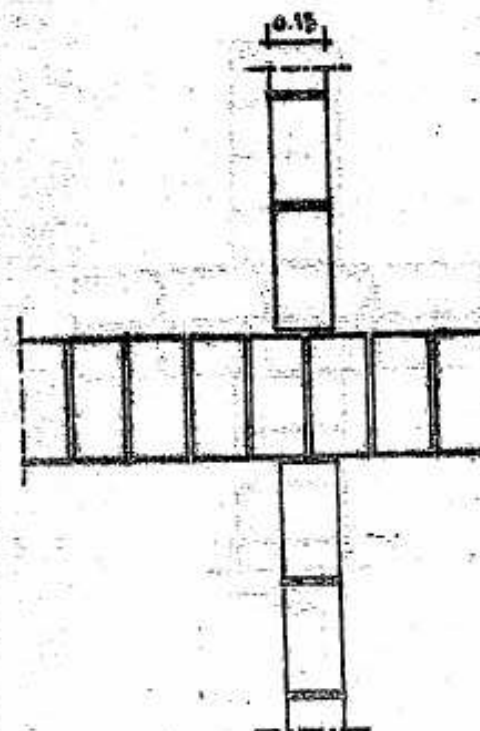


Figura 103



Los morteros.

Cada tipo de trabajo que da una característica.

En algunos casos serán la resistencia de los elementos a unir, las propiedades del mortero cumpla con eficacia. Otra vez serán la trabajabilidad, y habrá casos de resistencia que puedan oponerse. Será pues, muy conveniente destacar de los morteros

1º) *Docilidad*: Consiste en que el mortero puede extenderse fácilmente. La docilidad de un mortero depende de la retención de agua, lo que se utiliza.

Al estudiar los materiales

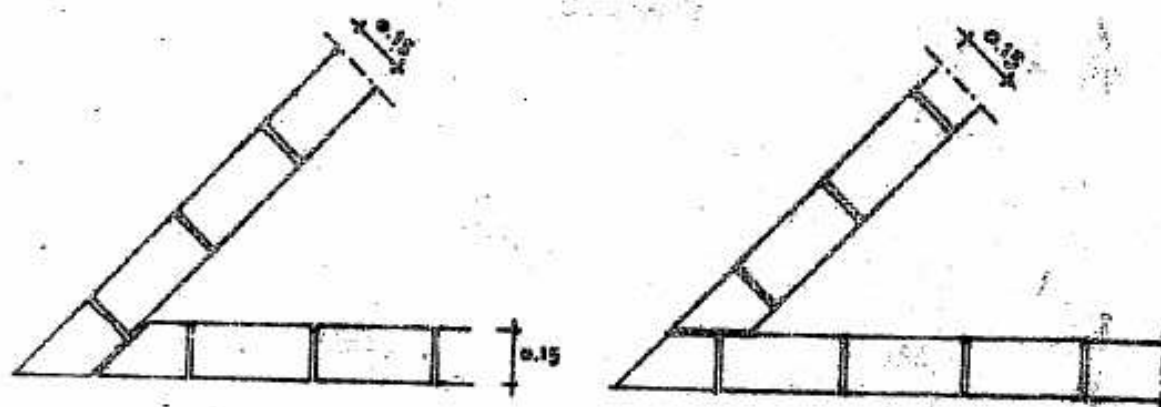


Figura 104

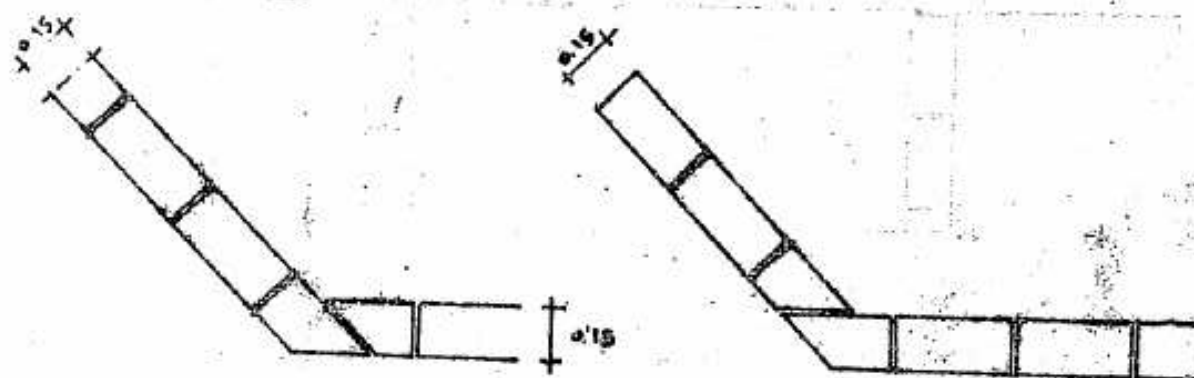


Figura 105

ilizaba cal en esta, gaba mayor docilidad o dherencia, en virtud de

dráulica, en los que su ésta sea absorbida con igroscopicidad de éstos, idad y por lo tanto de

oder de adherencia con edad de los ladrillos no o se adhiere, restando

mencionada en el punto laje del mortero en la

solicitado a esfuerzos deiciente que sea apto que en la mampostería es del suelo, fenómenos que sumadas a las a producir un se ve impedido por el l razamiento generado la irregularidad ecial por el poder de ble una mezcla en el propio mortero. ebe ser ayudada n del agua de amasado n moderado do.

nantienen constante su n por distintas razones,

a saber:

a) *por compactación*: producida por el peso propio de las hiladas superiores y por la presión que el operario ejerce sobre el ladrillo para su colocación.

En este caso, la compactación se produce en una sola dirección, y es anterior al fragüe del mortero, vale decir, que se produce mientras la mezcla se mantiene plástica.

La magnitud de esta compactación depende de la capacidad de retención de agua del mortero. Cuanto mayor sea esa capacidad, menor será la compactación que se producirá.

b) *Por contracción de fragüe*: En este caso, el cambio de volumen se produce en todas direcciones y tiene lugar una sola vez, ocurriendo en el transcurso de todo el proceso de fragüe, hasta su terminación. Esta contracción de fragüe no daña la liga entre mortero y ladrillo y puede tener un efecto perjudicial solo excepcionalmente, si la velocidad de fragüe fuera excesivamente grande, en cuyo caso podría llegar a despegarse del mampuesto.

c) *Por expansión y contracción*: Fenómeno que se produce al variar las condiciones de humedad del mortero.

Este cambio de volumen tiene lugar posteriormente al fragüe y está vinculado a la posibilidad de humectación y secado alternado del mortero.

Los grandes cambios de volumen son característicos en morteros densos, en cambio son mínimos para morteros de cal aérea, aumentando a medida que ésta se sustituye por cemento.

Cuando el contacto entre mortero y ladrillo no es total - menor del 90% - hay tendencia a la destrucción si la mezcla es de un tipo que cambie mucho de volumen después del fragüe.

Los morteros con grandes variaciones de volumen por humectación y secado, son de mala adherencia y favorecen la destrucción del muro por despegue, formándose un "bizcocho" de mezcla dentro de la mampostería.

4º) *Elasticidad*: Es la propiedad que define la máxima deformación lineal que un mortero fraguado puede experimentar antes de su fractura,

y se expresa en porcentaje de su longitud.

No varía mucho en morteros de diferentes composición, siempre que las proporciones entre aglomerante e inertes no varíen.

Ensayos realizados con distintos morteros, han dado una extensibilidad de 0,2 a 0,3 por mil.

Si la contracción o expansión del mortero es superior a su coeficiente de extensibilidad, habrá fisuras en él si su adherencia es buena, y en cambio se despegará del ladrillo si la adherencia es mala. Estas fallas se evitan elaborando morteros con abundantes proporción de cal.

5i) Eflorescencias: Todos los materiales de construcción contienen vestigios de sustancias solubles en agua que pueden aparecer en el paramento de un muro por simple saturación con agua y secados sucesivos. Esto ocasiona la aparición de manchas, o formación de pequeños cristales sobre la superficie de los revoques, que se conocen con el nombre de eflorescencias.

En este aspecto, se comportan mejor los morteros elaborados con cal, sobre todo si se ha utilizado cal aérea.

6º) Resistencia: Un muro debe ser resistente, pero esto no implica necesariamente que el mortero deba tener esta propiedad como primera condición.

Ya se ha dicho que la resistencia de un muro la dará fundamentalmente la adherencia entre mortero y mampuestos.

Para obtener un muro resistente es importante lograr una adecuada combinación de ambas propiedades; resistencia y adherencia, y no insistir en el empleo de morteros muy resistentes a base de cemento, por cuanto éstos ofrecen mayores posibilidades de agrietarse y despegarse por retracción.

Se recurrirá a ellos, cuando exista una exigencia bien definida de alta resistencia. Se han realizado experiencias que permiten afirmar que muros de ladrillos con morteros de cemento, poseen la misma resistencia que empleando morteros con 15% de cal en sustitución de cemento, pues con morteros así elaborados se obtiene mejor adherencia que con los primeros.

Morteros a utilizar

Es bien sabido que para la requieren morteros hidráulicos. Entre los que cumplen con

1º) Mortero hidráulico (M cal hidráulica como aglomerante). Este aglomerante no ofrece. Actualmente existe tendencia a sustituirse por una mezcla de cemento.

Además fortalece esa tendencia a suministrarse en polvo, es debido a la incorporación de deshonestos realizan, amparados en controles de calidad que los usuarios.

Por otra parte, los morteros de igualdad de resistencia, y de la cal hidráulica en reemplazo. Los morteros de cal hidráulica ofrecen una adherencia que los que de cemento. Cuando se decide emplear mortero en una estructura que se encuentra a la intemperie, como por ejemplo en cimentación y elevación.

2º) Mortero de cemento presenta mayor valor de resistencia al ser elaborado. También es posible lograr excelentes condiciones de adherencia. Su bajo poder de retracción, poco plástico, y en consecuencia

istencia, o la necesidad
entales, por ejemplo,
de azotado de los

ue invita al operario a
mejoramiento de sus
dad.

incorporar una pequeña
jorar sensiblemente la

a la excesiva velocidad
e provoca contracciones
ncia necesaria para
produce.

ia con respecto a la cal

de mortero, constituido
y cemento en el
ser en la necesidad de
cemento, además de
función conferible

cal hidráulica, con la
resistencia y
es de cal y cemento.
arros, enlucidos,

o se recordará, la
la elaboración de un
te, ambos medidos
obtienen altas

icada, empobreciendo
umento o disminución

Mediante la mencionada modificación, podrán obtenerse morteros de
dosificación 1:2, y en ocasiones 1:1.

Del mismo modo, cuando se requieren resistencias menores, puede
apelarse a dosajes 1:4 y 1:5.

Pero cuando la proporción de árido excede la relación 1:3, los morteros
resultan con excesiva fricción interna, siendo por lo tanto deficiente
su trabajabilidad y su adherencia.

Como agregado corrector de este inconveniente, se aconseja la
incorporación de alguna sustancia que aumente la plasticidad,
empleandose generalmente para tal fin, la cal aérea.

Estos morteros así logrados, y que se denominan de cemento atenuado,
se caracterizan por tener un fragüe bastante rápido, buena plasticidad
y adherencia y menores fisuras de contracción que los morteros de
cemento.

A continuación agregamos una lista de la dosificaciones convenientes
para los distintos trabajos de albañilería.

Para mampostería en cimientos y elevación.

M. H.	1:4
M.H.M.	1:3:1

Para mampostería reforzada.

M. A. R.	1:1/8:4
M.A.M.R.	1:1/8:3:1

Para recalces de muros y azotados.

M. C.	1:3
-------	-----

Para tabiques.

M. H. R.	1:1/2:4
M. A. R.	1:1/2:3

Para jaharro de interiores.

M. A. M. R. 1:1/4:2:1

M. A. R. 1:1/4:3

Para enlucido de interiores

M. A. R. 1:1/8:3

Para enlucidos impermeables

M. C. 1:2

Para jaharro de fachadas y patios.

M. A. R. 1:1/4:4

M. A. M. R. 1:1/4:3:1

Para enlucidos exteriores.

M. A. R. 1:1/4:3

Para jaharro de simil-piedra.

M. H. R. 1:1:5

Las dosificaciones señaladas están expresadas en volúmenes, y las siglas de los morteros responden a la especificación de la Norma IRAM N° 1513 P.

SCHMITT E.
ESCUDERO, A.
RAESA, C.
PUPPO E. y G.
NEUFERT, E.
BAUD, G.
PIÑA, J.
BOSSUT y VILLATE
DE LORENZI, E.
GRIFFINI, E. A.
HUTTE
FERNANDEZ, B.
ARREDONDO, F.
KARAKACHOFF, S.
LOTERSZTAIN, I.
AÑON SUAREZ, H.
CASTAGNINO, R.

Nota: Para el capítulo de
Ing. F. Arredondo "Resi

INDICE

RESISTENCIA:	Resistencia del ladrillo. Resistencia del muro. Influencia de la altura y del aparejo. Influencia del espesor de la junta. Hilada crítica. Altura máxima de una pared.....	Pág.	2
ESTABILIDAD:	Diferencia con resistencia. Coeficiente de esbeltez. Factores de estabilidad: Peso y forma.....	Pág.	22
AISLAMIENTO TERMICO:	Generalidades. Calor. Kilocaloría. Calor específico. Capacidad calorífica. Inercia térmica. Calor sensible y calor latente. Escalas de medición de temperaturas.....	Pág.	29
	Propagación del calor. Radiación. Leyes de la radiación. Convección. Conducción. Coeficientes.....	Pág.	43
	Transferencia de energía térmica a través de las paredes.....	Pág.	58
	Gradiente térmico.....	Pág.	64
	x La cámara de aire. Conducción. Convección. Radiación.....	Pág.	69
	Humedad Relativa.....	Pág.	77
	Condensación Intersticial. Proceso de corrección.....	Pág.	81
	Indices de aislamiento.....	Pág.	83
	Ejercicios de aplicación.....	Pág.	91
AISLAMIENTO HIDROFUGO:	Generalidades. Durabilidad. Aspecto. Resistencia. Aislamiento térmico. Estabilidad dimensional.....	Pág.	105

71593
Isuoc
Asistiendo
23966
1157
aw

Fuentes de humedad del suelo. Persa	
Pulverización d	Pág. 109
Permeabilidad	
Temperatura. N	
Presión. Capilar	Pág. 111
Métodos de imp	
Materiales comp	Pág. 116
Cimientos. Pare	
electrosmótico	Pág. 123

AISLAMIENTO ACUSTICO:

Generalidades. N	
Longitud de ond	
Timbre. Propaga	
Velocidad. Propa	
Intensidad de los	
Influencia del pe	Pág. 134

CONSTRUCCION EN LADRILLOS

Nomenclatura de	
Espesores nomina	
Aparejos	Pag. 148
Paredes de ladrillo	
de espesor, El cim	Pag. 158
Paredes de ladrillo	
0,15 m y 0,10 m	Pag. 164
Paredes de ladrillo	
0,15 m y 0,10 m c	Pag. 167
Paredes con cámar	
macizos y huecos	Pag. 170
Enlaces de paredes	Pag. 174
Los morteros. Doc	
Constancia de volú	
Eflorescencias. Res	Pag. 178
Morteros usuales; F	
elevación, recalce d	
tabiques, jaharros,	Pag. 182

El p
SARM

Se terminó de Imprimir
en mayo de 1992 en,
Artes Gráficas Capitalbi
Monte 5887
(1440) Buenos Aires.