

LAS TRANSFERENCIAS DE CALOR EN LA CONSTRUCCION. 1/

PARSIVAL CASTRO PITA,
ARQUITECTO

Nuestro país tiene una tradición muy rica en construcción cada región ha tratado de crear espacios que hagan lo más confortable la vida de los ecuatorianos con materiales y métodos vernáculos, como casi ningún país del mundo. El Ecuador tiene una variedad que puede permitir las más diversas técnicas.

En el camino hacia el desarrollo es necesario abrirse paso tomando en cuenta la economía de nuestros grandes sectores pero atendiendo los factores de nuestra tierra, de nuestro clima, de nuestras estaciones tropicales. En la geografía de la pobreza se llega a ver que los países tropicales riquísimos en materias primas son en contra partida los más pobres y los más atrasados.

Para la costa ecuatoriana, así como para muchas costas tropicales la transferencia de calor es uno de los factores a tomar en cuenta para el diseño, elección de materiales, construcción del habitat, ello motiva cada vez más inquietudes entre la comunidad investigadora que aspira a conocer los comportamientos de la materia y elementos del ambiente para ser protagonista responsable de una respuesta nacional y latinoamericana que busque el aval de lo mejor del avance científico en el mundo. Es ello lo que motiva también este estudio sobre transferencias de calor.

1/ Anexo a la investigación curricular en el Instituto de la Construcción Industrialisee — París — 1.985.

TRANSFERENCIAS DE CALOR

Las transferencias de calor son debidas a la diferencia de temperatura entre dos elementos o dos partes de un mismo elemento, se pueden distinguir 3 casos:

a) **LAS TRANSFERENCIAS DE CALOR POR CONDUCCION**

Se produce entre dos partes de un mismo cuerpo o entre dos cuerpos en contacto.

b) **LAS TRNSFERENCIAS DE CALOR POR CONVENCION**

Es la transferencia entre la superficie de un cuerpo y el aire — El cuerpo humano.

c) **LAS TRANSFERENCIAS DE CALOR POR RADIACION**

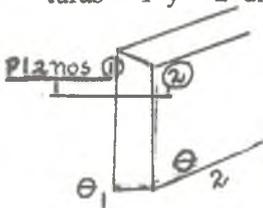
Es la transferencia entre dos cuerpos separados.

Los intercambios de calor debido a la variación de la temperatura de un cuerpo, es la cantidad de calor cedida o tomada por un cuerpo cuya temperatura varía

Los intercambios de calor debidos al cambio de estado de un elemento —(Ejem. el agua) es la cantidad de calor necesaria para la transformación —Ejem. el agua en vapor o inversamente el vapor en agua luego de la condensación.

FLUJO UNITARIO TRANSFERIDO POR CONDUCCION

Para facilitar las explicaciones imaginémonos un cuerpo con dos planos isotérmicos —iso= igual es decir, temperatura homogénea en cada plano (1) y (2) a una distancia g tienen temperaturas θ_1 y θ_2 diferentes planos.



En un régimen estacionario donde los parámetros tales como temperatura, presión varían muy poco en un período de tiempo, la densidad del flujo térmico o más simplemente flujo unitario intercambiado bajo la forma de calor — defi-

nido como el cociente entre la cantidad de calor y el área de la superficie de transferencia y el tiempo es:

proporcional a la diferencia de temperatura

$$) \theta_1 - \theta_2$$

Proporcional a la conductividad unitaria
(f_u w/m² c) del cuerpo entre los dos planos

$$\psi = (\theta_1 - \theta_2) \quad (1)$$

A su vez la conductividad unitaria (f_u) es proporcional a la conductividad del material (λ) e inversamente proporcional a su espesor.

$$f_u = \frac{\lambda}{e} \quad (2)$$

La conductividad térmica es el flujo de calor, por metro cuadrado atravesando un milímetro de espesor de un material homogéneo para 1°C de diferencia de temperatura entre sus dos faces.

Reemplazando la ecuación (1) en (2) se tiene

$$Y = (\theta_1 - \theta_2) \frac{\lambda}{e} \quad \text{en w/m}^2$$

o lo que es lo mismo

$$Y = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\frac{e}{\lambda}}$$

Y si se reflexionó que $\frac{e}{\lambda}$ es el inverso de la conductividad unitaria tendríamos que esta expresión es la resistencia térmica superficial o resistencia unitaria Ru en m². cada uno de donde la ecuación del flujo unitario de intercambios por conducción puede escribirse también.

$$Y = \frac{\theta_1 - \theta_2}{Ru} \quad \text{en w/m}^2$$

De esta ecuación podría despejarse la resistencia unitaria teniendo.

$$\frac{q}{\lambda} = R_u = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\gamma} \frac{\text{Diferencia de temperat.}}{\text{Flujo térmico}}$$

CONDUCTIVIDAD DE LOS MATERIALES

La conductividad de los materiales varía con su tasa de humedad.

Para los materiales de construcción aislantes:

Plásticos
alvedares
lana de vidrio
etc.

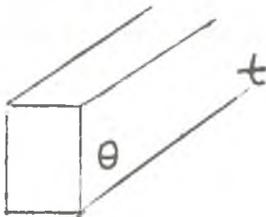
La conductividad (λ) 0.04 w/m^o c

Para los materiales de albañilería los más conductores
— piedras frías — $\lambda = 3.7$ w/m^oc

Para los metales λ excede 37 w/m^oc

FLUJO UNITARIO TRANSFERIDO POR CONVECCION

Para su explicación consideremos la superficie de un cuerpo ejem. una pared en un patio interior con una temperatura θ en presencia del aire a una temperatura t .



Existirá una transferencia de calor por entre la superficie del cuerpo y el aire.

En la medida en que el aire se desplace y se remueve aumentará la transferencia térmica.

El flujo unitario de calor (Y) transferido a la superficie del cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura ($\Theta - t$) y a un coeficiente de intercambio superficial por convección o **coeficiente de convección térmico** hc , que lo expresa en **watios/ m² °C**, o lo que es lo mismo **w m⁻² °C⁻¹**

De lo anterior se tiene que el flujo unitario de intercambio por convección se expresa así:

$$Y = (\Theta - t) hc \text{ en w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El valor hc depende de la velocidad de contacto del aire con la superficie del cuerpo — **de allí que sea tan importante el análisis de la orientación hacia los vientos dominantes de las paredes.**

A una velocidad de salida lenta la temperatura del aire se aproxima a la del cuerpo y los intercambios térmicos disminuyen inversamente con una gran velocidad de salida, la diferencia de temperatura entre el aire y el cuerpo aumenta acelera los intercambios térmicos.

- Nosotros utilizaremos el símbolo Θ para las temperaturas de los cuerpos o de su superficie y para la temperatura t del aire.

En la transferencia por convección pueden distinguirse dos **casos.**

- 1) El movimiento del aire es provocado por su cambio de temperatura. Ejem. una nube densa cubre el 80% o viceversa a esto se llama convección natural el aire ascenderá cuando se calienta y descenderá cuando se enfría — en los climas fríos este descenso viene acompañado de un gran porcentaje de vapor de agua que origina la neblina.—

- 2) El movimiento del aire es debido a una energía exterior diferente de la transferencia térmica de la convección natural. Ejem. ventilación mecánica de un local a través de ventiladores o la calefacción en los climas fríos.

Esta se la puede llamar convección forzada más en el fondo se trata de un mismo fenómeno de intercambios de flujos de calor a velocidades diferentes del paso del aire. La convección natural que puede propiciar el diseño urbano se realiza a velocidades de aire inferiores a las de la convección forzada.

CONVECCION NATURAL

Como se acaba de expresar, el movimiento del aire es debido —en este caso— solamente al cambio de densidad provocado por su variación de temperatura al contacto con la superficie de un cuerpo.

Este movimiento puede ser laminar o turbulento estos fenómenos son complejos y dependen cuatro otras cosas de:

La posición de la pared — vertical — inclinada — horizontal el sentido del flujo.
la dimensión de la pared
el estado de la superficie.

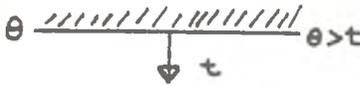
Prácticamente en el interior de las viviendas las diferencias de temperaturas son débiles, más los aparatos calientes como cocinas, etc. o los aparatos fríos provocan movimientos de aire.

Generalizando, existe la tendencia a retener las dos variables más importantes para una diferencia de temperatura dada al sentido del flujo.

LA ORIENTACION DE LA PARED

Utilizándose como valores promedios, luego de varias experiencias para la transferencia de calor por convección los siguientes valores.

Para superficies horizontales en flujo descendiente

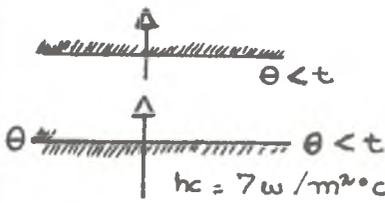


Es decir con un comportamiento frecuente para analizar las cubiertas tenemos:

$hc = 1 \text{ w/m}^2 \cdot \text{c}$

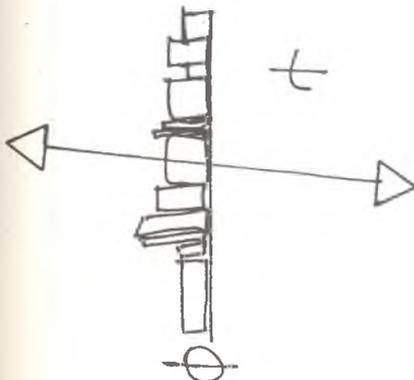
Entonces la transferencia de calor (hc) promedio es de 1 watio por cada metro cuadrado y por cada grado de temperatura: $hc = 1 \text{ w/m}^2 \cdot \text{c}$.

Para superficie horizontal flujo ascendente



Ejem. funcionamientos de hornos grandes en planta baja se tiene como valor promedio.

Superficie Vertical



$hc = 5 \text{ w/m}^2 \cdot \text{c}$

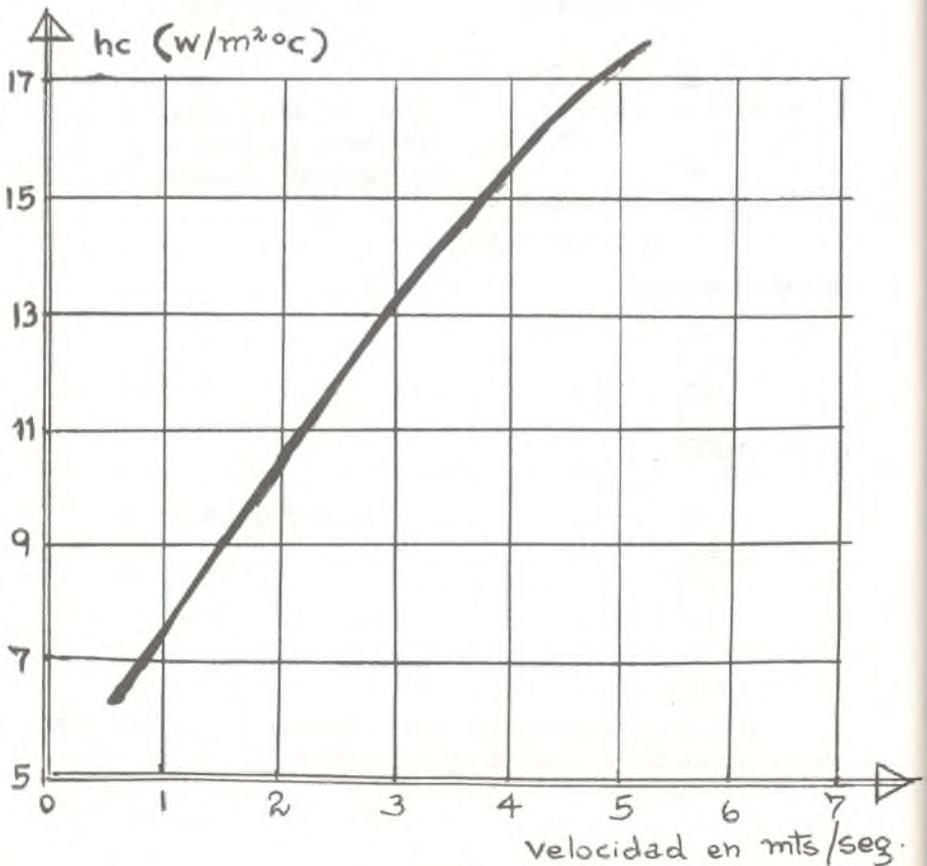
(Sin embargo para una mayor precisión se puede definir que el coeficiente hc depende de la expresión.

$hc = \sqrt{\theta - t}$

CONVECCION FORZADA

Una fuente de energía: — ventilador, calefactor, etc. provoca el movimiento del aire a lo largo y ancho de la superficie de un cuerpo.

Para una superficie vertical la variación de h_c en función de la velocidad del aire existen tablas como la siguiente:



- En caso de aire agitado se considera que la velocidad es mayor que 020 m/s —————

FLUJO UNITARIO TRANSFERIDO POR RADIACION

Si consideramos dos superficies con temperaturas θ_1 y θ_2 , la energía térmica en la superficie de un cuerpo se transforma en radiación electromagnética y se propaga.

Esta radiación es análoga a la luz visible, pero de una longitud de onda superior (rayos infrarojos).

Cuando la radiación encuentra la superficie de otro cuerpo, ella puede ser.

Reflejada

Trasmitida si el medio es parcialmente transparente
absorbida es decir **transformada en calor.**

El resultado equivale a una transferencia de calor de un cuerpo a otro, y en este caso, la vía de transmisión es la radiación electro-magnética.

Expresando esto en una fórmula con apoyo de la lógica se puede decir que el **flujo unitario transferido por radiación** es directamente proporcional a:

- Diferencias de temperaturas de los cuerpos ($\theta_1 - \theta_2$)
- A un coeficiente de intercambios por radiación expresado en watos/m² ° c (hr).
- Al ángulo, distancia y orientación entre los cuerpos lo cual se lo conoce con el nombre de factor de forma (f/2)
$$Y = (\theta_1 - \theta_2) \text{ hr } f/2$$

El coeficiente de radiación de la mayor parte de los materiales de edificación (ladrillos, baldosas, etc.) tienen un orden $hr = 5 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Incluso algunos metales como el aluminio tienen una emisividad menor y hr es inferior a 5.

Para un ambiente con ventana se utilizan los siguientes porcentajes para los factores de forma:

Techos y pisos	$f = 0.54$
Paredes interiores laterales	$f = 0.26$
Pared interior del fondo	$f = 0.10$
Fachada en parte opaca	$f = 0.054$
Fachada en parte de vidrio	$f = 0.046$

La suma debe ser igual a la unidad.

Cambios térmicos debidos a la variación de temperatura de un cuerpo.

El enfriamiento de un cuerpo significa que él ceda calor y recíprocamente el calentamiento implica que él recibe calor.

La cantidad de calor intercambiada — asimilada o cedida por un cuerpo pasando de una temperatura Θ_1 a una temperatura Θ_2 se la puede definir como:

Proporcional a la diferencia de temperatura $\Theta_2 - \Theta_1$

Proporcional a su masa m

Proporcional al calor másico c del material.

La unidad de cantidad de calor es el Joule.

Esta cantidad de calor intercambiada por variación de temperatura puede expresarse así:

$$C = mc \quad (\theta_2 - \theta_1) \text{ en Joule.}$$

La masa se la expresa en Kg.

El calor másico en Joule por Kg. y grado centígrados
 $J / Kg. ^\circ C$

Las temperaturas θ_1 y θ_2 en grados celcius.

El calor másico c varía con la temperatura sin embargo se puede concluir de manera general que para la mayor parte de los materiales de origen mineral utilizados en la arquitectura tales como:

Piedras
 Ladrillos
 Cementos
 Yesos, etc.

tienen un calor másico del orden de

$$C = 830 \text{ j/ kg. } ^\circ C$$

Los materiales como las maderas tienen un calor másico del orden.

$$C = 2511 \text{ j/ kg. } ^\circ C$$

Esta es una de las razones por las que siempre los pisos de baldosas son más fríos que los de parquet.

El calor másico de los metales varían de

$$C = 418 \text{ a } 827 \text{ j/Kg. } ^\circ C$$

El calor másico del agua es igual a

$$4186 \text{ j/ kg. } ^\circ C$$

En el caso de los gases y entre ellos el aire se tiende a considerar en vez del calor másico, el calor volumínico definido como el calor necesario para elevar un m^3 degaz en 1° .

En el caso de aire

$$C = 1250 \text{ J/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$$

CAMBIOS TERMICOS DEBIDOS AL CAMBIO DE ESTADO DE UN ELEMENTO

———— El caso del agua.

El cambio de estado en vapor o evaporación necesita por cada grado 2.500 Joules.

La velocidad de evaporación depende del grado higrotérmico del aire.

La velocidad del aire.

GRADO HIGROTÉRMICO

A una temperatura dada, el aire **no puede contener**, más que **una cantidad de vapor de agua igual o inferior**, a un máximo llamado peso de vapor saturante, por ejem. a 20° el peso de vapor saturante es 179 por m^3 de aire.

Cuando el peso de vapor de agua es inferior al aire no está saturado.

El grado higrotérmico del aire es igual a la relación entre el peso de vapor de agua contenido en el aire y los pesos de vapor saturante a la misma temperatura.

Ejem: Si a 20° el aire contiene 5 gramos de agua por m^3 de aire y sabiendo que el peso de vapor saturante a 20° es 17 g/m^3 de aire.

El grado higrotérmico será $\frac{5}{17} = 0.30$ es decir el 30%.

La diferencia entra al peso de vapor saturante y los pesos de vapor contenido en el aire en el ejem. anterior $17 - 5 = 12 \text{ g/m}^3$, representa el poder desecante del aire.

La velocidad de evaporación es más elevada en la medida en que el poder desecante es más grande, es decir el aire es más seco.

Ejem. Si a 11° de temperatura se observa que en una zona el aire presenta 7 gramos de agua por m^3 con un grado higrotérmico del 70%.

Si se calienta el aire a 28° grados — fenómenos que pueden producirse en las zonas al borde de los mares, el grado higrotérmico del aire pasa del 70% al 27% conteniendo siempre los 7 gramos de agua por m^3

Para este tipo de mediciones se han elaborado tablas que facilitan los datos. En otras palabras — y observando el gráfico — se puede ver que 11° de temperatura y con 7 gramos de agua por cada m^3 el aire tendrá un vapor saturante de 10 gramos por m^3 y su poder desecante será igual a

$$10 - 7 = 3 \text{ g/m}^3 \text{ de aire.}$$

Si este aire se calienta hasta 22° él puede contener un vapor saturante de 19.5 gramos de agua por m^3 de aire y su poder desecante será

$$19.5 - 7 = 12.5 \text{ g/m}^3 \text{ de aire.}$$

Se puede pues concluir que en general (en las zonas urbanas en particular).

- El grado higrotérmico disminuye si la temperatura aumenta.
- El poder desecante aumenta con la temperatura.