ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mécanica

"ESTUDIO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR EN LAS PAREDES DE EDIFICIOS"

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Inés Loor Orellana

Guayaquil - Ecuador

1987

A G R A D E C I M I E N T O

Al ING. GALO BETANCOURTH
Director de Tesis.

Al ING. MARCO PAZMIÑO B.
por su ayuda y colaboración
para la realización de este
trabajo.

D E D I C A T O R I A

A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI MADRE

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

Inés Rossanna Loor Orellana

Ing. Ricardo Cassis M.
SUBDECANO
PRESIDENTE TRIBUNAL

Ing. Galo Betancourt S.
DIRECTOR TESIS

Ing. Francisco Santelli
MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. Rodolfo Paz
MIEMBRO TRIBUNAL

RESUMEN

El presente trabajo ha sido concebido con el objeto de realizar un estudio para poder determinar la cantidad de transferencia de calor que atravieza por distintos materiales de construcción, materiales que son usados comummente y algunos que tal vez podrian ofrecer una opción a los materiales ya conocidos.

Se han hecho tres tipos de pruebas, dos de ellas para determinar la conductividad (en paneles homogèneos) y una tercera para determinar el coeficiente total de transferencia de calor (en panelés heterogèneos).

En la primera prueba se usó un equipo que utilizó el estado transiente para determinar el coeficiente de conductividad tèrmica, y fue diseñado y construido por la suscrita, las probetas que se probaron fueron:

- Aglomerado
- Bálsamo
- Cedro
- Eternit
- Figueroa
- Guayacán
- Cedro amargo
- Higuerón

- Jigua
- Laurel blanco
- Lechero
- Palo de vaca

Los rangos de temperatura de esta prueba fueron: 100 °C para la parte caliente, y temperatura ambiente para el lado frío.

En la segunda prueba se usó un equipo que utilizó el estado estable de transferencia de calor, y fue construido en una tesis anterior, las probetas que se probaron fueron:

- Balsa
- Laurel
- F. sanchez
- Yeso
- Poliestireno
- Mortero de cemento
- Cemento
- Asbesto-cemento
- Cementina

Los rangos de temperatura en esta prueba fueron de 65 °C en el lado caliente y 24 °C en el lado frío.

En la tercera prueba se usó un equipo que utiliza el estado estable de transferencia de calor, el cual fue construido junto con el mencionado para el segundo grupo

en una tesis anterior, con este equipo se determina el coeficiente total de transferencia de calor en paneles no homogèneos, los mismos que fueron:

- Placa de asbesto cemento sin corrugar con poliuretano expandido y aglomerado de madera
- Placa de asbesto cemento sin corrugar con aglomerado de madera y nuevamente asbesto cemento sin corrugar
- Placa de fibra vegetal-cemento con poliuretano expandido y placa de fibra vegetal cemento
- Mortero de cemento con caña guadua y mortero de cemento
- Bloque de cemento
- Bloque de arcilla
- Bloque de arcilla, relleno de poliuretano

Los rangos de temperatura en esta prueba fueron de màximo 35 ^{o}C en el lado caliente y minimo 14 ^{o}C en el lado frio.

De las observaciones efectuadas durante la presente Tesis, se concluyó que el equipo utilizado puede servir para experimentar nuevos materiales, y la presente Tesis podrá ser usada como guía para la realización de dichas pruebas. Además se demuestra en la presente Tesis, que adicionando un material aislante a una pared común se reduce la ganancia de calor.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

1.- MODOS DE TRANSMISION DE CALOR

1.1.-Principios Generales

1.2.-Conducción

1.3.-Radiación

1.4.-Convección

1.4.1.-Clases de Convección: Forzada y Natural

1.5.-Transmisión del calor por efectos combinados

1.6.-Transmisión del calor en edificios y efectos de la radiación solar sobre estructuras

1.6.1.-Transmisión de calor a través de una estructura

1.6.2.-Ganancias y pérdidas de calor en las edificaciones

2.-MATERIALES Y AISLAMIENTOS USADOS EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS

2.1.-Inventario de materiales de construcción

2.2.-Inventario de materiales de aislamiento para construcción de viviendas

2.3.-Selección de los materiales de uso común

2.4.-Descripción de las propiedades generales de estos materiales

3.-MEDICION DE LA CONDUCTIVIDAD DE MATERIALES

3.1.-Materiales seleccionados

3.2.-Descripción del equipo a usarse

3.2.1.-Diseño y construcción del equipo para medición de bajas conductividades térmicas

3.2.2.-Descripción del equipo para medición de medias conductividades térmicas

3.3.-Pruebas

3.4.-Cálculos

4.-TRANSMISION DE CALOR A TRAVEZ DE PAREDES DE MATERIALES COMUNES

4.1.-Descripción de las paredes

4.2.-Efecto del viento y de la orientación de las paredes

4.3.-Construcción del prototipo

4.4.-Descripción y calibración del equipo a usarse

4.5.-Mediciones

4.6.-Cálculos

5.-ANALISIS DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES

5.1.-Tabulación de resultados experimentales

5.2.-Tablas de valores teóricos

5.3.-Análisis comparativo

6.-ANALISIS ECONOMICO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICES

NOMENCLATURA

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.- Flujo lineal de calor en una plancha de espesor finito l.

Fig. 1.2.- Flujo lineal de calor en una plancha de espesor finito L.

Fig. 1.3.- Transmisión de calor a través de una estructura.

Fig. 1.4.- Flujo de calor para una pared en serie.

Fig. 1.5.- Flujo de calor para una pared en paralelo.

Fig. 1.6.- Posiciones respectivas del Sol y La Tierra.

Fig. 1.7.- Radiación Solar.

Fig. 1.8.- Radiación terrestre.

Fig. 1.9.- Esfera celestial y coordenadas solares.

Fig. 1.10.- Absorción, Reflexión y Emisión de la radiación en el medio ambiente.

Fig. 1.11.- Distribución de velocidad y temperatura para un fluido cerca de una placa plana.

Fig. 1.12.- Principales geometrias con flujo externo.

Fig. 1.13.- Sección transversal de dos canales.

Fig. 1.14.- Proceso de transferencia de calor a través de una pared.

Fig. 1.15.- Proceso de transferencia de calor a través de una pared.

Fig. 1.16.- Ganancias de calor en el día y perdidas de calor en la noche.

Fig. 1.17.- Paso del calor a través de una envoltura bioclimática.

Fig. 1.18.- Paso del calor a través de una cubierta.

Fig. 1.19.- Paso del calor a través de una ventana.

Fig. 1.20.- Efecto invernadero.

Fig. 1.21.- Efecto de la radiación solar sobre una cubierta.

Fig. 3.1.- Conducción de calor a través de una placa de espesor l.

Fig. 3.2.- Colocación de las termocuplas en el equipo medidor de conductividad (estado inestable).

Fig. 3.3.- Dimensiones del equipo y de la placa de prueba.

Fig. 3.4.- Equipo medidor de medias conductividades térmicas (estado estable).

Fig. 3.5.- Hoja de registro para la primera prueba.

Fig. 3.6.- Módelo del gráfico T Vs. log ΔT.

Fig. 3.7.- Hoja de registro para la segunda prueba.

Fig. 4.1.- Partes constitutivas del equipo de medición del coeficiente total de transferencia de calor.

Fig. 4.2.- Ubicación de las termocuplas.

Fig. 4.3.- Hoja de registro para la tercera prueba.

INTRODUCCION

Para concebir edificios energeticamente óptimos, es necesario cumplir en todo lo posible los principios fundamentales de la concepción bioclimática de un edificio, que son orientación, forma, concepción de elementos, dirección del viento, función de los ocupantes y utilización del edificio.

Sin embargo es preciso no olvidar que el cumplimiento de estos principios no basta por si solo, ya que un edificio no podrá cumplir sus fines de conjunto si los materiales empleados para su construcción no son los adecuados. En definitiva, los edificios no sólo deben construirse para ahorrar energía, sino para ofrecer al usuario unas condiciones de vida plenamente humanas.

Desde este punto de vista, los materiales de construcción tienen una importante influencia.

La experiencia de siglos nos enseña que los materiales naturales tradicionales como la manposteria y la madera, en sus diversas aplicaciones, son los mejores materiales, no slo en cuanto a energía se refiere, sino tambien desde los puntos de vista de la economía y de la estética de la construcción y del bienestar.

CAPITULO 1

MODOS DE TRANSMISION DE CALOR

1.1._ PRINCIPIOS GENERALES

La ciencia de la transferencia de calor esta relacionada con la razón de intercambio de calor entre cuerpos calientes y fríos llamados FUENTE y RECIBIDOR

Cuando se vaporiza un kilo de agua o se condensa un kilo de vapor, el cambio de energía en los dos procesos es idéntico. La velocidad a la que cualquiera de estos procesos puede hacerse progresar con una fuente o recibidor independiente es, sin embargo, inherentemente muy diferente. Generalmente, la vaporización es un fenómeno mucho mas rápido que la condensación.

El estudio de la transferencia de calor se facilitara grandemente mediante una cabal comprensión de la naturaleza del calor. Sin embargo esta es una ventaja que no esta facilmente disponible para estudiantes de transferencia de calor o termodinámica, ya que se han descubierto

muchas manifestaciones del calor, lo que ha impedido que una teoría simple las cubra a todas ellas. Las leyes que pueden aplicarse a transiciones de masa pueden ser inaplicables a transiciones moleculares o atómicas, y aquellas que son aplicables a las bajas temperaturas pueden no serlo a las temperaturas altas. Para propósitos de ingeniería es necesario comenzar el estudio con información básica acerca de unos cuantos fenómenos.

Segun la teoría molécular y cinética, el calor es la consecuencia de los movimientos incesantes de las moléculas, las cuales en el seno de la materia, se entrechocan constantemente.

Cuanto mayor es la energía cinética de las moléculas, mayor es también la violencia del choque entre ellas y el calor desprendido. Asi la temperatura de un cuerpo cuyas moléculas se hallaran en un estado total de reposo, sería la del cero absoluto, (- 273,15 ^{o}C o bien 0 ^{o}K). Al aumentar la energía cinética de las moléculas, los choques tienen por efecto separarlas unas de otras; de ahí la dilatación que experimentan los cuerpos al aumentar su temperatura. El calor también tiene por efecto cambiar el estado de los cuerpos y, al aumentar su temperatura, los sólidos se vuelven líquidos (fusión) y los líquidos hierven

(ebullición) y se vaporizan. A partir de su temperatura crítica, un cuerpo solamente puede existir en estado de gas.

Por último, cuando la materia se halla sometida a temperaturas elevadísimas, las cuales existen en el seno de las estrellas - y que también pueden obtenerse artificialmente - se crea un cuarto estado en el que las partículas, en vez de constituir átomos y moléculas, se hallan mezcladas desordenadamente en forma de plasma.

Todas las formas de energía pueden convertirse en calor: la energía mecánica, por choque o rozamiento (calentamiento de una máquina, de los frenos de un coche, del hierro batido); la energía eléctrica, por el paso de una corriente en un conductor (resistencia de calefacción, lámpara eléctrica); la energía química, mediante reacción de un cuerpo con otro (combustión del carbon en un hogar); las radiaciones visibles o invisibles, por absorción (calefacción por los rayos infrarrojos , calentamiento de un vestido negro por los rayos solares); la energía nuclear por fisión o fusión de los átomos (centrales nucleares, bombas atómicas).

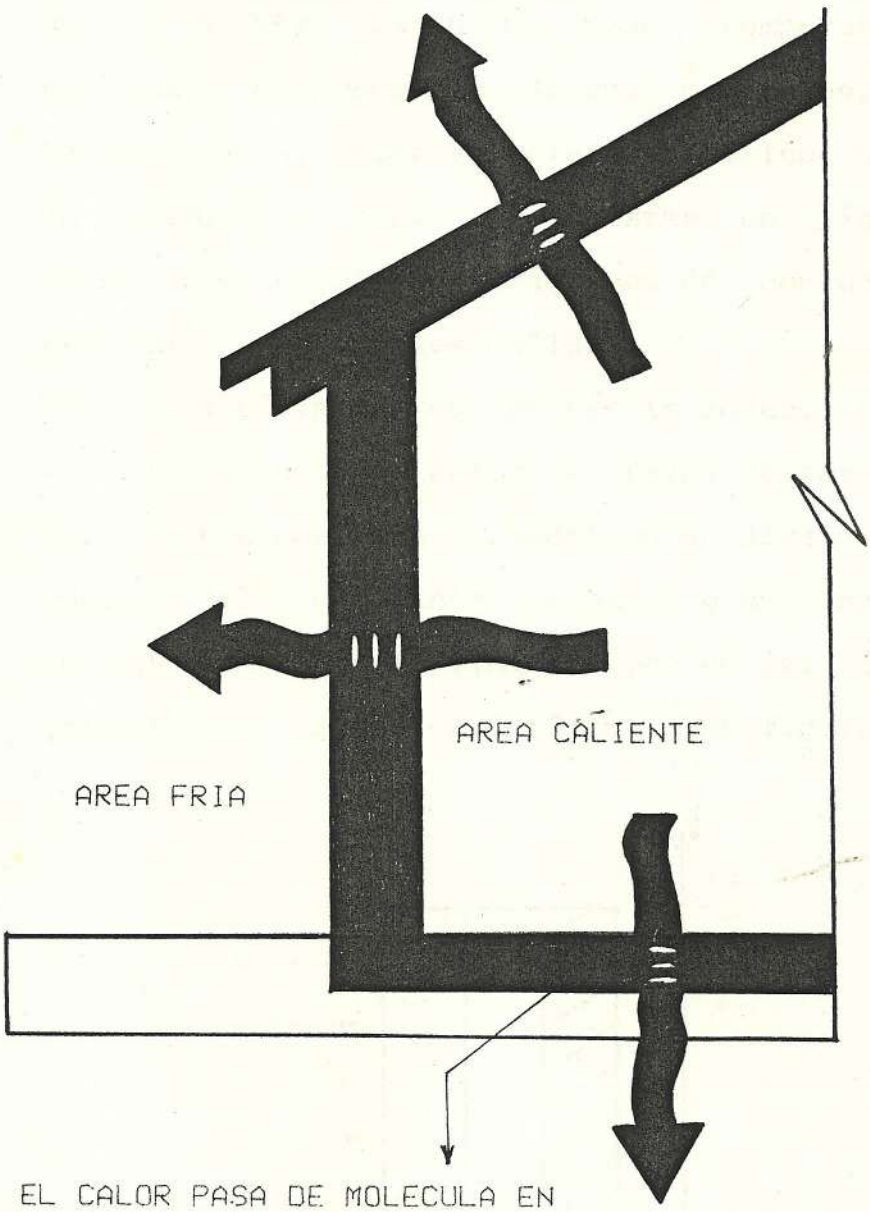
A veces la energía adopta sucesivamente varias formas antes de convertirse en calor, que es una forma degradada de la energía.

Los cambios de calor entre los cuerpos explican esa

degradación: el cuerpo mas caliente cede calor al otro hasta que la temperatura de ambos se equilibre. Así, pasando de un cuerpo a otro mas frío, la energía calorífera se disipa y acaba por ser inutilizable. Los cambios de calor entre los cuerpos pueden efectuarse por CONDUCCION, CONVECCION, y RADIACION.

El calor se mide con calorímetros y la temperatura con termómetros. Las unidades empleadas corrientemente son la caloría, la kilocaloría y la termia.

CONDUCCION



EL CALOR PASA DE MOLECULA EN

MOLECULA A TRAVES DE UN ELEMENTO SOLIDO

1.2.- CONDUCCION

CONDUCCION TERMICA

Es la transferencia de calor de una parte de un cuerpo a otra parte de menor temperatura con movimiento despreciable de sus moléculas, siendo transmitido el calor de molécula a molécula. Aunque la conducción puede presentarse en líquidos y gases, los problemas prácticos de conducción se realizan en materiales sólidos.

Para esta tesís es de interés la determinación de la transferencia de calor a través de paredes, la cual es tratada para propósitos de diseño como un ejemplo del flujo lineal de calor q en una plancha de espesor finito l limitado por un par de planos paralelos de extensión infinita. Ver figura (1-1).

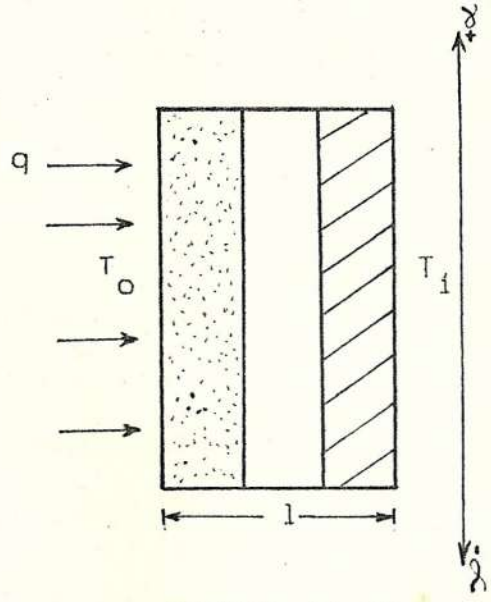


FIGURA (1-1)

Flujo lineal de calor en una plancha de espesor finito l.

Cada una de las capas de material de diferentes propiedades térmicas que componen la pared son asumidas como sólidos homogéneos isotrópicos, y los cambios de temperatura (To a T1) en exposición natural lo suficientemente pequeños para que la dependencia de temperatura en la conductividad sea despreciable.

La elección del material para propósitos de aislar el calor, es determinado esencialmente aunque no exclusivamente, por su habilidad para restringir el flujo de calor. Esta habilidad es medida por el valor k o CONDUCTIVIDAD TERMICA del material, una propiedad específica, definida como sigue:

La CONDUCTIVIDAD TERMICA de una sustancia uniforme es la cantidad de calor conducida a través de una plancha de extensión infinita y de espesor unitario cuando un gradiente de temperatura unitario es establecido entre sus caras.

La conductividad es una medida inversa de la resistencia al flujo de calor de la misma manera como la conductividad eléctrica es inversamente proporcional a la resistividad eléctrica.

Para un area conductora A y linea de flujo de longitud L, esta resistencia térmica interna es:

$$R = (1/k)(L/A) \qquad (1\text{-}1)$$

Y el recíproco de R es llamado correctamente como

la conductancia térmica interna.

$$k = K(A/L) \qquad (1\text{-}2)$$

Siendo K una constante. (Ver figura 1-2).

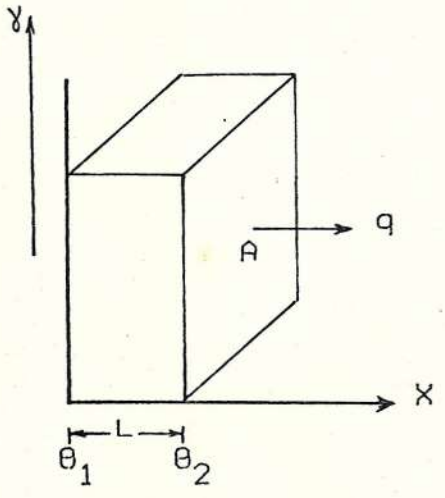


FIGURA (1-2)
Flujo de calor en una placa de espesor L.

Experimentalmente se revela que los valores numericos de la conductividad térmica varian en un gran rango, dependiendo de la composición química, la estructura física, y el estado de la sustancia en cuestión, sin embargo para propósitos de diseño consideraremos que k no depende de la temperatura.

La ecuación para la conducción de calor en cada capa de la pared es dada por la ecuación de Fourier:

$$\alpha(\partial^2\theta/\partial X^2 + \partial^2\theta/\partial Y^2 + \partial^2\theta/\partial Z^2) = \partial\theta/\partial t \qquad (1\text{-}3)$$

Donde:

θ=temperatura;

t=tiempo; y,

x,y,z =coordenadas espaciales ortogonales.

α es la difusividad térmica del material, que tiene un significado en flujo inestable, equivalente al de conductividad térmica en flujo estable.

Resumiendo, diremos que conductividad es un coeficiente de flujo de calor mientras que difusividad es un coeficiente de flujo de temperatura, una propiedad que ha sido llamada "CONDUCTIVIDAD TERMOMETRICA".

Especificaciones para pruebas estandar son utilizadas en muchos paises para determinar la conductividad térmica de materiales aislantes, y en todos los casos estas especificaciones estan basadas en el método de estado estable de medición.

FLUJO DE CALOR EN ESTADO ESTABLE

En flujo estable, la temperatura es una función de la posición solamente y la ecuación de la conducción de calor será dada por la Ecuación de Laplace.:

$$\partial^2\theta/\partial X^2 + \partial^2\theta/\partial Y^2 + \partial^2\theta/\partial Z^2 = 0 \qquad (1\text{-}4)$$

Donde:

θ = Temperatura; y,

X, Y, Z = coordenadas espaciales ortogonales.

Se asume que la pared es una placa finita, muy extensa, lo que implica que el flujo de calor en todas las posiciones es unidireccional.

Asumiendo que el flujo en la placa esta entrando a lo largo del eje x, normal a la supèrficie, la ecuación (1-4) se reduce a:

$$\partial^2\theta/\partial X^2 = 0 \qquad (1\text{-}5)$$

Puedo decir entonces que:

$$q = k(A/L)(\theta_1-\theta_2)$$

Donde q es el flujo de calor en algun punto en una placa homogénea, de espesor L, de un material isotrópico de conductividad térmica k, y θ1, θ2 son las temperaturas de las superficies caliente y fría de la placa y A es la superficie normal al flujo de calor.

En cálculos prácticos de transmisión de calor a través de estructuras (figura 1-3), usualmente las únicas temperaturas conocidas son aquellas del aire interior y exterior del edificio, denotadas por θi, y θo respectivamente, estas temperaturas son introducidas por medio de las resistencias térmicas de superficie, lo que dará para flujo de calor estable:

$$q = (\theta_i - \theta_{si}) / R_{si} = (\theta_{si} - \theta_{so}) / \Sigma (L/k) = (\theta_{so} - \theta_o) / R_{so}$$

o

$$q = (\theta_i - \theta_o) / (R_{si} + \Sigma (L/k) + R_{so}) \qquad (1\text{-}6)$$

Donde Rsi y Rso son las resistencias respectivamente de las superficies interior y exterior, y Σ L/k denota la resistencia de superficie a superficie, de la estructura. Por definición el recíproco de la suma de las resistencias térmicas de aire a aire, es la transmitancia térmica, o valor U de la estructura:

$$U = 1 / (R_{si} + \Sigma (L/k) + R_{so}) \qquad (1\text{-}7)$$

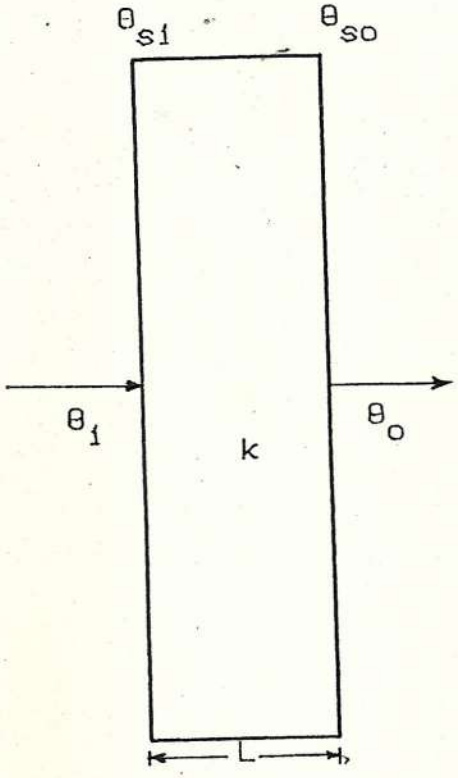


FIGURA (1-3)

Flujo de calor a través de una estructura.

FLUJO DE CALOR EN ESTADO ESTABLE Y UNIDIMENSIONAL A TRAVEZ DE UNA PARED COMPUESTA.

Las estructuras compuestas hechas de dos o mas capas de diferentes materiales son de interés práctico considerable y son clasificados como estructuras compuestas en serie (a) o como estructuras compuestas en paralelo (b).

a.- Paredes compuestas en serie

Consideremos una pared simple en serie hecha de dos materiales homogéneos cuyas conductividades térmicas son k1 y k2, como en la figura (1-4).

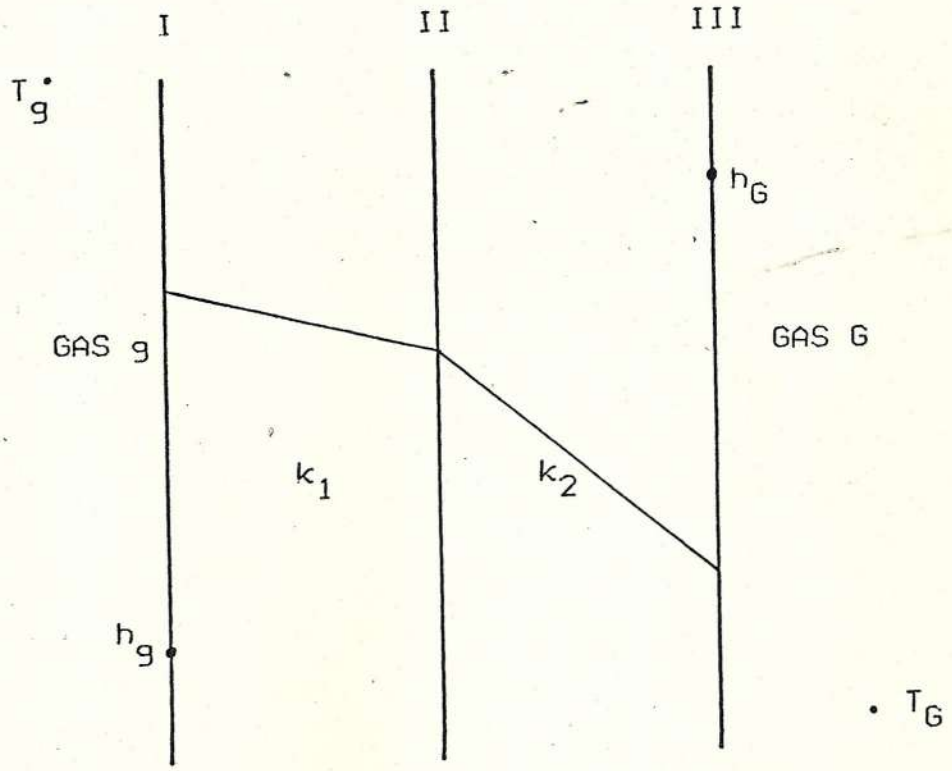


FIGURA (1-4)

Flujo de calor para una pared en serie.

Hay un continuo intercambio de calor entre el gas g que actua como fuente de calor a una temperatura media Tg y el gas que actua como sumidero de calor G para una temperatura media TG, y si el estado estable es asumido, luego esta energía de calor q puede ser conservada a través de cada capa de la misma área de conductancia normal Å. Esto es expresado analíticamente por (1-5) para la conducción de calor interno, y si agregamos además el intercambio de calor superficial, obtengo:

$$q = h_g A(T_g - T_1) = k_1(A/l_1)(T_I - T_{II})$$

$$= k_2(A/l_2)(T_{II} - T_{III}) = h_G A (T_{III} - T_G) \qquad (1\text{-}8)$$

Por resolución de estas cuatro ecuaciones como función de los términos de diferencia de temperaturas y reinterpretando en término de las resistencias interna y superficial, tenemos:

$$q = A (T_g - T_G) / (R_g + R_1 + R_2 + R_G) \qquad (1\text{-}9)$$

Luego, en una estructura en serie las resistencias deben ser sumadas. Para propósitos de computación las resistencias pueden ser basadas en un metro cuadrado de área conductora recordando que q es el número de watt por metro cuadrado de área superficial.

Es generalmente mas conveniente, reemplazar (1-9) con:

$$q = U\,A\,(T_g - T_G) \qquad (1\text{-}10)$$

En la cual la transmitancia térmica U esta evidentemente dada por:

$$U = 1/(1/h_g + l_1/k_1 + l_2/k_2 + 1/h_G) \qquad (1\text{-}11)$$

El denominador de la ecuación (1-11) representa la suma de las resistividades térmicas.

Si se requiere determinar la temperatura de alguna superficie en la pared compuesta, ecuaciones sucesivas pueden ser escritas para la caída de temperatura a través de cada capa arriba e incluyendo la superficie en cuestión.

b.-Paredes compuestas en paralelo

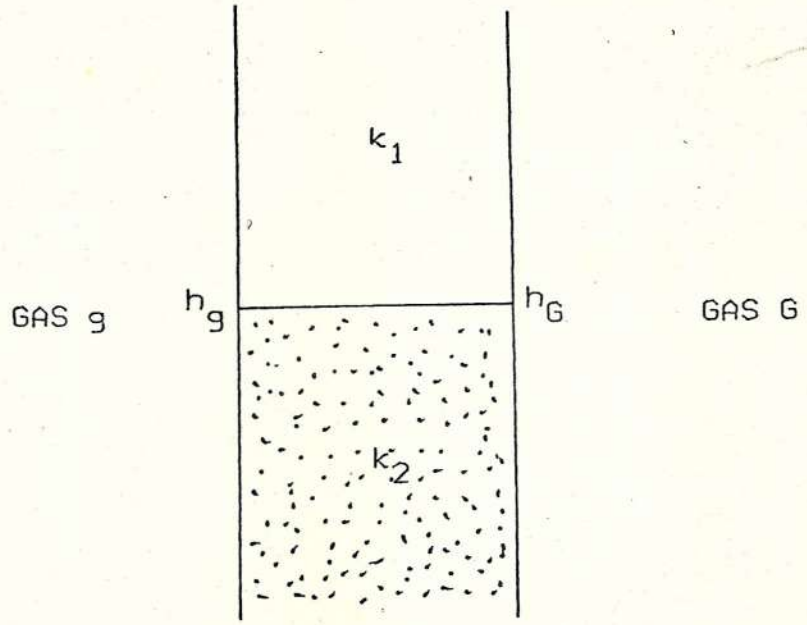


FIGURA (1-5)

Flujo de calor para una pared en paralelo.

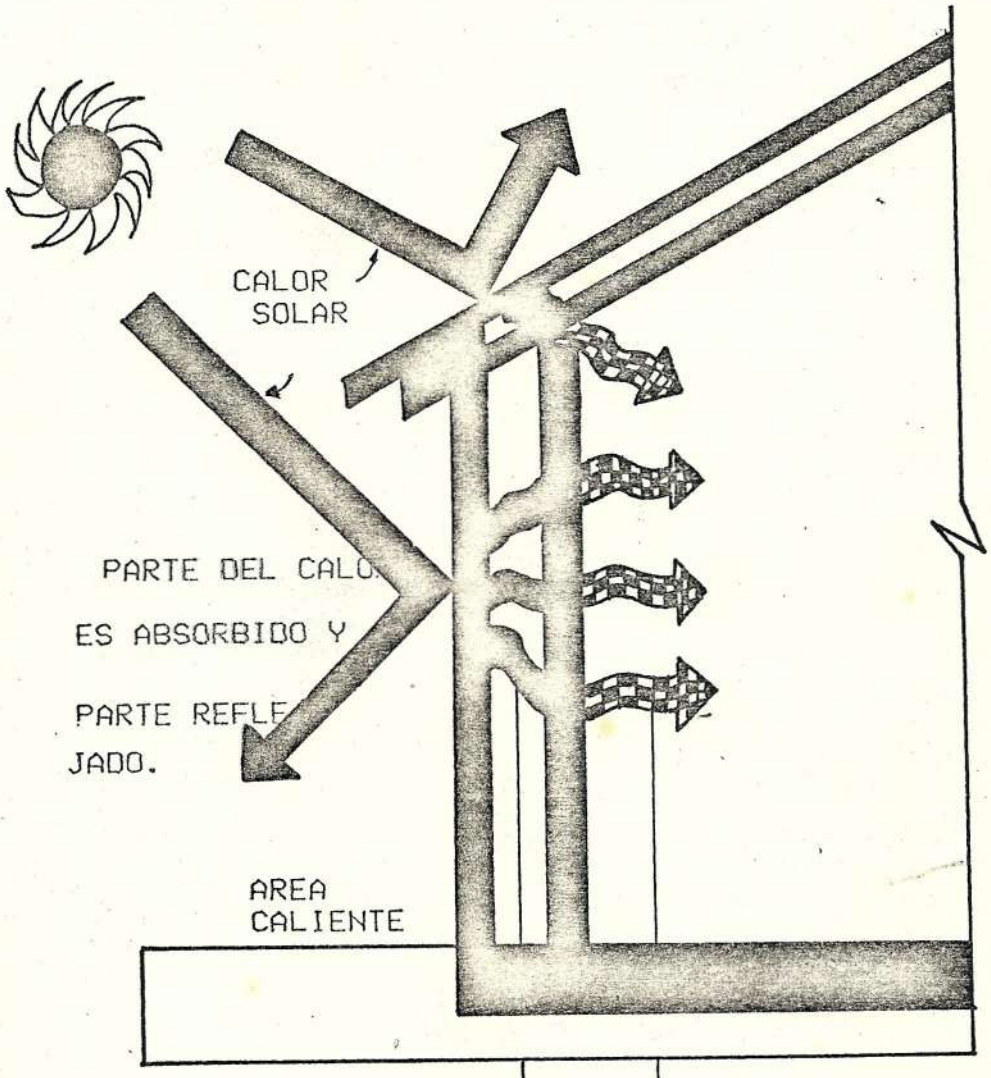
En el caso de líneas de flujo paralelas la conductancia total interna será dada como la suma de todas las conductancias internas:

$$k_{if} = k_{i1} + k_{i2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Y de esta manera la conductancia total para el sistema será :

$$U = 1/\ (1/h_g A + 1/k_{if} + 1/h_G A) \qquad (1\text{-}12)$$

RADIACION



Radiación de calor exterior a través de un espacio hacia la pared interior.

Calor radiado por la pared hacia el interior.

1.3.- RADIACION

La palabra radiación implica todos los procesos los cuales transmiten energía por medio de ondas electromagnéticas.

Toda substancia emite continuamente radiación electromagnética en virtud de la agitación molécular y atómica asociada con la energía interna del material, la que esta en relación directa con la temperatura del mismo, en el estado de equilibrio.

La transferencia de calor radiante difiere del flujo de calor por convección en que el medio a través del cual toma lugar no necesita ser calentado.

El mecanismo de transferencia de energía de calor radiante es complicado, pero una comprensión general puede ser hecha considerando la transferencia de calor desde el Sol hacia la Tierra.

La Tierra recibe energía radiante del Sol y esta radiación pasará a través del frío espacio vacio.

La energía térmica del Sol es primeramente convertida en un movimiento de ondas electromagnéticas llamado radiación el cual es llevado desde el Sol a la Tierra en aproximadamente

8 minutos y ahí absorbida aumentando la temperatura del medio de absorción. Luego, el mecanismo de transferencia de energía por radiación es compuesto por tres distintos componentes:

- Primero, la conversión de la energía térmica de la fuente de calor en energía de ondas de movimiento electromagnético;
- Segundo, el pasaje del movimiento de onda a través del espacio que interviene; y
- Tercero, la reconversión de la energía del movimiento de onda en energía térmica por absorción del cuerpo frío.

La energía radiante emitida esta en el rango, desde ondas de radio, la cual tiene longitudes de onda de millas, hasta rayos cósmicos con longitudes de onda menores que 10^{-10} cm. Para transferencia de calor sólo la radiación que es detectada como calor o luz será considerada.

La radiación térmica motivo de nuestro estudio tendrá longitudes de onda intermedia entre 0.1 y 100 μ, y su naturaleza podrá ser explicada por la teoría electromagnética o por la teoría cuántica.

En el rango de longitud de la radiación térmica nuestros sentidos son incapaces de detectar esta radiación y lo hacen solo en el rango de la luz visible desde 0.38 a 0.76 μ y cuando la temperatura es elevada.

Uno de los factores que establece la importancia de la radiación termal en algunas aplicaciones es la manera en la cual la emisión radiante depende de la temperatura.

La transferencia de energía para conducción y convección entre dos localizaciones depende de la diferencia de temperaturas de las localizaciones aproximadamente a la primera potencia; La transferencia de energía por radiación térmica depende de las diferencias de temperaturas absolutas e individuales de los cuerpos, cada una elevada a una potencia en el rango de la cuarta o quinta. Las leyes de radiación gobiernan la distribución de temperatura dentro del Sol y la emisión radiante desde el Sol o para una fuente duplicadora del sol en un simulador solar. Un rango distintivo de la transferencia radiativa es que no es necesario un medio presente entre dos localizaciones para que el intercambio radiante ocurra. La energía radiante pasa perfectamente a través de un vacio.

-RADIACION SOLAR, CELESTE Y TERRESTRE.-

El Sol es la estrella mas cercana a la Tierra, es una esfera incandescente y está formada por una enorme masa de gas. Aunque situado a 150 millones de kms. y datando de unos cinco billones de años, el Sol es el que nos provee directa o indirectamente de energía que es producida en el centro del Sol por reacciones termonucleares. De un continuo caudal de calor se desprende las transformaciones por fusión del hidrógeno en helio. De estas reacciones, que le hacen perder al Sol cinco millones de toneladas de su materia por segundo, resultan unas temperaturas muy elevadas, que van desde varios millones de grados en el centro hasta 5500 ^{o}C en la superficie.

Una energia de 6600 watt/cm^{2} es irradiada por el Sol en forma de ondas electromagnéticas (fenómeno ondulatorio) que alcanzan los límites de la atmósfera terrestre, con una potencia de 0,14 watt/cm^{2} valor que se llama constante solar.

Esta radiación se descompone en una parte visible (longitudes de onda media) (44%) y una parte invisible de los infrarrojos

(longitudes de onda larga) (53%), y por último los ultravioletas (longitudes de onda corta) (3 % de la energía).

Si la cantidad de energía emitida por el sol es constante, la que llega al suelo es variable, en función de diversos parámetros.

La Tierra da vueltas alrededor del Sol describiendo una trayectoria elíptica. La distancia Sol-Tierra varía en el tiempo entre un máximo situado en el solsticio de verano y un mínimo, en el solsticio de invierno.

La Tierra se encuentra mas o menos en el 1.7% con relación a una distancia media a los periodos de equinoccio.

La dirección del eje de los polos, que permanece constante a lo largo de todo el año, corresponde a una inclinacion de 23 grados más o menos, con respecto a la vertical en el plano de la trayectoria elíptica de la Tierra, y es la que determina las variaciones estacionarias, aparte de este movimiento alrededor de su eje polar, la rotación determina las variaciones cotidianas del Sol que origina las reparticiones día-noche, por mitad de esfera terrestre. Ver figura 1-6.

POSICIONES RESPECTIVAS DEL SOL Y LA TIERRA

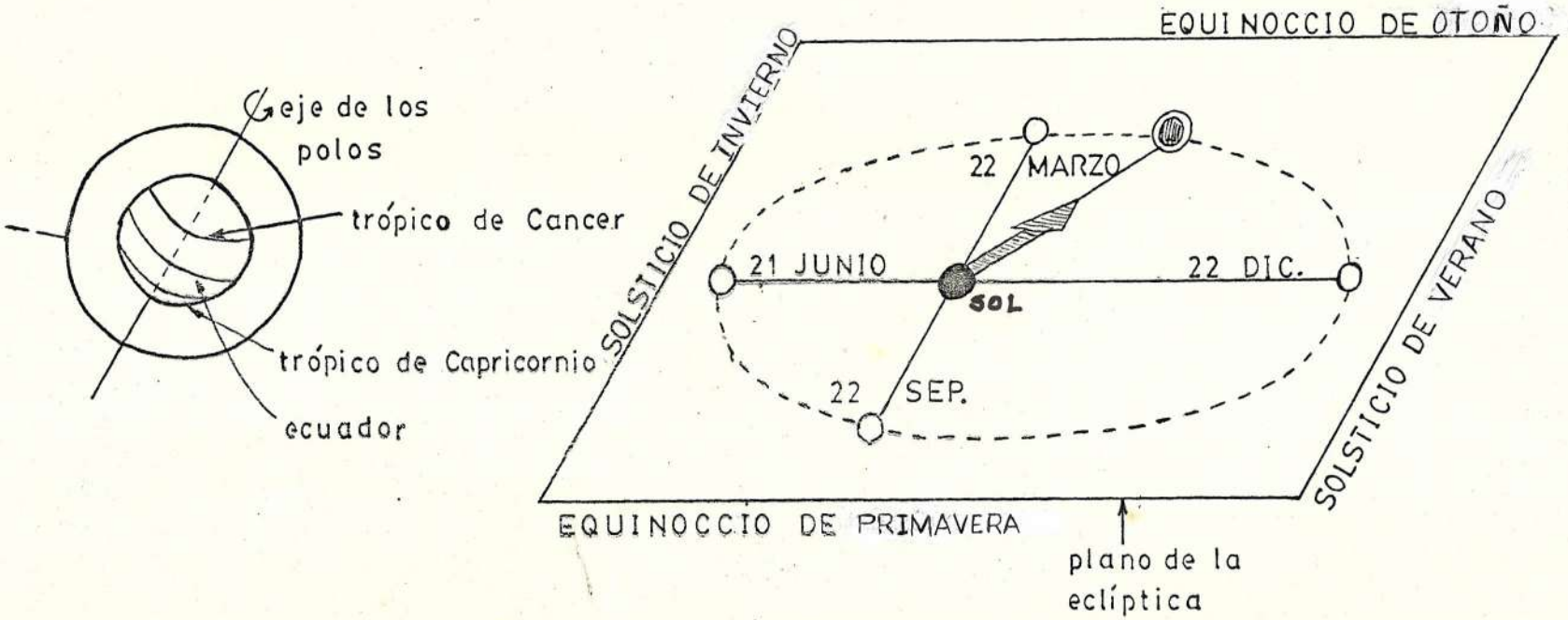


FIGURA (1-6)

Antes de llegar a la Tierra la radiación solar tiene que atravezar una masa gaseosa, que representa aproximadamente 80 kms de atmósfera. Este recorrido se traducirá en la disminución sensible del flujo energético por unidad de superficie, debido a fenómenos de difusión, difracción, absorción, refracción, etc., de los gases de densidad creciente al aproximarse al suelo.

El contraste de la radiación solar en una gama de longitudes de onda que van desde 0.00001 a 0.5 mm pasando de lo visible a lo invisible, y mas o menos caloríficas, explica la diversidad de las reacciones y de las resultantes al tomar contacto con las distintas capas de la atmósfera.

-La difusión se produce en longitudes de onda superiores a las dimensiones de las moléculas gaseosas que chocan con la radiación. Este fenómeno es el que da al cielo su apariencia azul.

-La absorción se produce de forma selectiva en función de los gases que atravieza y de las longitudes de onda de la radiación. Esta, así absorbida, es transformada

definitivamente y utilizada para calentar la atmósfera; al contrario de la difusión, que no hace mas que volver a distribuir en todas direcciones la radiación interceptada.

-La reflexión de una parte de la radiación depende de las partículas que estan en suspensión en la atmósfera: granos de arena, residuos de meteoritos, etc.

La importancia y el efecto de estos fenómenos depende del espesor de la atmósfera penetrado por la radiación (variaciones cotidianas: Sol en el cenít o Sol en el poniente); y de la calidad de la atmósfera (variaciones locales y estacionarias: nubes, vapor de agua, etc.).

Por todo lo anteriormente dicho, la energía recibida en la superficie del suelo, es la resultante de varios tipos de radiaciones: Radiación Directa (que no ha sufrido modificaciones en su travesia por la atmósfera), Radiación Difusa (que en su trayectoria ha sido obstaculizada), y radiación reflejada por las nubes. Debemos anotar que, las temperaturas variables en

diversas partes del globo y sensibles a los ciclos cotidianos y estacionarios, provienen no solamente de esta energía recibida sino tambien de los intercambios térmicos con el suelo terrestre.

El conjunto constituido por la Tierra y la atmósfera que la engloba, esta sometido permanentemente al flujo energético procedente del Sol. Es conveniente observar como funciona este flujo y como se establecen los equilibrios térmicos, ya que en definitiva en la escala de un año, el balance energético de la Tierra es nulo: La energía total devuelta al espacio por el sistema Tierra-atmósfera, es igual a la energía suministrada por el sol. Así pues, en termino medio, ni la Tierra ni la atmósfera se calientan, pero los intercambios nunca son instantanéos y estan sometidos a desfasajes variables. Hay que distinguir, pues, entre la radiación solar (aportación) y la radiación Terrestre (restitución).

Ver fig. 1-7 y 1-8 .

RADIACION SOLAR

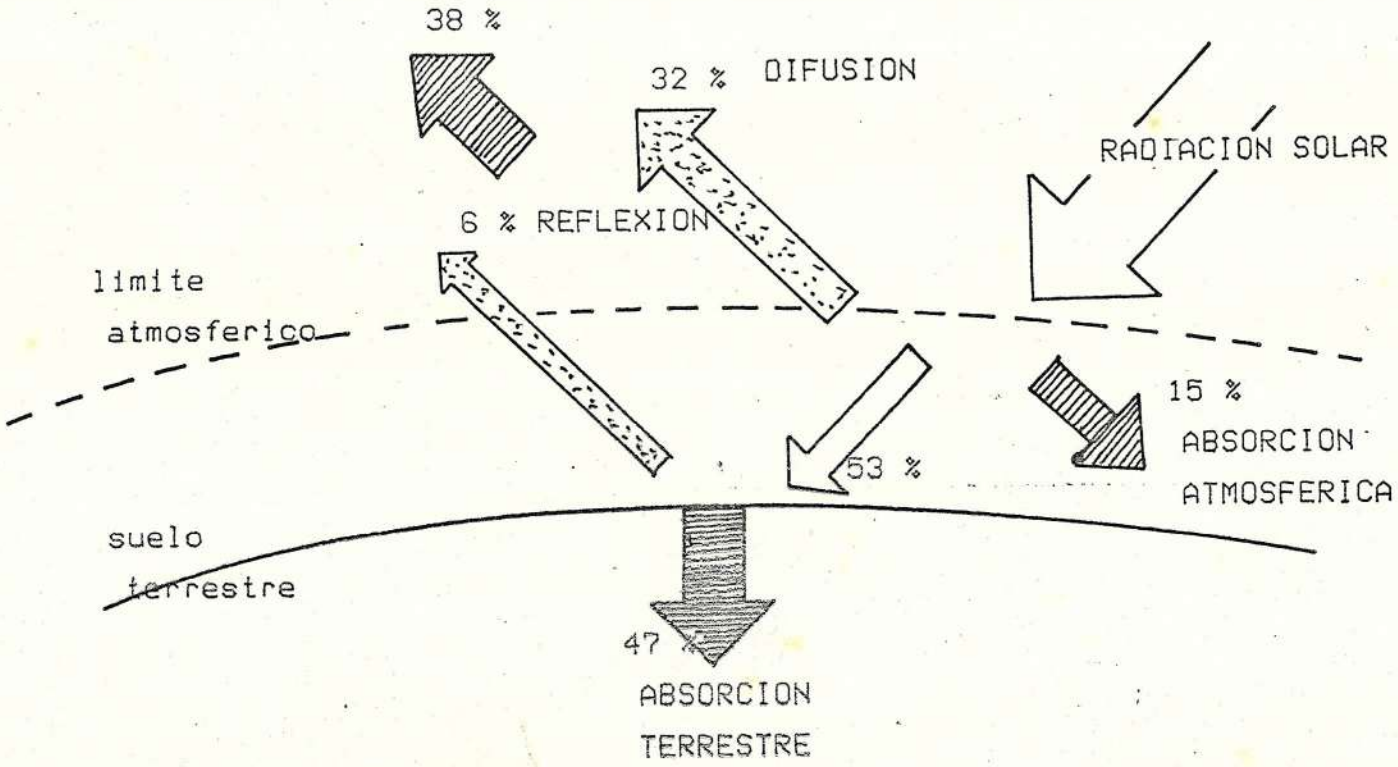


FIGURA (1-7)

RADIACION TERRESTRE

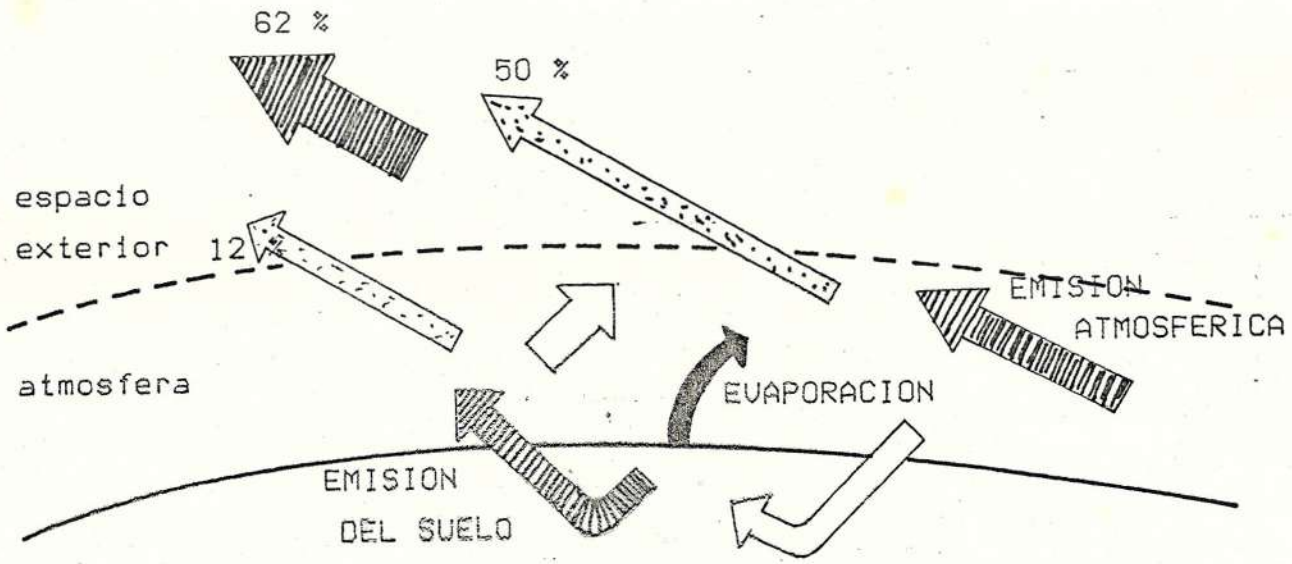


FIGURA (1-8)

El flujo de energía o potencia de la radiación solar se conoce con el nombre de constante solar, que esta representada por la cantidad de energía recibida por unidad de superficie, colocada perpendicular a los rayos solares en el límite exterior de la atmósfera terrestre, cuyo valor se estima en 1400 watt-hora/m^2 . Del total de esta radiación, el 32% es devuelto al espacio por difusión y el 15% es absorbido por la atmósfera. Del 53% que llega al suelo, una pequeña parte, el 6% es devuelto y el resto, el 47% es absorbido por la superficie del suelo. Globalmente las 3/5 partes de la radiación son absorbidas por la Tierra y la Atmósfera y el resto es devuelta al espacio. El 62% del flujo inicial, de la constante solar sera restituido al espacio, principalmente a través de la atmósfera.

La atmósfera y los fenómenos de evaporación absorben la emisión del suelo antes de irradiarla al mismo tiempo hacia el espacio y hacia el suelo otra vez.

El balance final, nulo en un año, se establece en realidad en terminos de sumas puntuales, ya que todos estos fenómenos de intercambios son sensibles a las condiciones

locales: diferencias entre los casquetes polares y el ecuador, condiciones climáticas (nubes, bruma, polución), estado, naturaleza, color y temperatura del suelo terrestre. En parte estas desigualdades de las transmisiones son las que determinan los fenomenos meteorológicos y los climas. La constante solar es aproximadamente 442 B.T.U./hr-ft^2, sin embargo, la rapidez con que la radiación solar alcanza la Tierra es sustancialmente menor de 442 B.T.U./hr-ft^2 debido a que parte de la radiación es absorbida y dispersada al pasar a través de la capa que envuelve la Tierra. La cantidad de radiación solar recibida por una superfie sobre la Tierra, depende de la posición geográfica, hora del día, epoca del año, estado del tiempo e inclinación de la superficie.

La reducción de la radiación solar por la atmósfera de la Tierra, depende de la longitud de la trayectoria que a su vez depende de la posición del Sol.

La energía radiante incidente sobre una superficie en la Tierra, colocada normalmente a los rayos del Sol Gn, puede estimarse de la ecuación:

$$G_n = G_o \tau_a^{\,m} \qquad (1\text{-}13)$$

Go = constante solar

m = masa del aire relativa, definida como la razón de la longitud de la trayectoria real a la trayectoria mas corta posible;

τ_a = coeficiente de transmisión por unidad de masa de aire.

El valor de τ_a es ligeramente menor en el verano que en el invierno, debido a que la atmósfera contiene mas vapor de agua durante el verano, tambien varía con la condición del cielo desde 0.81 para un día claro a 0.62 para un día nublado. Un valor de 0.7 se considera generalmente aceptable para muchos propósitos.

El valor de m depende de la posición del sol dada por la distancia cenital Z, que es el ángulo entre el cenít y la dirección del Sol.

La cantidad de energía como dijimos anteriormente depende del ángulo de incidencia, en consecuencia la máxima cantidad de energía se obtendrá cuando el Sol este directamente sobre la Tierra por dos razones:

1) Un área visible mas grande es presentada al flujo de energía solar y,

2) Los rayos solares viajan a una distancia mas corta a través de la atmósfera, por lo tanto menos absorción existirá.

Suponiendo que el espesor de la atmósfera es despreciable comparado con el radio de la Tierra, la masa de aire relativa es igual a la secante de Z:

m = secante Z

Esta relación es suficientemente aproximada para z entre 0 y 80 grados, y para valores mayores de este ángulo la radiación solar es casi despreciable.

Si la superficie receptora no esta normal a la dirección del Sol, la radiación incidente por unidad de área Gi estará reducida por el coseno de i, al ángulo entre la dirección del Sol y la normal a la superficie, o sea:

$$G_i = G_n \cos i \qquad (1-14)$$

Si la superficie receptora esta horizontal, como en un evaporador solar, entonces:

cos i = cos Z

La determinación del ángulo entre la dirección del Sol y la normal a la superficie (i), requiere un conocimiento de la posición del Sol en el cielo, relativa a un observador en la superficie. La posición del Sol depende por lo menos de dos movimientos simultáneos, debido a que la Tierra gira en el plano elíptico una vez cada 365,25 días alrededor del eje elíptico del Sol y gira al mismo tiempo como un giróscopo alrededor de su eje celeste que esta inclinado 23,5 grados con respecto al eje elíptico, con una rapidez de $(\pi/12)$ radianes/hr.

Cuando el Sol se ve desde la Tierra, el ángulo cenital varia con la latitud del lugar, la hora del día y la declinación solar.

La latitud de un lugar, ϕ , puede obtenerse en un atlas o en un modelo del globo terrestre.

La hora del día esta expresada en términos del ángulo horario, h, que indica la aparente rotación de la esfera celeste alrededor del eje de la Tierra. En otras palabras, es el ángulo a través del cual la Tierra debe girar para colocar el meridiano

de un lugar directamente bajo el Sol. El ángulo horario se mide en grados hacia el oeste desde el mediodia local, es decir desde el meridiano austral. Ver fig. 1-9.

Como un resultado de la rotación de la Tierra, h varia desde cero al mediodia local a un máximo a la puesta del Sol o al amanecer.

El valor máximo de h depende de la latitud y de la declinación solar, que es la distancia entre la posición del Sol y la línea ecuatorial, esta declinación solar puede obtenerse de la relación:

$$\text{Cos } Z = \text{Sen } \phi \text{ Sen } \delta_s + \text{Cos } \phi \text{ Cos } \delta_s \text{ Cos } h \qquad (1\text{-}15)$$

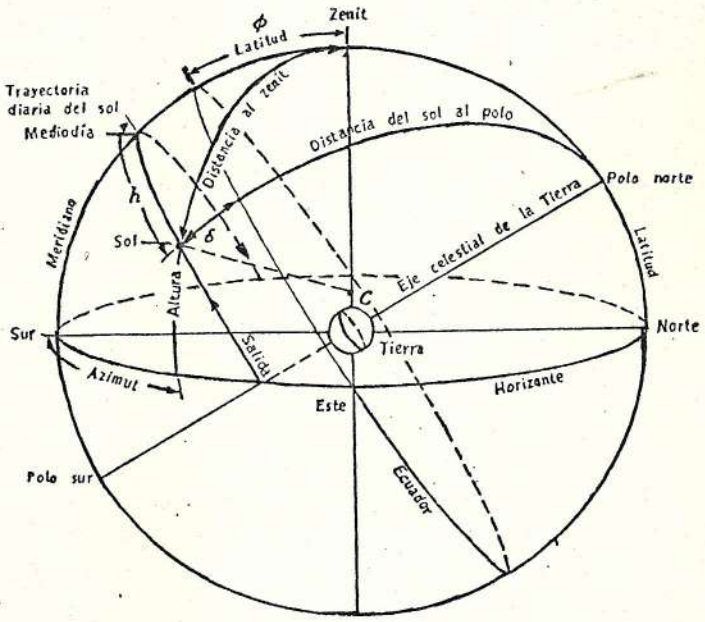


FIGURA (1-9)

Esfera celestial y coordenadas solares

La declinación solar (δ_s), puede obtenerse directamente para cualquier día del año en unas tablas astronómicas.

La radiación incidente en la corteza terrestre, no la calienta de un modo uniforme, y asimismo cuando se producen pérdidas de calor de esta, no se enfria uniformemente. Esto se explica ya que la naturaleza de sus componentes son diferentes (tierra, agua, vegetación, etc.) y así como diferentes son sus características, diferente será el comportamiento al exponerse a la radiación solar, y por ende a los fenómenos de absorción, reflexión y emisión.

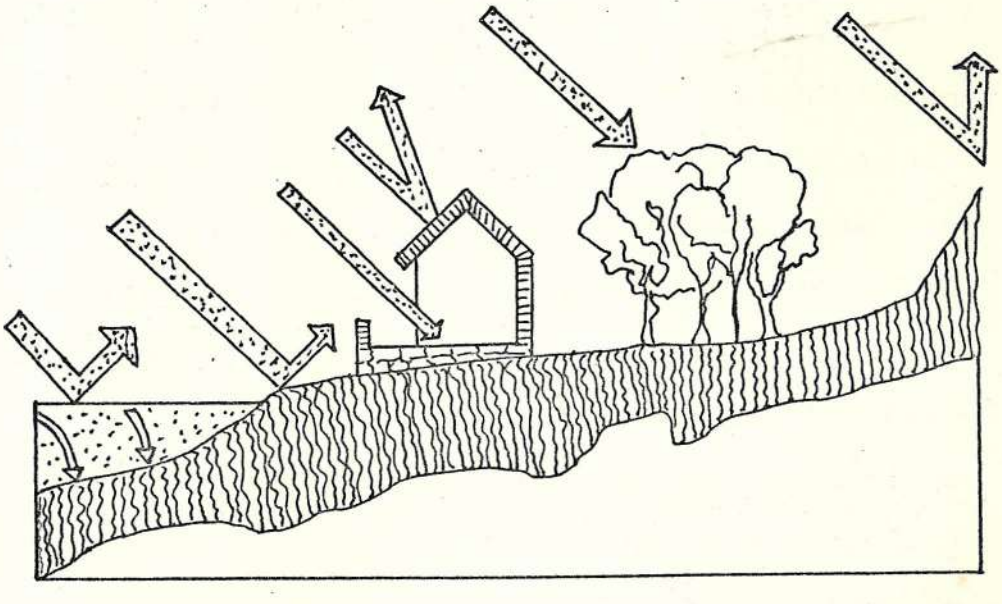


FIGURA (1-10)

Absorción, Reflexión y Emisión de la radiación en el medio ambiente.

Estos fenómenos y su amplitud son variables de acuerdo a las características físicas del material, en definitiva, la radiación solar puede ser: absorbida, reflejada o emitida, siendo el flujo incidente igual a la suma de los flujos absorbidos, reflejados y emitidos. Ver fig. 1-10.

ABSORCION.- Este proceso depende de la facultad de un cuerpo y su material, para absorber una parte o la totalidad de la radiación solar.

Se caracteriza por una relación entre el flujo absorbido y el flujo recibido, relación que por lo general es inferior a uno (1), cifra ideal que solo llega en casos excepcionales, como el del cuerpo negro perfecto.

REFLEXION.- Es un proceso que permite a un material reflejar una parte de la radiación, en la misma longitud de onda que la radiación incidente. Esta reflexión se caracteriza por un factor, siempre inferior a uno (1), es cero en un cuerpo negro perfecto y es la relación entre el flujo reflejado y el flujo incidente. Esta relación es complementaria del factor de

absorción y la suma de ambos valores es igual a uno (1).

EMISION.- Todo material al igual que el del Sol, es capaz de emitir una radiación partícular, teniendo en cuenta su naturaleza y temperaturas propias, esta emisión se caracteriza por un factor que relaciona la emisión de un cuerpo negro perfecto con la del cuerpo en cuestión. Este factor es siempre inferior a uno (1).

Así pues cada material puede determinarse con precisión en función de estos tres tipos de comportamientos. Según la situación y el papel que se atribuye a los elementos constitutivos de una vivienda, conviene elegir bien el material que responda adecuadamente al medio ambiente.

Cuando un material recibe una radiación teniendo en cuenta su capacidad de absorción, almacena cierta cantidad de calor, entonces tiene lugar:

- Una elevación de temperatura: no es uniforme en todo el volumen del material, sino que se propaga a través del cuerpo como una onda (conducción), a una velocidad que

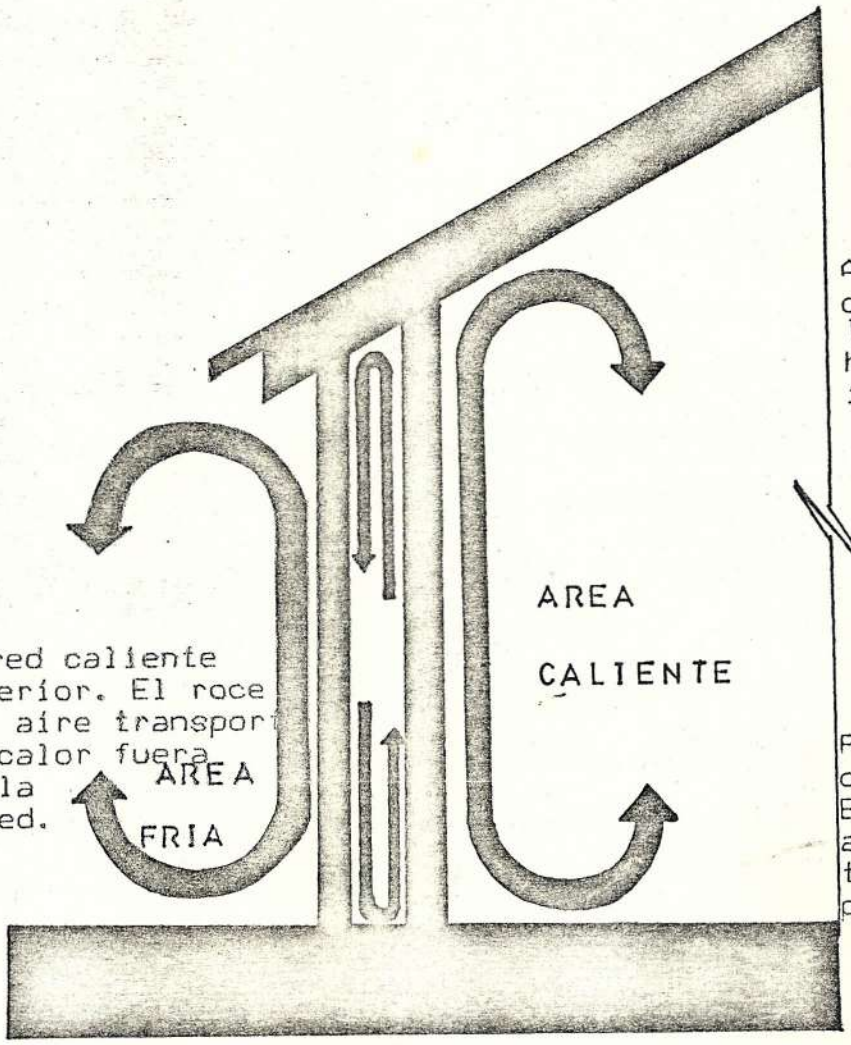
depende de las características físicas del material.

- Una acumulación de calor, que se produce en la masa del material y es específica de este, la magnitud que caracteriza esta retención del calor, es la capacidad calorífica, que indica una cantidad de calorías detenidas por unidad de volumen para una elevación de la temperatura de un grado centigrado. Hay que evitar, pues confundir la temperatura de un cuerpo con su capacidad para restituir calorías, por que la reserva calorífica que constituyen ciertos materiales es fundamental para la concepción bio-climática.

Si un material absorbe cierta cantidad de calorías, para que su temperatura se eleve un grado centígrado, cuando esta baja un grado, se restituye la misma cantidad absorbida. Por esto cuando se busque un material de almacenamiento térmico, se elegirá uno, cuya elevación de temperatura corresponda a la transmisión mas importante de calorías, y cuya naturaleza le permita cumplir el papel deseado (estructura, relleno, pared, techo, etc.). Como quiera que sea, el problema del volumen es

primordial en la vivienda (donde colocar el almacenamiento), la capacidad térmica (en volumen) del material es la que determinará la elección. (A igual volumen se elegirá el que tenga mayor capacidad). Al no calentarse, a la misma velocidad y al no retener la misma cantidad de calorías, los distintos materiales, en un momento dado; tienen temperaturas diferentes y, por este motivo intercambia calor entre si. Estos intercambios se producen unicamente por radiación, a unas longitudes de onda diferentes, pero segun los materiales presentes, la transmisión del calor será por radiación, conducción, convección y cambios de estado del agua.

CONVECCION


Aire caliente
que al ascend
lleva calor
hacia la pare
interior.
AREA
CALIENTE
Pared caliente
exterior. El roce
del aire transpor
ta calor fuera
de la
pared.
AREA
FRIA
Pared interio
caliente.
El roce del
aire transpor
ta calor a la
pared exterio

1.4.- CONVECCION.-

DEFINICION

La convección de calor es un transporte de energía de calor por fluidos en movimiento ordinario, movimiento macroscópico, el cual es directamente visible o puede ser visualizado por los instrumentos usuales para la medición del flujo de fluidos. La transferencia de calor por convección es el intercambio de energía calórica entre partes en movimiento de un fluido o entre estas y superficies a diferente temperatura.

Aquí en este proceso el calor es transferido mecanicamente, es obvio que la transferencia de energía depende del movimiento del fluido y es gobernado por las leyes de la dinámica de fluidos, en adición a las leyes de conducción de calor y almacenamiento de calor las cuales seran consideradas al mismo tiempo.

Es conocido que la convección de calor es un proceso muy complejo y que la simplicidad de la ecuación (1-16) es engañosa.

$$q_h = h A \Delta T \qquad (1\text{-}16)$$

Como una matería de hecho, el coeficiente filmico

h, definido por esta ecuación, es una función de muchas variables, como son forma y dimensión de la superficie, rugosidad, dirección y velocidad del flujo, temperatura, densidad, viscosidad, calor específico y conductancia térmica del fluido.

La transferencia de energía por convección, desde una superficie cuya temperatura es superior a la del fluido que la rodea, se realiza en varias etapas.

Primero el calor fluira por conducción desde la superficie hasta las partículas adyacentes del fluido. La energía así transferida servirá para incrementar la temperatura y la energía interna de esas partículas del fluido. Entonces, las partículas del fluido se moveran hacia una región del fluido con temperatura mas baja, donde se mezclaran y transferiran una parte de su energía a otras partículas del fluido. El flujo en este caso es de fluido y energía.

La eficiencia de la transferencia de calor por convección depende basicamente del movimiento de mezclado del fluido. Como consecuencia, un estudio de la transferencia de calor por convección se basa en el conocimiento de las caracteristicas del flujo del fluido.

La transferencia de calor por convección puede calcularse por:

$$q_c = h_c A \Delta T$$

q = Rapidez de calor transferido por convección (watt).

h = Unidad de conductancia térmica promedio para la convección (frecuentemente llamado coeficiente de transferencia de calor por unidad de superficie o coeficiente de transferencia de calor en la convección) (watt/m. °C).

A = Area de transferencia de calor (m^2)

ΔT= Diferencia entre la temperatura de la superficie T y la temperatura del fluido T_∞ en algun lugar específico (usualmente lejos de la superficie) (°C)

La transferencia de calor por convección, se clasifica, de acuerdo con la forma de inducir el flujo, en convección libre y convección forzada.

1.4.1.-CLASES DE CONVECCION: FORZADA Y NATURAL.-

Sólo consideraremos convección natural pués no es de interés para nuestro estudio la convección forzada.

El movimiento de las partículas de un fluido en transferencia de calor por convección libre y natural es debido a la diferencia de densidades en las partes del fluido.

La teoría de la transferencia de calor por convección natural es complicada debido a las muchas variables envueltas en la solución de un problema partícular. Debe mencionarse que una solución matemática completa es conocida para muy pocos casos.

La transferencia de calor por convección ocurre siempre que un cuerpo se coloca en un fluido cuya temperatura es mayor o menor que la del cuerpo. Como resultado de la diferencia de temperaturas, fluye calor entre el fluido y el cuerpo y ocasiona un cambio en la densidad de las capas de fluido en la vecindad de la superficie.

La diferencia de densidades provoca un flujo descendente del fluido mas pesado y un flujo ascendente del fluido mas ligero. A este fenómeno se lo conoce como convección libre.

Las corrientes de convección libre

transfieren la energía interna almacenada en el fluido, esencialmente en la misma forma que las corrientes de convección forzada. Sin embargo la intensidad del movimiento de mezclado es generalmente menor en la convección libre, y como consecuencia los coeficientes de transferencia de calor son menores que en la convección forzada.

No obstante que los coeficientes de transferencia de calor para convección libre son relativamente bajos, muchos dispositivos de enfriamiento dependen basicamente de este modo de transferencia de calor.

La convección libre es el mecanismo dominante del flujo de calor desde radiadores de vapor, paredes de un edificio o el cuerpo humano en reposo, en una atmósfera tranquila.

En los ejemplos mencionados anteriormente, la fuerza responsable de las corrientes de convección, es la atracción gravitacional. Sin embargo, la gravedad no es la única fuerza que puede producir convección libre. El intercambio de energía entre un cuerpo y el fluido estancado del medio ambiente es un ejemplo importante de convección. El movimiento de fluido es debido enteramente a

fuerzas de flotación provenientes de las variaciones de densidad en el fluido. Hay presente frecuentemente, movimientos despreciables debido a otras causas; algunos efectos de estas disturbancias no definidas necesitan ser asumidas despreciables en un analísis del proceso.

El movimiento de fluido, generado por convección natural puede ser laminar o turbulento.

Las velocidades del fluido en corrientes de convección libre, especialmente en aquellas generadas por la gravedad, son generalmente bajas, pero las características del flujo en la vecindad de la superficie de transferencia de calor son similares a las de la convección forzada. Se forma una capa frontera cerca de la superficie y la velocidad del fluido en la cara intermedia es cero.

La figura (1-11) muestra la distribución de velocidad y de temperatura cerca de una placa plana caliente y colocada en el aire en posición vertical a una distancia dada de la superficie inferior de la placa.

Aunque el perfil de velocidad es diferente que aquel observado en convección forzada

sobre una placa plana, donde la velocidad se aproxima asintóticamente a la velocidad en corriente libre, en la vecindad de la superficie las características de ambos tipos de capas frontera son similares.

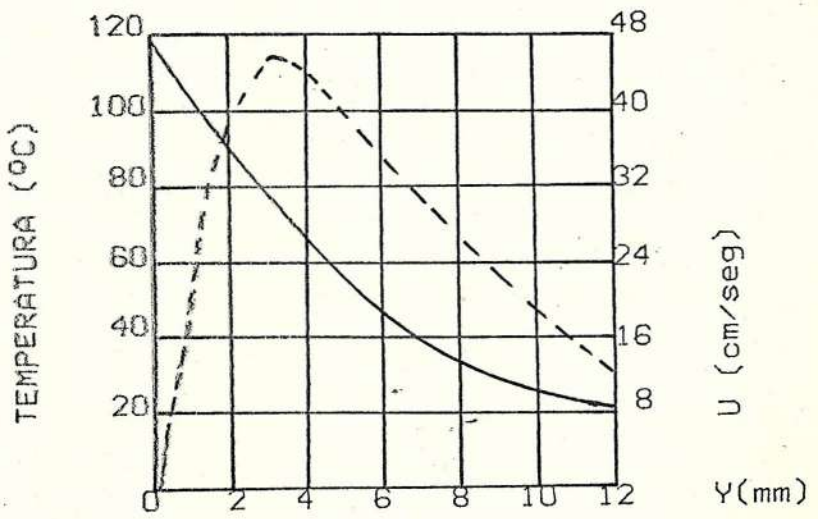


FIGURA (1-11)

Distribución de velocidad y temperatura para un fluido cerca de una placa plana.

En convección libre como en convección forzada, el flujo puede ser laminar o turbulento, dependiendo de la distancia desde el borde de ataque, de las propiedades del fluido, de la fuerza y de la diferencia de temperaturas entre la superficie y el fluido.

En convección libre se utiliza la ecuación

de Newton:

$$dq = h_c \, dA \, (T_s - T_\infty)$$

La razón de escribir la ecuación para una diferencial de área dA es que, en convección libre, el coeficiente de transferencia de calor hc no es uniforme sobre una superficie.

Por lo tanto, se distinguirá entre un valor local hc y un valor promedio $\bar{h}c$, obtenido al promediar h sobre la superficie total. La temperatura T_∞ se refiere a un punto en el fluido suficientemente alejado donde no afecte la temperatura del fluido la presencia de una fuente de calentamiento o de enfriamiento.

La figura(1-12) muestra las principales geometrías con flujo externo en la dirección de las flechas.

PRINCIPALES GEOMETRIAS CON FLUJO EXTERNO

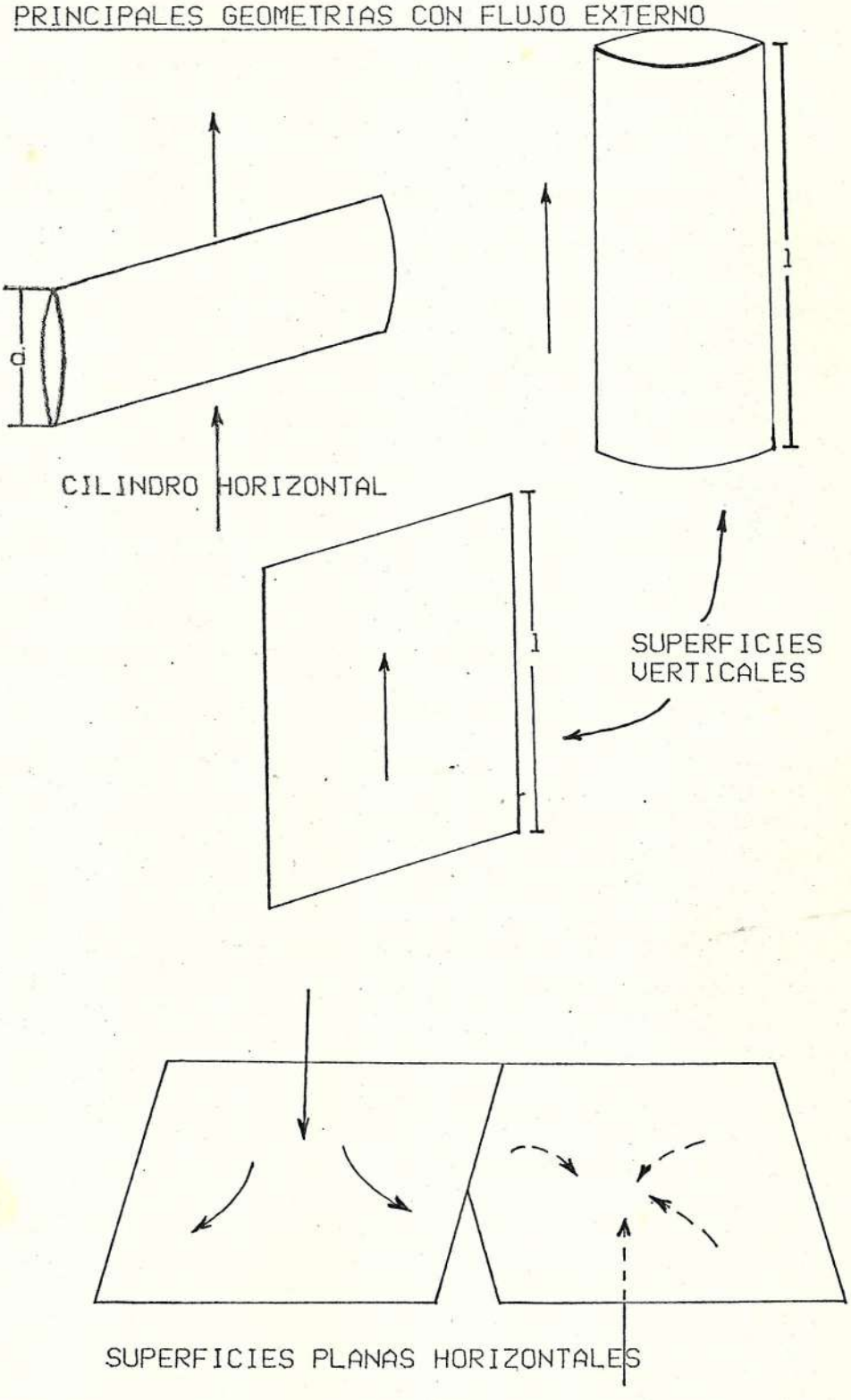


FIGURA (1-12)

1.5.- TRANSMISION DEL CALOR POR EFECTOS COMBINADOS.

En las secciones 1.2, 1.3, 1.4, se ha considerado en forma separada, los tres mecanismos de la transferencia de calor. Sin embargo, en la práctica el calor usualmente es transferido en pasos a través de un número de diferentes secciones conectadas en serie y la transferencia frecuentemente la efectuan dos mecanismos en paralelo para una sección dada del sistema.

Entre los efectos combinados mas importantes de conducción, convección y radiación tenemos:

a) Transferencia de calor por el efecto combinado de conducción y convección.

b) Transferencia de calor por la acción combinada de conducción, convección y radiación.

a) Hay dos casos principales en los cuales el efecto combinado de conducción y convección deben ser considerados. El uno trata con las relaciones de una superficie en el medio ambiente, como por ejemplo, el manejo de un ducto caliente o aletas en el cilindro de un motor de combustión. Aquí el calor es conducido desde la raíz hasta el extremo libre o final de la proyección, y al mismo tiempo el calor está dandose al medio ambiente por convección y por radiación. El efecto de radiación será despreciado o simplemente considerado como

incluido en el efecto de convección. El segundo caso ocurre para las paredes de un edificio y en intercambiadores de calor.

En un edificio, la energía del calor puede ser transferida desde el aire exterior a la pared, a través de la pared por conducción, y finalmente desde esta el aire exterior. Luego lo que hay es una serie de transferencia convectiva y una conductiva y otra convectiva de la misma razón de calor, similar al calor fluyendo por conducción a través de una serie de diferentes capas de aislamiento de una pared compuesta. Como otro ejemplo, considere la transferencia de calor desde el agua caliente al aguá fria en un enfriador tubular de agua. La temperatura del agua caliente es reducida cuando esta pasa a través del aparato debido a la disipación gradual de energía térmica de las partículas del agua caliente a la superficie fria de las paredes, las cuales separan el agua caliente y fria. La energía térmica luego fluye a través de la pared metálica por conducción y finalmente hacia el agua fria por convección.

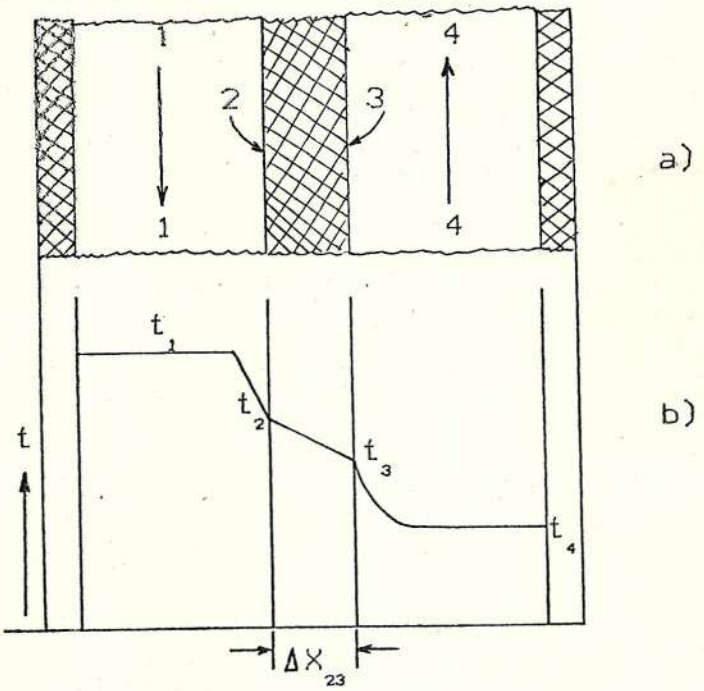
El efecto combinado de conducción y convección en intercambiadores de calor puede ser considerado en una manera similar a la conducción a través de una pared compuesta.

La figura 1-13 representa una sección transversal

de dos canales 1 y 4 con una pared comun como plano de separacion cuyas superficies seran 2 y 3.

Los fluidos a diferentes temperaturas son asumidos fluyendo en los dos canales, por ejemplo en dirección opuesta (contraflujo) como se indica por las flechas. Para el presente estudio, la longitud del intercambiador de calor es considerado tal, que la temperatura de cada fluido puede ser asumida constante.

LLamando las temperaturas de los fluidos T1 y T4 (ver figura 1-14) las temperaturas de la pared separadora T2 y T3, su conductividad térmica k23, y el coeficiente filmico de transferencia de calor h12, h34, respectivamente.



a) FIGURA (1-13).- Sección transversal de dos canales
b) FIGURA (1-14).- Transferencia de calor a través de una pared

Similarmente, como en conducción de calor a través de una pared compuesta, la razón de calor fluyendo perpendícularmente a las superficies 2 y 3 a través del área A es:

$$q = h_{12}A(T_1-T_2)=k_{23}A(T_2-T_3/\Delta X_{23})=h_{34}A(T_3-T_4)$$

de esto,

$$T_1-T_2 = q/(A\,h_{12})$$

$$T_2-T_3 = q(\Delta X)_{23}/k_{23}\,A)$$

$$T_3-T_4 = q/(A\,h_{34})$$

Por adición de estas tres diferencias de temperatura obtengo:

$$q = A\,(T_1-T_4)/(1/h_{12}+ X_{23}/k_{23}+1/h_{34})$$

$$q = U\,A\,(T_1 - T_4)$$

entonces U será:

$$U = 1/(1/h_{12} + \Delta X_{23}/k_{23} + 1/h_{34})$$

La magnitud de U es llamada el coeficiente total de transferencia de calor.

Sus dimensiones físicas son las mismas como las del coeficiente filmico de transferencia de calor.

b) La combinación de conducción y convección ha sido tratada antes, ahora vamos a ver la combinación de estos dos modos de transferencia de

calor junto con radiación.

El analísis de un problema tan complejo como es la transferencia de calor dentro de una superficie de una unidad generadora de vapor, donde conducción, convección y radiación del gas estan todas involucradas, puede ser muy díficil. Aún más. hay muy pocos métodos simples por los cuales la influencia de la radiación junto con conducción y convección pueda ser estudiada.

La acción combinada de conducción, convección y radiación térmica es partícularmente interesante e importante en espacios de aire. Por ejemplo, debe ser considerada a fondo en el diseño de pequeños arreglos en edificios. El caso ideal puede existir si la convección y radiación son despreciables comparados con la conducción térmica a través del espacio de aire. Así, la comparación del efecto de convección y radiación con el de conducción es de considerable importancia práctica.

Ya que convección libre es gobernada por las leyes de la hidrodinámica, es obvio que la convección será mas pequeña en espacios angostos que en espacios anchos. Se ha encontrado que la convección en capas verticales de aire puede ser determinada aproximadamente por multiplicación del valor de la transferencia de calor por conducción pura con un factor de aumento de cerca de:

- 1 1/4 para 1/2 pulgada de espesor de la capa;
- 1 1/2 para 1 pulgada de espesor de la capa,
- 2 1/2 para 2 pulgadas de espesor de la capa,
- 7 1/2 para 5 pulgadas de espesor de la capa.

Previsto que la diferencia de temperaturas a través de la capa es 10 oF, desde esto se puede ver cuan importante es para el aislamiento de calor usado en las paredes y techos de un edificio, tener pequeños espacios de aire.

Debemos hacer notar que si bien en principio los espacios de aire son aislantes, es indispensable que el aire encerrado no pueda circular en el recinto, lo cual solo se consigue en cámaras minusculas e independientes unas de otras.

La transferencia de calor de los productos de la combustión en la cámara de combustión de un motor de cohete a través de una pared delgada hacia un refrigerante que fluye en una región anular en la parte externa de la pared, ilustra el caso.

Los productos de la combustión contienen gases, tales como CO, CO2 y H2O que emiten y absorben radiación. Por lo tanto, en la primera sección de este sistema, el calor es transferido desde el gas caliente a la superficie interna de la pared del motor del cohete por los mecanismos de convección y de radiación que actúan en paralelo.

En estado estable, el calor es conducido a través

de la coraza, segunda sección del sistema.

Despues de atravezar la pared, el calor fluye por convección a través de la tercera sección del sistema hacia el refrigerante.

La evaluación número ica de las diferentes reistencias o conductancias de un sistema térmico, es generalmente la parte mas díficil de cualquier problema de la ingeniería de transferencia de calor, y para condiciones de estado estable puede determinarse la rapidez de la transferencia de calor para una diferencia de temperaturas específicas. Para el flujo de calor a lo largo de una trayectoria formada por n secciones térmicas en serie, la conductancia total UA es igual al reciproco de la suma de las resistencias de las secciones individuales, o sea:

$$U A = 1/(R_1 + R_2 + ... + R_n) \qquad (1-17)$$

Donde cada resistencia es el recíproco de la suma de las conductancias para cada sección.

1.6.- TRANSMISION DE CALOR EN EDIFICIOS Y EFECTOS DE LA RADIACION SOLAR SOBRE ESTRUCTURAS

El confort térmico de edificios en la zona tropical, sin aire acondicionado depende en parte de la radiación solar incidente.

El sol es la mayor fuente de energía sobre la tierra y es el factor primario determinante del medio ambiente térmico de un lugar.

Las temperaturas interiores se elevan considerablemente por la acción solar transmitida a través de las ventanas, paredes y tejados. A pleno sol, las caras expuestas a las radiaciones pueden elevar su temperatura a mas de 33 °C sobre la ambiente. Parte de ese calor volverá a la atmósfera pero parte penetrará en el interior de las paredes.

La cantidad de calor radiado y absorbido por las paredes de los inmuebles variará según su color. Las superficies de color obscuro absorberan mas calor que aquellas de color mas claro.

El flujo de calor que atravieza paredes y tejados dependerá de su naturaleza y de su grosor. El vidrio es transparente a las radiaciones solares y permite que pasen instantaneamente en casi su completa intensidad. El Fe ondulado tambien permite

una rápida transmisión de calor del exterior hacia el interior.

Ver figura (1-15)

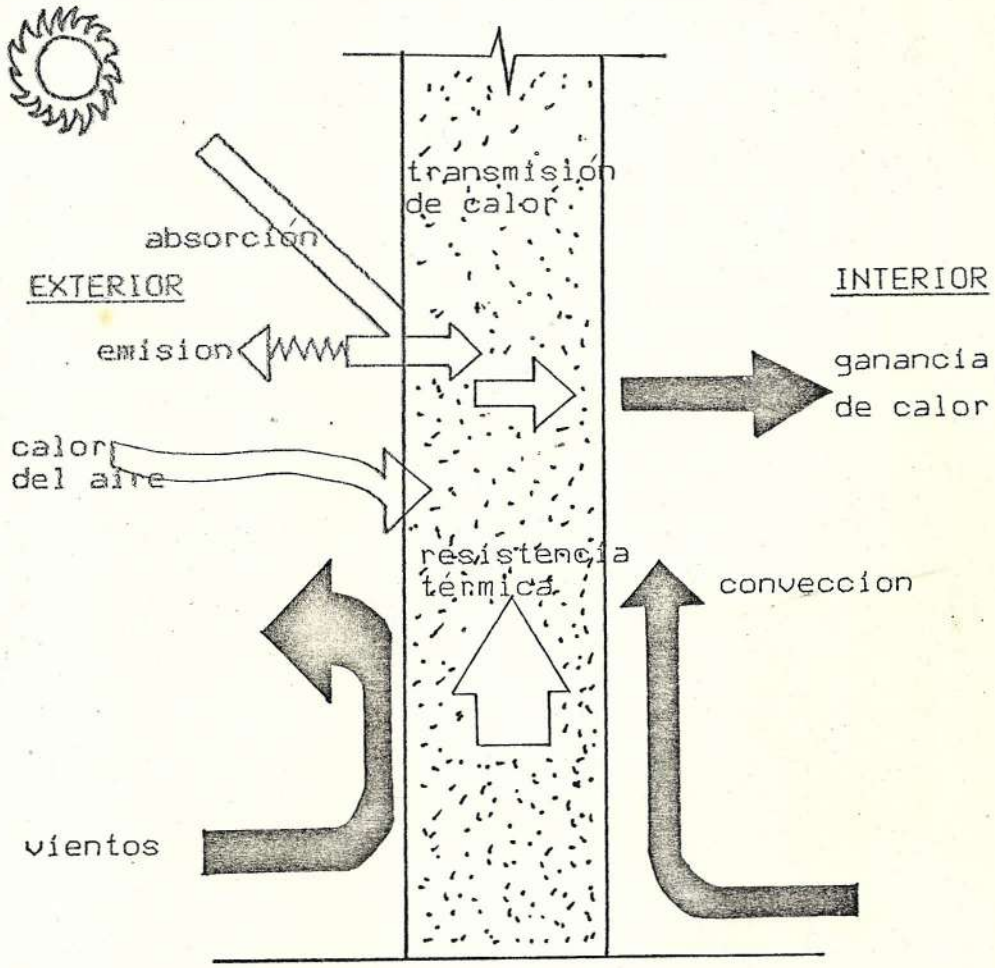


FIGURA (1-15)

Proceso de transferencia de calor a través de una pared.

Cuando los inmuebles son de paredes muy gruesas o bien aisladas, el tiempo de máxima intensidad de radiación pasará antes que el calor absorvido penetre en el interior. En este caso, las caras exteriores se refrescaran con un cambio de dirección de los rayos solares y el calor absorbido por las paredes cesará de fluir hacia el interior y fluira hacia el exterior Ver figura(1-16).

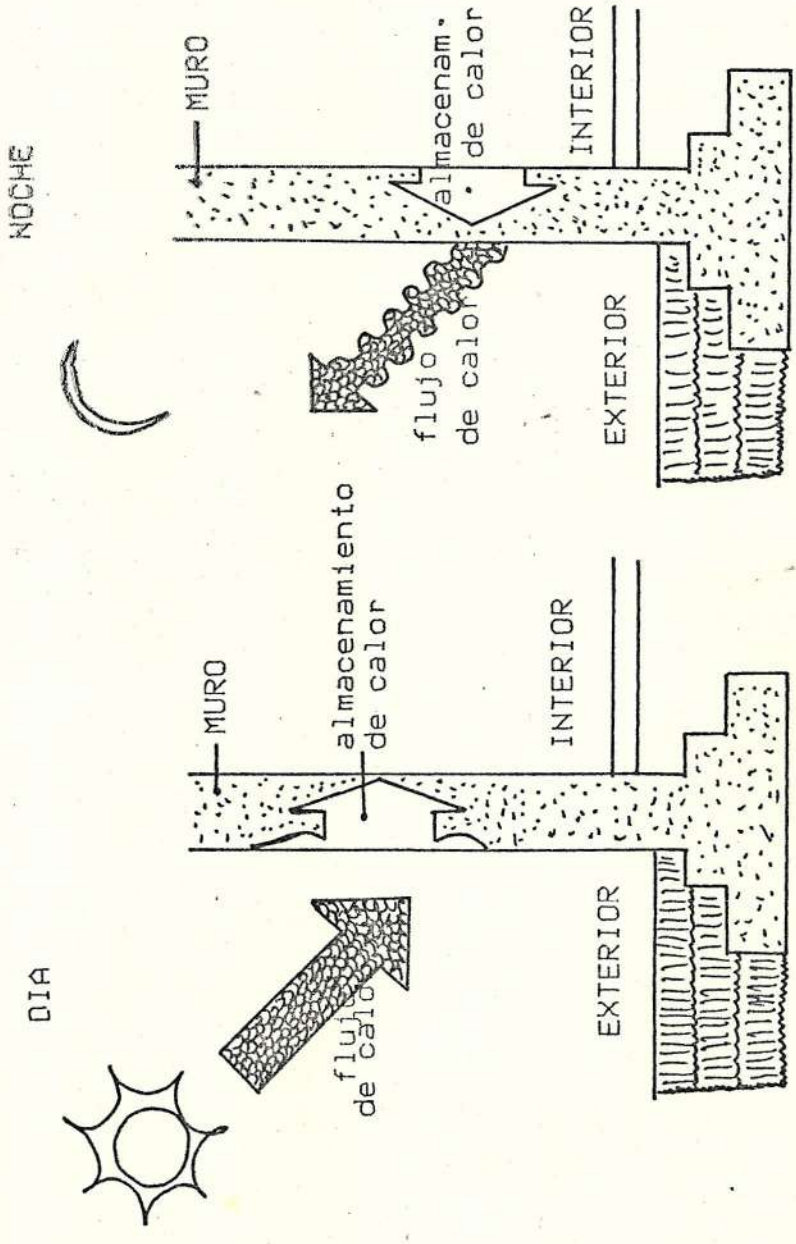


FIGURA (1-16)
Ganancias de calor en el día y pérdidas de calor en la noche.

1.6.1.-TRANSMISION DE CALOR A TRAVES DE UNA ESTRUCTURA

Es importante conocer el comportamiento de la envoltura y de la estructura de los edificios en un clima determinado, para esto existen dos hipótesis, la primera que supone un régimen de condiciones exteriores permanentes, lo que implica por supuesto unas condiciones interiores tambien constantes.

Dicha hipótesis es insuficiente, y es necesario recurrir al régimen variable, mas adaptado a la realidad, que como su nombre lo indica, tiene en cuenta el hecho de que los valores de los parámetros climáticos varían.

Las características de los materiales y de las estructuras que actúan en esta hipótesis son: La capacidad calorífica y La Inercia térmica y su efecto consiste en regular la salida y la entrada de los flujos de calor cuyo caudal varía entre la noche y el día y en el día mismo, y segun los meses a fin de que en el interior se perciban unas

variaciones muy débiles.

La ilustración de los cursos de agua, en hidraúlica, nos facilita la comprensión del comportamiento térmico del edificio, los embalses, destinados a regular el caudal de los cursos de agua funcionan así: en caso de crecida, el embalse se llena, disminuyendo el caudal rio abajo.

Si a la crecida le sigue un estiaje, el agua almacenada por el embalse sirve para aumentar el caudal rio abajo. Cuando las crecidas y estiajes se suceden regularmente, como los aumentos y bajas de la temperatura durante el día, es posible estimar en base a cálculos "La capacidad que es necesaria dar al embalse para que el caudal rio abajo, sea constante".

La capacidad térmica de la envoltura y de la estructura, actua regulando el clima exterior variable, manteniendo siempre los ambientes interiores dentro de la zona de confort.

El incremento de calor a través de la construcción exterior (paredes y techos) es normalmente calculada para el tiempo de máximo flujo de calor. Esto es causado por el calor solar que esta absorbiendo la

superficie exterior y por la diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior. Ambas fuentes de calor son altamente variables a lo largo de un día y, dan como resultado un estado inestable de flujo de calor desde la construcción exterior. Este flujo inestable es difícil de evaluar para cada situación individual; Esto puede manejarse mejor por medio de una diferencia de temperatura equivalente a través de la estructura.

La diferencia de temperatura equivalente es la diferencia de temperatura que resulta del flujo de calor total a través de la estructura y que es causado por las variables de radiación solar y temperatura exterior.

La diferencia de temperatura equivalente a través de la estructura depende de los diferentes tipos de construcción y exposición, hora del día, localización del edificio (latitud) y, condiciones de diseño.

El flujo de calor a través de la estructura puede ser calculado usando la ecuación para flujo de calor en estado estable con la diferencia de temperatura equivalente.

$q = U\ A\ \Delta Te$

q= Flujo de calor(watt)

U= Coef. de transmisión de calor (watt/m ^{2} °C)

A= Area de la superficie(m)

ΔTe = Dif. de temperatura equivalente (º C)

La ganancia de calor a través de las construcciones exteriores (paredes y techos) es normalmente calculado para el tiempo máximo de flujo de calor. Esto ocurre unicamente en las mañanas después de algunas horas de muy alta temperatura exterior.

Esto acerca las condiciones a flujo de calor de estado estable y para todo propósito práctico puede asumirse como verdadero.

El flujo de calor a través de la construcción interior (piso, tumbado y pared) es causada por una diferencia en la temperatura del aire en ambos lados de la estructura. Esta diferencia de temperatura es esencialmente constante a lo largo de un día y el flujo de calor puede ser determinado de la ecuación de estado estable, usando las temperaturas actuales en ambos lados.

1.6.2.- GANANCIAS Y PERDIDAS DE CALOR EN LAS EDIFICACIONES

La relación entre el Sol y la edificación pueden examinarse desde dos puntos de vista:

-Exclusión de la radiación solar, ya que provocaría un sobrecalentamiento, una carga adicional sobre el acondicionamiento del aire, problemas de reflejo y deterioro de materiales.

-Captación de la radiación solar para efectos de calentamiento e iluminación natural.

En climas trópicales se adoptará la primera de las dos aptitudes, y en climas frios predominará la segunda. No obstante se ha demostrado que incluso en climas moderados pueden producirse serios problemas de sobrecalentamiento. Las aportaciones solares a través de las paredes acristaladas, provocan una elevación de la temperatura de las paredes interiores, del suelo, de los muebles, etc. En efecto, a través de la envoltura de la vivienda, se transmite el 85 % de la energía incidente y algo menos de la energía difusa; la cual depende del ángulo

de incidencia. Sin embargo las dos alternativas anteriores pueden ser validas en epocas diferentes del año.

En general podemos decir que la envoltura de la edificación, siendo el límite entre el medio exterior variable y el medio interior, debe concebirse con sumo cuidado, teniendo en cuenta la diversidad de características de los materiales.

En el momento de concebir los edificios, el Arquitecto debe decidirse por determinadas opciones, que conduciran a una forma cuyo diseño y descripción seran detallados y justificados de acuerdo a los tipos de ambientes interiores deseados, ademas debe conocer las distintas posibilidades que ofrecen los elementos tradicionales de la arquitectura en el balance térmico de los edificios. Estos elementos son: ventanas y vanos, cubiertas y muros.

PASO DEL CALOR EN LAS EDIFICACIONES.

El paso del calor se realiza a través de elementos que algunos expertos califican como "envolturas bioclimaticas" todos relativos a la piel exterior de la edificación, es decir al lugar donde se

manifiestan los intercambios térmicos entre la edificación y su medio ambiente, estos son: ventanas y vanos, cubiertas, muros o paredes. Ver figura 1-17.

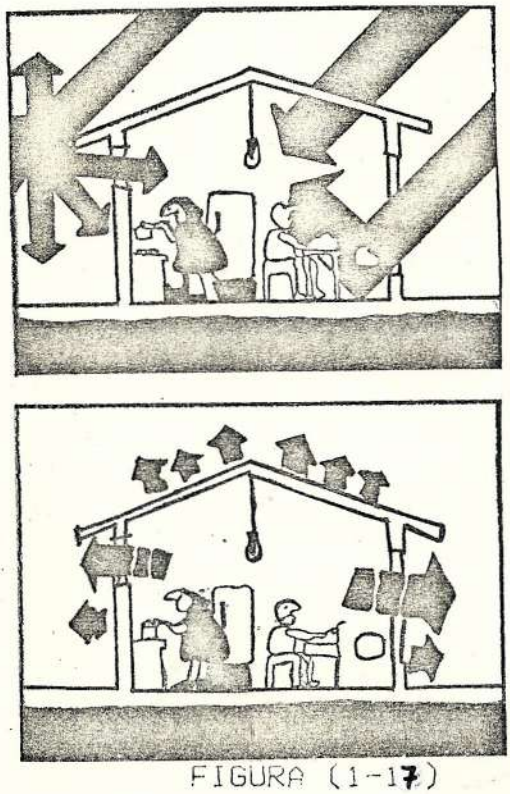


FIGURA (1-17)

Paso del calor a través de una envoltura.

La cubierta es una parte de la edificación expuesta a la acción de los rayos solares durante todo el día, independientemente de la orientación. Esto la convierte en uno de los elementos críticos, en relación a la penetración de la energía térmica. La pared permite el paso de energía térmica en menor cantidad, que repercute tambien en el confort interior de los ambientes. Ver figura

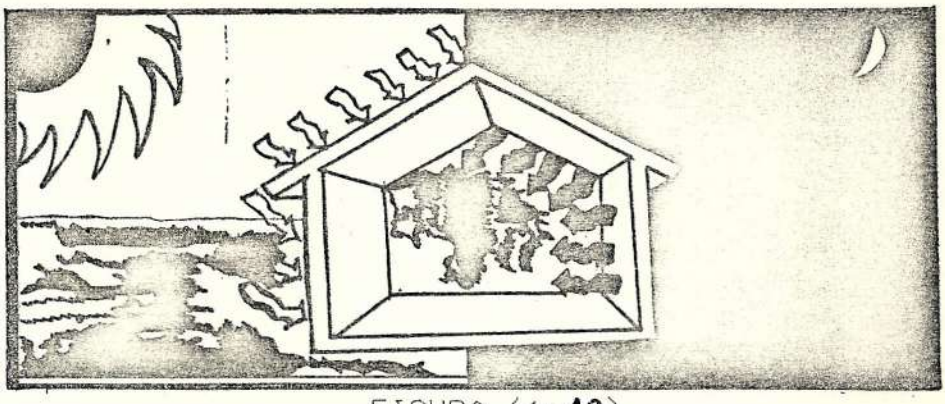


FIGURA (1-18)

Paso de calor a traves de una cubierta.

Algunos expertos consideran que la mayor parte de las ganancias térmicas penetran por las ventanas. Una ventana orientada en forma conveniente funciona como un excelente "colector". Ver figura 1-19.

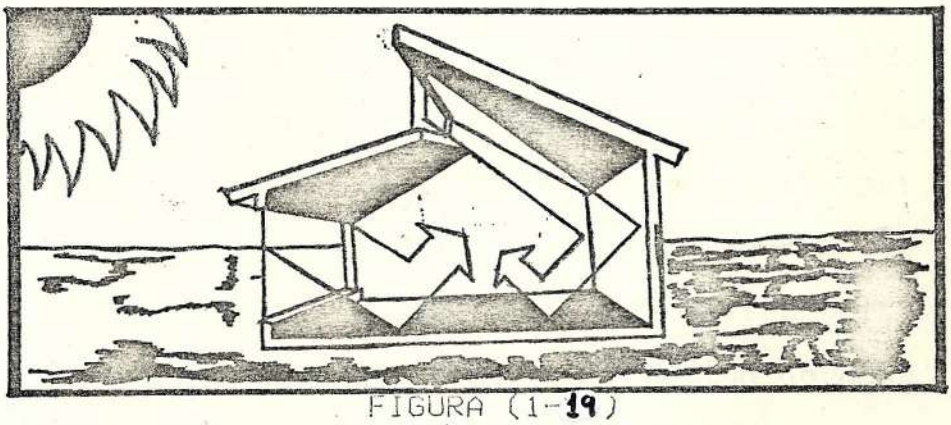


FIGURA (1-19)

Paso del calor a través de una ventana.

Todos estos elementos cumplen una función "ACTIVA", es decir de suministro de calor tomado del exterior.

A continuación analizaremos cada uno de los elementos ya anotados y el papel que cumplen en función de suministrar calor "Natural"

elementos ya anotados y el papel que cumplen en función de suministrar calor "Natural" sin perjudicar el "Confort Térmico".

VENTANAS.-

La ventana es un elemento que debe ser muy considerado, por la influencia del progreso de la técnica vidriera y de la ideología de la abertura de la vivienda para integrarse con la naturaleza.

La ventana es para el ambiente interior un medio de intercambiar calor con el exterior. Algunos expertos consideran que la mayor parte de ganancias térmicas penetran por las ventanas. El vidrio transmite la radiación solar con muy poca pérdida de carga, la radiación térmica es absorbida en parte por los distintos objetos que se encuentran en la habitación, estos a su vez emiten parte del calor absorbido, en una longitud de onda mas larga, que no es capaz de atravesar el vidrio nuevamente. Este fenómeno que produce una acumulación de calor dentro de una habitación se llama "Efecto invernafero". Ver figura 1-20.

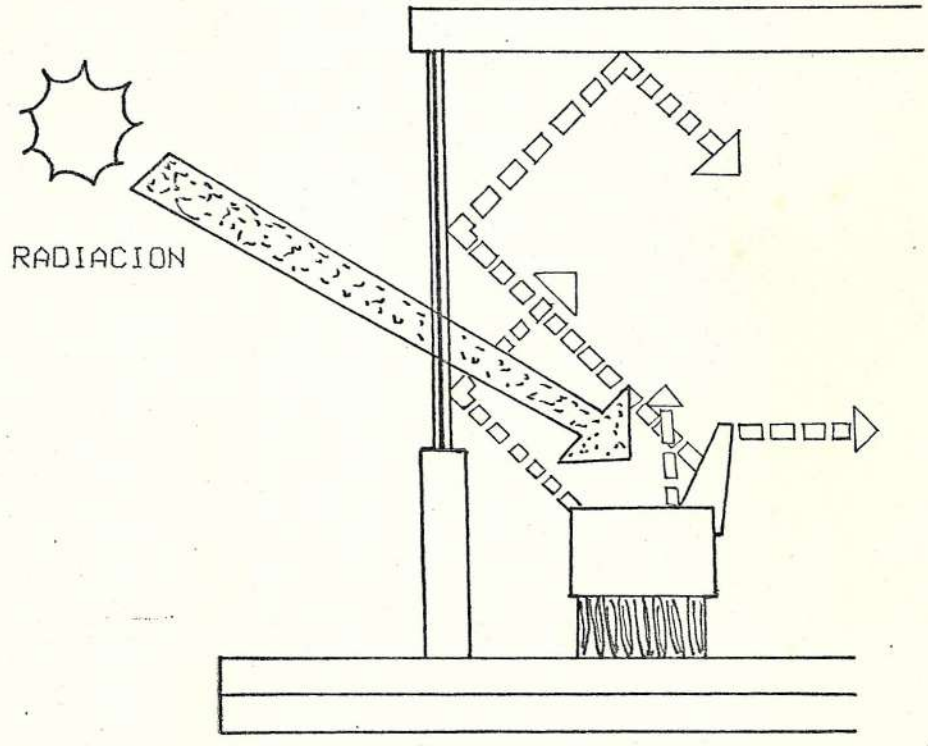
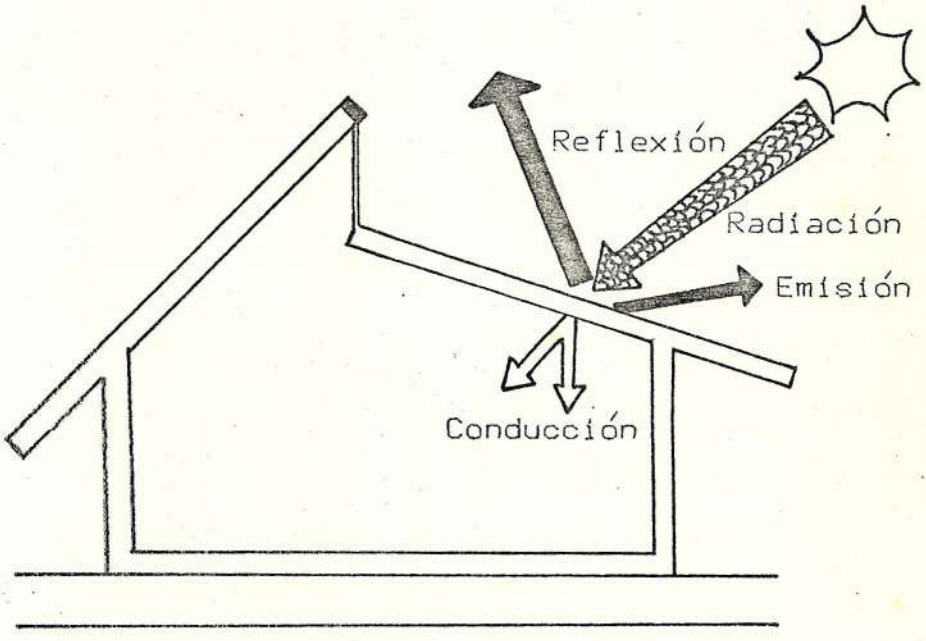


FIGURA (1-20)

Efecto invernadero

CUBIERTAS.-

La cubierta es la parte de la edificación que esta expuesta a la acción de los rayos del Sol durante todas las horas del día, indepedientemente de la orientación que tenga la edificación. Esto hace de la cubierta, uno de los elementos críticos de la edificación, en relación a la penetración de la energía térmica. Ver figura 1-21.



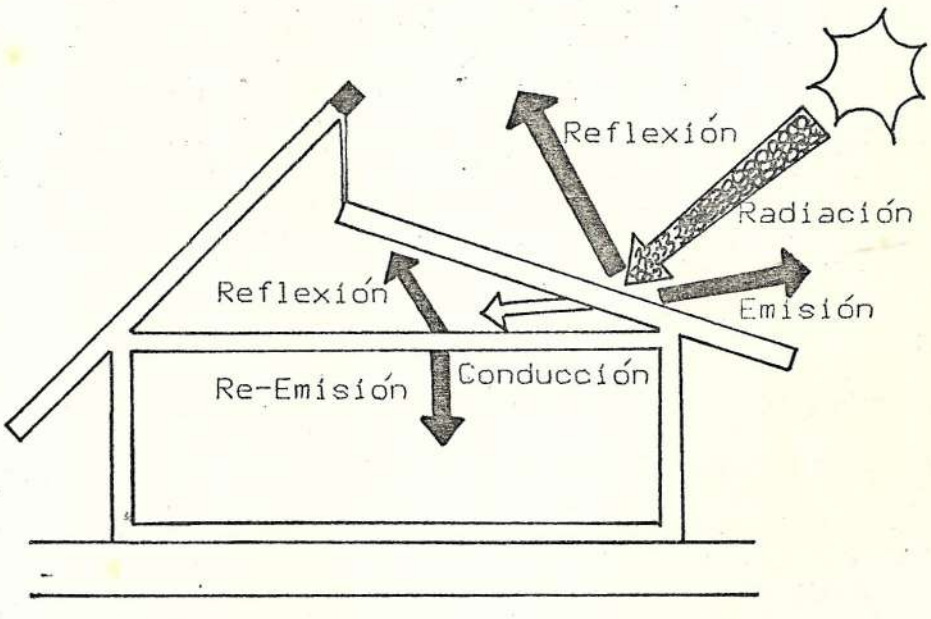


FIGURA (1-21)

Efecto de la radiación solar sobre una cubierta

En el diseño de la cubierta se debe analizar el uso de materiales que permitan o impidan el paso del calor de acuerdo a lo requerido. En el fenómeno de radiación a través de una cubierta, una parte de la radiación solar que incide sobre la superficie de la cubierta es reflejada y la otra es absorbida, a su vez, de esta energía absorbida, una cantidad es radiada otra vez, el resto atravieza la cubierta y es reemitida hacia el interior de la edificación.

El paso de calor a través de una cubierta varia por factores que deben ser tomados en cuenta en el diseño, segun las necesidades de climatización y son: materiales de construcción, forma e inclinación.

PAREDES.-

Aun cuando la energía térmica que pasa a través de la pared representa una fracción pequeña de la que entra a través de las ventanas y cubiertas, todo esto repercute en el confort de los ocupantes de la edificación a través de los muros, depende de los materiales componentes, de su capacidad de conductancia, retención y transmisión de calor del espesor de los

muros, principalmente.

CAPITULO 2

MATERIALES Y AISLAMIENTOS USADOS EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS

2.1.- INVENTARIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION.

El inventario de materiales de construcción se lo realizó en el sitio, es decir, recorriendo cada una de las provincias de la Costa Ecuatoriana y, al mismo tiempo se hicieron observaciones sobre los tipos de materiales usados tanto en la zona urbana como en la rural, lo cual será comentado a su debido tiempo.

Para la realización de este inventario se han recorrido las siguientes poblaciones:

- Provincia de El Oro: Huaquillas, Arenillas, Pasaje, machala, Puerto Bolivar, Santa Rosa.
- Provincia de Esmeraldas: Esmeraldas, Quininde, Atacames, Súa.
- Provincia de El Guayas: Playas, Atahualpa, El Empalme, Nobol, Balzar, Guayaquil, Manglaralto, Bucay, Naranjito.
- Provincia de Manabí: Portoviejo, Jipijapa, Manta, Montecristi.

-Provincia de Los Rios: Quevedo, Vinces, Babahoyo, ventanas.

Los materiales recolectados en poblaciones distintas de Guayaquil corresponden principalmente a maderas propias de cada región, y a bloques y ladrillos producidos por pequeñas fábricas del lugar. En cuanto a otros materiales como plancha de asbesto y zinc, baldosas, etc., estas son llevadas de ciudades grandes como Quito y Guayaquil hacia las demas poblaciones, por lo cual, el inventario de este tipo de materiales se ha concentrado en la ciudad de Guayaquil.

En cuanto a las observaciones que mencionabamos antes, tenemos que en las Provincias de Guayas y Los Rios se pudo observar lo siguiente:

En el área urbana:

- 50% aproximadamente de viviendas son de ladrillo y/o bloque
- 25% aproximadamente de viviendas son de constrcción mixta (caña, madera, y ladrillo); y
- 25% aproximadamente de viviendas son de caña.

En el área rural:

- 80% aproximadamente de viviendas son de caña con techo de zinc
- 10% aproximadamente de viviendas son de construcción mixta; y
- 10% aproximadamente de viviendas son de caña con

techo de cade.

En las Provincias de Esmeraldas, Manabí, y El Oro también pueden notarse diferentes tendencias en el porcentaje de utilización de los materiales de construcción, por ejemplo para la Provincia de El Oro se pudo advertir que en esta provincia es poco usada la caña en construcciones rurales, pues esta no crece en esta provincia y las viviendas son hechas de madera con techos de zinc. En las provincias de Esmeraldas y Manabí tiene utilización primordial el cade para techado en la zona rural; y la utilización de eternit y zinc en la zona urbana; se pudo observar también que la tendencia mayoritaria en la zona urbana de las tres provincias antes mencionadas es la utilización del bloque y ladrillo para paredes, mientras que en la zona rural, las paredes, son en un 90% de madera o caña.

En cuanto se refiere a ventaneria debe notarse que en las zonas urbanas la tendencia a usar el aluminio se acentúa cada vez mas, llegando hasta el momento a 70%, mientras que el hierro tiene un porcentaje de uso de 20%, y la madera solo un 10%

Vale la pena indicar que en aquellas casas del área rural con techo de cade, este debe ser cambiado regularmente cada año; el cade es obtenido de un árbol conocido con el nombre de mocoche.

Es notoria la tendencia hacia la utilización de bloques de arcilla y de cemento para la construcción de paredes en reemplazo de la tradicional pared de caña, madera o mixta.

Durante los recorridos por las diferentes poblaciones de la Costa se ha observado que los materiales mas usados en la construcción de viviendas tanto en la zona urbana como rural son los siguientes:

-Paredes: bloques de arcilla, cemento, ladrillo, caña y madera.

-Pisos: madera, caña, cemento u hormigón.

-Techos: zinc, asbesto-cemento (eternit), cade.

-Tumbados: aglomerado, madera, yeso.

-Puertas: madera, caña, hierro, vidrio.

-Ventanas: madera, caña, vidrio, hierro.

Las tablas del inventario de materiales de construccion se encuentra en el anexo E.

2.- INVENTARIO DE MATERIALES DE AISLAMIENTO PARA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS

Todos los materiales que se emplean en la construcción de edificios son, hasta cierto punto, conductores del calor: unos más que otros. Esto significa pérdida de calor a través de las paredes, del techo y del piso, cuando el edificio esta dotado de calefacción. Empleando materiales malos conductores del calor, la proporción de calor pérdido puede reducirse de manera efectiva. Este es el principio del aislamiento.

El trabajo experimental hecho en los laboratorios de investigación y la experiencia adquirida en la práctica han probado que el aislamiento térmico es una proposición práctica y que, siempre que se escojen los materiales y procedimientos adecuados con los que se han de construir se pueden obtener buenos tipos de aislamiento con muy poco gasto y a veces hasta sin ningún costo extra.

Cuando se utilizan materiales aislantes para revestir paredes y techos, el tiempo necesario para caldear se reduce a menudo considerablemente debido a que dichas superficies se caldean mas rapidamente. Las superficies interiores calientes eliminan el "escalofrio" que provoca el ambiente frio y disminuyen asimismo la probabilidad de

condensación superficial. El aislamiento favorece el bienestar no solo en invierno, y en partícular donde sin el no se puede conseguir una calefacción adecuada, sino tambien en verano al reducir la cantidad de calor procedente del Sol.

Desafortunadamente para el enfriamiento de casas, el calor siempre tiende a fluir desde una región de alta a una de baja temperatura. En regiones donde las temperaturas son elevadas el calor se mueve inmediatamente desde el interior hacia el exterior a través de las paredes, techos, pisos, ventanas y puertas. Es esencial que una vez logrado el confort térmico el calor no pase desde el exterior hacia el interior.

La función del aislamiento es disminuir el movimiento de calor de los edificios y, ya que una baja razón de ganancia de calor corresponde a una baja razón del frio que hay que reemplazar, la reducción de la ganancia de calor es inmediatamente reflejada en un bajo consumo de combustible. Será necesario entonces quemar solo el suficiente combustible para reemplazar el frio que se esta perdiendo.

En todo tipo de construcción, sea esta madera, ladrillo, piedra, estuco, concreto o alguna combinación de estos materiales, la primera consideración es que la casa sea hecha lo

suficientemente fuerte para que no exista peligro de derrumbamiento, y además las paredes deben tener bastante resistencia térmica para permitir que la casa sea enfriada economicamente.

Lo primero que se debe observar es, aplicar el aislamiento donde es mas necesario. Los varios canales a traves de los cuales el calor es ganado por una casa son los siguientes:

- A través de paredes y techos
- A través de ventanas y puertas
- Por infiltración de aire
- A través de pisos y sotanos.

Todas las paredes -como ordinariamente se construyen, permiten una cierta cantidad de aire infiltrado. No es esencial eliminar toda la infiltracion de aire dado que de una u otra manera la suficiente cantidad de aire fresco para ventilación deberá ser introducida; Es importante eso si, ayudar a mantener el flujo de aire bajo el punto donde corrientes de aire perceptibles son creadas.

Para tener una idea de como la pérdida de calor en una casa típica es distribuida entre los cuatro factores listados antes se revisó un estudio hecho para 200 casas por J.D.Babbitt, en abril de 1946, estas casas fueron casas tipos construidas de

maderas fabricadas, y fueron originalmente sin aislamiento y sin o burlete o sobrevidriera y puertas. Se encontro que 16.2% del calor fue pérdido a través del techo, 27% a través de las paredes, 25,8% a través del vidrio, 24,6% por la infiltración del aire, 4,3% a través de la puerta y 2,1% a través de otras fuentes, incluyendo el piso. Como se notará la mayor fuente de pérdida de calor son las paredes, punto hacia el cual dirigiremos nuestro enfoque.

El inventario de materiales de construcción se lo trató de realizar solo en la ciudad de Guayaquil, lamentablemente pudimos comprobar que en edificios donde se usa aparatos acondicionadores de aire no es común el uso de ningún material aislante, en algunos casos se utiliza en tumbados la adición de aislante, pero no es muy frecuente, generalmente lo que se acostumbra a hacer es construir las paredes mas gruesas de lo normal y luego enlucirlas. Por esta razón no pudimos realizar el inventario que pretendimos, debido a esto lo que he hecho es exponer a continuacion una clasificación de los materiales aislantes.

1.- Fibras prensadas.- Las cuales son fibras duras fabricadas de fibras vegetales obtenidas de varias fuentes tal como pulpa de madera, tallo duro, papel

de desecho, tallo de caña de azúcar, corcho, etc. Prensados de esta naturaleza poseen una cierta cantidad de resistencia estructural y, junto a esto añaden valores de aislamiento a la pared en proporción a su espesor, pueden ser usados como enlucidos o acabado interior.

2.- Materiales de relleno flojo.- Tales como lana de roca, vermiculita, maderas cepilladas, aserrín, corteza de pino desmenusada, corteza de corcho, etc. Cualquier material blando que pueda rellenarse en el espacio de aire en una pared puede ser usado en esta manera como un aislador.

3.- Materiales de acolchado flojo.- Tales como fieltro de pelo, lana de roca molida, etc. Estos materiales son usados en espacios de aire en las paredes y techos y tienen la ventaja sobre el grupo 2 de que son mas facilmente instalables y estan menos sujetos a arreglos.

4.- Aislamientos reflectivos.- Tal como aluminio u otra hoja metálica, cuando se emplean en conjunto con espacios de aire, las superficies metálicas pulidas son una forma eficiente de aislamiento, ellas previenen la transferencia de calor por radiación y con eso reducen el flujo de calor a través del espacio de aire.

En adición al bajo costo de un material aislante,

hay varias propiedades físicas las cuales son deseables, el aislador debe ser durable y quimicamente inactivo, es decir a prueba de fuego; a prueba de insectos e inodoro.

Es preferible tener un material el cual no absorbe agua, ya que un material con un alto contenido de agua tiene un bajo valor de aislamiento.

3.- SELECCION DE LOS MATERIALES DE USO COMUN.

El objetivo de la presente tesís es determinar la transferencia de calor en las paredes de edificios, por lo que al hacer la selección de materiales se tomó en cuenta el objetivo y se puso mayor interés en los materiales para construcción de paredes.
En general los materiales de construcción en paredes, pisos, techos, tumbados, puertas y ventanas es como sigue:

Paredes: madera, bloques (de arcilla y cemento), ladrillos, caña.
Pisos: madera, caña, hormigón, baldosas.
Techos y tumbados: zinc, asbesto-cemento (eternit), aglomerado, yeso.
Puertas y ventanas: Madera, caña, vidrio.

En el anexo F que se expone al final de la presente tesís se encontrará:
1) Las maderas más utilizadas para construcción de paredes, pisos, puertas y ventanas, de acuerdo a la frecuencia de utilización.
2) Los bloques más usados para la construcción de paredes, esta tabla se realizó en base a los informes dados por bloques rocafuerte, y bloques

alfadomus y victoria.

3) Una tabla de las clases de baldosas mas utilizadas, segun su porcentaje de utilización.

4) Una tabla de los porcentajes de utilización para materiales de techos y tumbados.

5) Se añade una tabla sobre los porcentajes de utilización de ventaneria.

4.- DESCRIPCION DE LAS PROPIEDADES GENERALES DE ESTOS MATERIALES.

Los materiales corrientemente usados en la construccion de edificios son buenos conductores del calor, segun se desprende de su fuerte densidad; en consecuencia, las temperaturas del exterior penetran con relativa facilidad a través de paredes y tejados y originan el calentamiento de las temperaturas interiores.

Las cavidades que presentan los ladrillos huecos tienen capacidad suficiente para que se ponga en movimiento el aire alli confinado, el cual transmite el calor por convección.

En general todos los materiales que se emplean en la construcción de edificios, son hasta cierto punto, conductores del calor: unos mas que otros. Esto significa ganancia de calor a través de las paredes del techo y del piso.

Como es lógico pensar, resultará mas barato construir una pared utilizando materiales que tengan buenas propiedades aislantes, que dotar de revestimiento aislante una pared tradicional de manposteria de ladrillo, por lo cual deberemos de conocer la conductividad o la resistencia térmica de los materiales empleados en construcción.

Debemos decir entonces que los materiales de

construcción además de tener una gran resistencia estructural deben tener gran resistencia térmica.
Las varias propiedades de los materiales de construcción las cuales son importantes a la hora de utilizarlos, pueden ser agrupadas como sigue:

- Mecánicas
- Térmicas y
- Propiedades relativas a la húmedad.

PROPIEDADES MECANICAS.-

Los materiales de cnstrucción deben tener la suficiente fuerza estructural para servir de apoyo.
Las propiedades mecánicas como son: esfuerzo a la compresión, tensión, cizallamiento, impacto, y flexión, son importantes.
Estas propiedades mecánicas varían de acuerdo con la composición básica, densidad, tamaño de la celda, diámetro de la fibra y orientación, tipo y cantidad de ligamento (si hay alguno).

PROPIEDADES TERMICAS.-

La habilidad de un material para retardar el flujo de calor está dado por su conductividad térmica o valor de conductancia.
Otras propiedades térmicas las cuales son importantes incluyen calor específico, capacidad de calor, difusividad térmica, emisividad, etc.

PROPIEDADES RELATIVAS A LA HUMEDAD.-

La presencia de húmedad en los materiales de construcción puede causar disminución de las propiedades explicadas anteriormente.

La resistencia a la húmedad es importante sobre todo en nuestro pais en el que la humedad es bastante elevada.

CAPITULO 3

MEDICION DE LA CONDUCTIVIDAD DE MATERIALES

3.1.- MATERIALES SELECCIONADOS.

En este capítulo se determinará la conductividad de ciertos materiales a los que se los ha dividido en 2 grupos de acuerdo al equipo que se utilizó para medir la conductividad.

En la seccion 3.2 se espicificara que método corresponde a cada uno de los grupos.

PRIMER GRUPO:

NOMBRE	PROVINCIA	LUGAR	USO
AGLOMERADO	GUAYAS	GUAYAQUIL	TUMBADO
BALSAMO	GUAYAS	GUAYAQUIL	PAREDES
	MANABI	JIPIJAPA	PAREDES
CEDRO	EL ORO	PASAJE	P.,P.,Y VENT.
	ESMERALDAS	ESMERALDAS	P.,P.,Y VENT.
	GUAYAS	BUCAY	P.,P.,Y VENT.
	MANABI	PORTOVIEJO	PUERT.Y VENT.
ETERNIT	GUAYAS	GUAYAQUIL	TECHO

FIGUEROA	EL ORO	PASAJE	P., P., VENT., Y PISOS
	GUAYAS	J. MORENO	PISOS
	MANABI	JIPIJAPA	PISOS
GUAYACAN	GUAYAS	MANGLARALT	MUEBLES
	ESMERALDAS	ATACAMES	MUEBLES
	MANABI	PORTOVIEJO	MUEBLES
	LOS RIOS	QUEVEDO	MUEBLES
GUAYABO	GUAYAS	BUCAY	PISOS
HIGUERON	EL ORO	PASAJE	ENCOFRADO
JIGUA	GUAYAS	ATAHUALPA	ENCOFRADO
	ESMERALDAS	ESMERALDAS	ENCOFRADO
	MANABI	JIPIJAPA	ENCOFRADO
LAUREL B.	ESMERALDAS	ESMERALDAS	P., P., PUERT. VENT. Y MUEB.
	GUAYAS	BUCAY	PUERT., VENT. MUEBLES
	LOS RIOS	QUEVEDO	PISOS
	MANABI	PORTOVIEJO	
		JIPIJAPA	PISOS, PAREDES
LECHERO	GUAYAS	BUCAY	ENCOFRADO
	ESMERALDAS	ESMERALDAS	PISOS
PALO DE VACA	GUAYAS	ATAHUALPA	MUEBLES

SEGUNDO GRUPO.

NOMBRE	USO
BALSA	AISLAMIENTO
LAUREL	P. P. VENT.
F. SANCHEZ	PISOS
YESO	TUMBADO
POLIESTIRENO	AISLAMIENTO
MORTERO DE CEMENTO	PISOS, PARED.
CEMENTO	ENLUCIDO
ASBESTO-CEMENTO	TECHO
CEMENTINA	PISOS

2.-DESCRIPCION DEL EQUIPO A USARSE.

Antes de pasar a la descripción propiamente dicha del equipo para medición de conductividad es importante anotar lo siguiente:

Los métodos de medida de la conductividad térmica pueden dividirse en 2 categorias, dinámicos y estáticos, según que la distribución de temperaturas en la probeta varíe o no con el tiempo. Para las medidas estáticas se emplea la ecuación de Fourier.

$Q=-k \text{ grad } T$

Para las medidas dinámicas la temperatura no solo depende de las coordenadas, sino del tiempo, en la sección 3.2.1. se explica las ecuaciones utilizadas.

En las secciones 3.2.1. y 3.2.2. se explica en detalle el equipo que se utiliza en cada uno de los grupos.

Además de lo anteriormente mencionado, el tipo de equipo que se use para medir la conductividad, depende de la estructura física, composición química y el estado de la sustancia en cuestión.

El grupo No 1 corresponde al método de medida dinámico, para materiales de baja conductividad térmica.

El grupo No 2 corresponde al método de medida estático, para materiales de media conductividad

térmica.

El equipo usado para la medición de la conductividad del grupo No 1 fue diseñado y construido, mientras que el equipo usado para la medición de la conductividad del grupo No 2 ya estaba construido, por lo que lo que se hizo fue utilizarlo para la realización de las pruebas.

3.2.1.-DISENO Y CONSTRUCCION DEL EQUIPO PARA MEDICION DE BAJAS CONDUCTIVIDADES TERMICAS

GRUPO No 1

Antes de diseñar y construir se expondrá a continuación la teoría en la que estará basada la construcción del equipo para medición de bajas conductividades térmicas, del grupo No 1.

Consideremos una placa uniforme de material de espesor l y área seccional A cuyas caras son mantenidas a temperatura constante T1 y T respectivamente, donde T1 es mayor que T, observar figura (3-1).

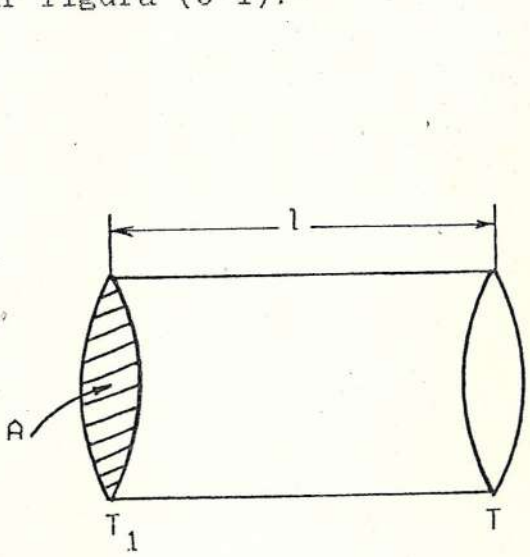


FIGURA (3-1).- TRANSMISION DE CALOR A TRAVES DE UNA PLACA QUE TIENE CARAS A TEMPERATURAS T_1 Y T RESPECTIVAMENTE.

El calor es conducido a través de la placa desde la cara de mayor temperatura a la de menor temperatura (desde T1 hasta T).

Si la placa es termicamente aislada de tal forma que el calor no escape por los lados, como consecuencia las lineas de calor fluiran perpendicularmente a las caras y la cantidad de calor conducida a través del área seccional de la placa es constante.

La razón de flujo de calor R a través de la barra-que es, la cantidad de calor fluyendo a través de la barra por unidad de tiempo es:

a) Directamente proporcional al área seccional A.

b) Directamente proporcional a la diferencia de temperatura (T_1 -T).

c) Inversamente proporcional al espesor l, es decir:

$$R = Q/t = k(A/l)(T_1-T) \qquad (3-1)$$

Donde k el factor de proporcionalidad, es llamado la conductividad térmica del material de la placa.

La conductividad térmica puede ser definida como numericamente igual a la cantidad de calor que es conducida por unidad de tiempo

a través de una unidad de área de una placa de espesor unitario teniendo diferencia de temperatura unitaria entre sus caras.

En este experimento una placa delgada de material de conductividad pobre es colocada entre una fuente a temperatura constante y un receptor consistente de un bloque cilindrico de cobre termicamente aislado, de capacidad térmica conocida. Esta fuente consta de un vaso de cobre con una base de gran masa para asegurar temperatura uniforme y constante.

La cara superior de la placa esta a una temperatura constante T1 al mismo tiempo la temperatura T de la cara inferior esta cambiando lentamente. Suponga que en un pequeño intervalo de tiempo dT donde T es la temperatura instantánea del bloque de cobre. La razón de flujo de calor recibida por el bloque de cobre es:

$$R = M\, c\,(dT/dt) \qquad (3\text{-}2)$$

Donde M es la masa del bloque de cobre, y c es el calor especifico del bloque de cobre.

Si asumimos que el calor no escapa del bloque de cobre, entonces la cantidad de

calor conducida a través del especimen por unidad de tiempo es igual al número de calorías recibidas por el bloque de cobre por segundo o:

$$k(A/l)(T_1-T) = M\,c\,(dT/dt) \qquad (3-3)$$

Donde k es la conductividad tèrmica, l el espesor del especimen cuya cara superior tiene una temperatura constante T1 y cuya cara inferior esta a temperatura T, y donde A es el àrea superficial del bloque de cobre.

Las diferencias de temperatura en este experimento son medidas por 2 temocuplas de cobre-constantan colocadas respectivamente en la fuente y el receptor como se muestra en la figura No (3-2).

Cuando la diferencia de temperatura es pequeña la corriente producida por cada termocupla es proporcional a la diferencia de temperatura. Luego la corriente i producida por las termocuplas esta en funciòn de las temperaturas T1 y T, y esta funciòn està dada por:

$$i = C(T_1-T) \qquad (3-4)$$

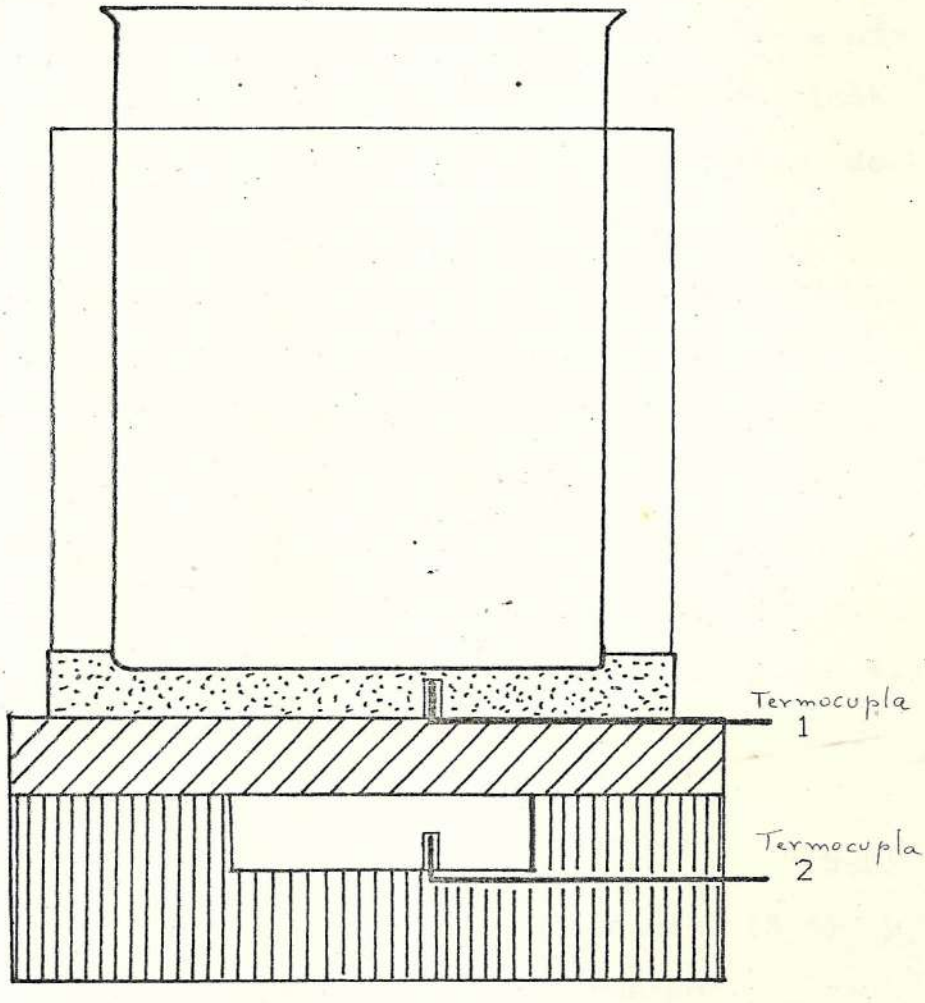


FIGURA (3-2).- Diagrama esquemático del Aparato de conductividad térmica, mostrando la posición de las termocuplas.

Donde C es la constante de proporcionalidad o la corriente producida cuando las funciones estan a una diferencia de temperatura unitaria.

En la prâctica la corriente deberia ser medida por un galvanòmetro el cual tiene una escala lineal de tal forma que la corriente sea proporcional a la deflecciòn del galvanòmetro.

Ahora si T_1 permanece constante y T cambia, algun cambio en T produce un correspondiente cambio en la corriente i. Luego, si la razòn instantânea de cambio de temperatura del bloque de cobre es dT/dt, la razón instantânea de cambio de la corriente termoelèctrica es dada por diferenciaciòn de la ecuacion No (3-4)

$$di/dt = -C(dT/dt) \qquad (3-5)$$

Por sustituciòn de las ecuaciones (3-4) y (3-5) en la ecuaciòn (3-3) obtengo:

$$k(A/l)i = - M c (di/dt) \qquad (3-6)$$

Separando variables e integrando obtengo:

$$t = -(lMc/kA)\log_e i + K \qquad (3-7)$$

Donde e es la base del logaritmo natural y

K' es la constante de integración. Para evaluar K' sustituyo las condiciones iniciales i=io para el tiempo t=0, y usando logaritmo base 10, la ecuación (3-7) quedará asi:

$$t = -(1Mc/kA)(\log i - \log i_o)2.303 \qquad (3-8)$$

De la ecuación (3-8) se deduce que el gráfico de t vs. log i puede ser una linea recta, dado que toda las otras cantidades en la ecuación, incluyendo log io son constantes.

$$m = -2.303(1Mc/kA) \qquad (3-9)$$

En realidad lo que se hace es que se toma lecturas de la diferencia de temperaturas de las caras superior e inferior de la placa de prueba, por medio de un potenciómetro, luego se gráfica t vs. log Δ T y como la corriente es proporcional a la temperatura, al gráficar t vs. log ΔT obtengo la pendiente m la cual puedo substituirla en la ecuación (3-9) y hallar el valor de k que será el valor de la conductividad de la placa de prueba.

El aparato a diseñarse debe permitirnos la medición exacta de los parámetros indicados

anteriormente, para esto será necesario entonces proveernos de una "fuente energètica", y de un sumidero que pueden trabajar en condiciones estables. El diferencial tèrmico será medido mediante la utilizaciòn de termocuplas adecuadas, conectadas a un potenciòmetro.

La fuente energètica estará compuesta de un vaso de cobre con una base pesada, dentro de la base se introducirà una termocupla de cobre-constatan, la misma que estará conectada a otra termocupla del mismo tipo que saldrá del sumidero, el cual no es otra cosa que un bloque de cobre macizo de masa M conocida.

Dentro del vaso de cobre habrá agua a temperatura ambiente la misma que será calentada por medio de un calentador de inmersiòn hasta 100 ^{o}C temperatura que se mantendrà constante en el cambio de fase, el vaso de cobre deberá estar perfectamente aislado, al hervir el agua la temperatura será uniforme en la base del vaso de cobre, se escogiò cobre debido a su alta conductividad térmica, lo cual nos asegura una distribuciòn uniforme de temperatura. Es importante anotar que la base de cobre es

rectificada y pulida para asegurar el mejor contacto posible para la transferencia tèrmica.

El sumidero debe estar perfectamente aislado para que el calor no escape por los lados y para que todo el calor sea transferido desde la fuente al sumidero; al igual que la base del vaso, este sumidero tiene tambien una cara rectificada y pulida por los motivos antes mencionados.

Se necesita una pieza delgada (aprox. 1 cm de espesor) del material cuya conductividad tèrmica va a ser medida, razòn por la cual se harà probetas de acuerdo a la especificaciòn anterior de todos los materiales cuya conductividad tèrmica desee medirse, el especimen, debe ser uniforme en espesor, y debe ser representativo del tipo de material a probarse. El material a ser probado es colocado bajo la fuente pero no sobre el sumidero, una vez que se establezca una diferencia de temperatura estable, se colocarà la forma de prueba y la fuente sobre el sumidero, el cual deberà estar aproximadamente a la temperatura ambiente. La base pesada mantiene el especimen en intimo contacto con la fuente y el sumidero,

previniendo asi alguna pelicula de aire que se pueda formar entre la forma y la fuente o receptor.

Un conjunto de cerca de 10 lecturas deben ser tomadas, debe medirse el espesor de la forma por medio de un micròmetro, aplicando aproximadamente la misma presiòn como la que se usarà en el experimento, ademàs debe medirse el diàmetro del sumidero en la parte superior de este.

Despuès de haber obtenido las lecturas se dibujarà un gràfico usando el tiempo t como ordenada y log $\triangle T$ como abcisa, luego se determinarà la pendiente del gràfico.

Usando el valor de la pendiente obtenida desde el gràfico, la masa M y el àrea A del bloque de cobre, el calor especifico c del cobre y el espesor l de la forma, calculamos la conductividad tèrmica k.

A continuaciòn en la figura (3-3) se expone las dimensiones del equipo y las dimensiones de la placa de prueba.

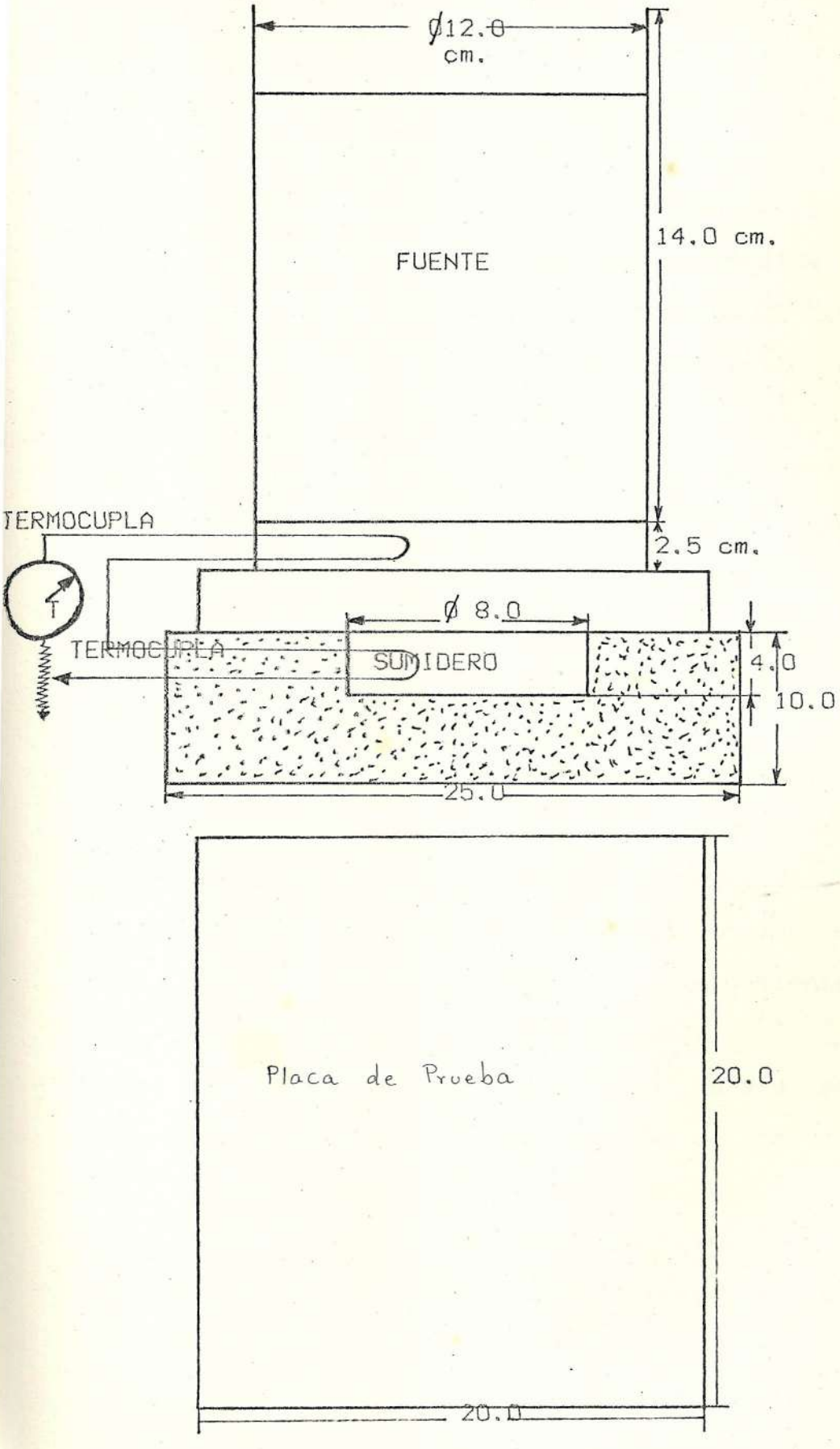


FIGURA (3-3).- DIMENSIONES DEL EQUIPO

3.2.2.-DESCRIPCION DEL EQUIPO PARA MEDICION DE MEDIAS CONDUCTIVIDADES TERMICAS.

El mètodo utilizado para la mediciòn de la conductividad tèrmica de valores medios es conocido como el METODO DE LA PLACA DE CALOR GUARDADO, y es un mètodo de mediciòn que utiliza el estado estable.

El tèrmino placa de calor guardado es dado para el conjunto completo, es decir, placa de calentamiento, placa de enfriamiento y el medio aislante.

El equipo en general consiste de una unidad de calentamiento, dos especimenes de la muestra que se desee probar y una unidad de enfriamiento. Las unidades de calentamiento y de enfriamiento pueden ser cuadradas o redondas, en nuestro caso el equipo que usamos tenia las unidades de calentamiento y de enfriamiento de forma cuadrada.

La unidad de calentamiento a su vez esta formada por dos secciones, la de medición propiamente dicha y la de resguardo, que sirve para evitar pèrdida de calor por los lados, logrando asi, que el calor fluya en una sola direcciòn. El calor està siendo suministrado por una resistencia colocada de

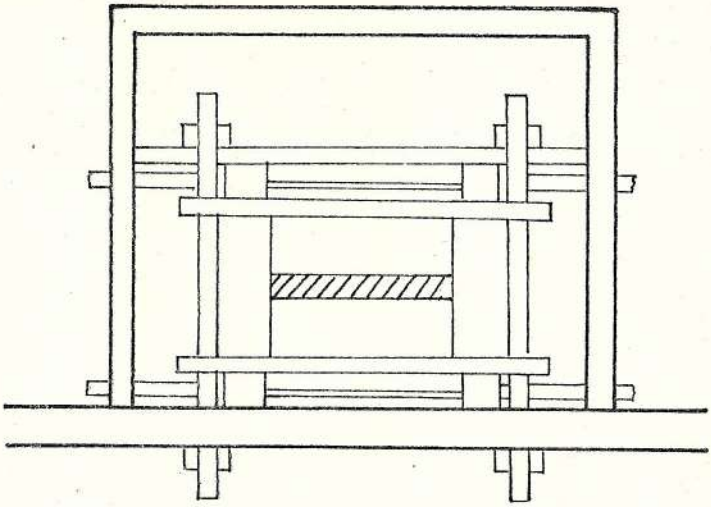
manera que el calor se distribuya uniformemente sobre toda el área de la unidad de calentamiento.

El material de esta unidad es aluminio, material que tiene una alta conductividad y ademas de fácil consecución en el mercado, el área de medición esta separada del área de resguardo por 4mm de espacio entre una y otra.

La unidad de enfriamiento tiene las mismas dimensiones que la unidad de calentamiento, las cuales son dadas en la figura (3-4). Esta unidad consiste de dos pequeños intercambiadores de calor, por los cuales se les hace pasar agua helada, la temperatura del agua se mantiene constante por medio de un control manual, y durante su paso saca el calor que ha podido pasar a traves de los especimenes que queremos probar.

La temperatura se controló durante toda la prueba por medio de termocuplas, conectadas en el lado caliente y frio para poder luego determinar la diferencia de temperatura.

Para evitar pérdidas de calor por los extremos de la caja guardiana y del especimen de prueba, se cubrió todo el conjunto con lana de vidrio y esto a su vez



ESQUEMA GENERAL DEL EQUIPO

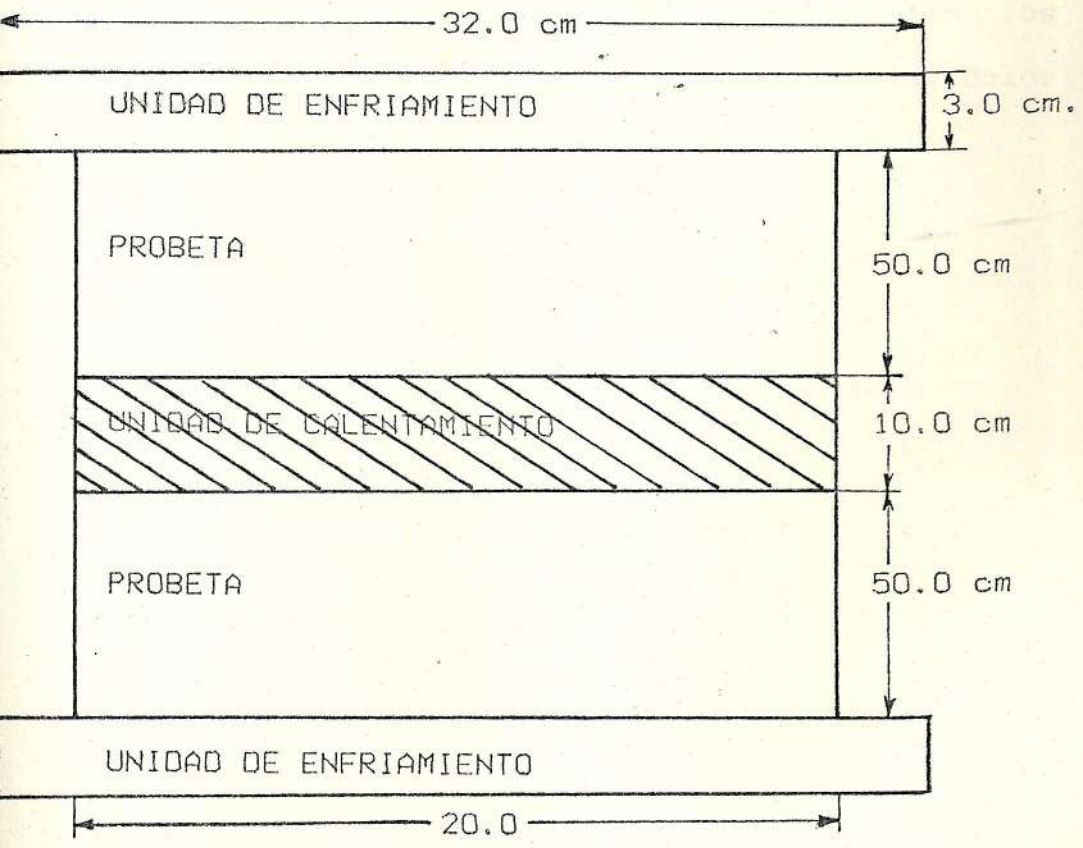


FIGURA (3-4).- Dimensiones del equipo para medías conductividades térmicas.

fue introducido en un cajòn de aglomerado.

El especimen que se desee probar debe ser homogéneo y representativo del material a probarse en todos los aspectos, debe ser uniforme en espesor y el conjunto total debe ser sometido a cierta presiòn de tal forma que exista intimo contacto entre la unidad de calentamiento, el especimen a probar y la unidad de calentamiento.

El espesor debe medirse aplicando la misma presiòn que va a tener en el momento de la prueba.

Si asumimos que el calor està fluyendo en una sola direcciòn y que no escapa por los lados, es decir no hay pèrdidas de calor podemos decir:

$$\partial^2 T / \partial x^2 = 0$$

Integrando me da:

$$q = k\, A/l\, (\theta_1 - \theta_2)$$

θ_1 = temperatura lado caliente.

θ_2 = temperatura lado frio.

l = espesor de las probetas.

El calor lo obtenemos de:

$q = V.I.$

Conocido el calor, las temperaturas y el

espesor puedo facilmente calcular k:

$$k = ql/A\ (\theta_1 - \theta_2)$$

Siendo k la conductividad del material.

.3.- PRUEBAS.

En esta sección se realizó pruebas para los dos equipos mencionados en la sección anterior.

PRUEBAS PARA PRIMER GRUPO

Antes de empezar con la prueba se calibró el equipo, comprobando si la temperatura obtenida en la base de la fuente era la misma que la temperatura de un termómetro sumergido en el agua del vaso de cobre. Se pudo observar que había una diferencia de dos grados centígrados.
Esta diferencia de dos grados centigrados se debia a que la termocupla estuvo colocada en la base del vaso de cobre y no directamente en el agua.

Luego que el equipo estuvo calibrado, se procedió a realizar la prueba, lo primero que hicimos fue sumergir el calentador en el agua del vaso de cobre, una vez que el agua llego a los 100 grados centigrados, empezó su fase de evaporación, fase durante la cual la temperatura permanece constante, aprovechandonos de esto, colocamos la fuente como hemos llamado al vaso de cobre, sobre el especimen que deseamos probar, una vez que el sistema se estabilizó y obtuvimos temperatura constante en la

base del vaso de cobre, colocamos este conjunto sobre el sumidero, en ese momento comenzamos a realizar lecturas del cambio de temperatura del sumidero con respecto al tiempo.

Las lecturas deben ser tomadas en un intervalo no mayor a 10 minutos.

Para una mejor organizaciòn en la toma de datos, y luego en los cálculos, se procedio a elaborar una hoja registro, como se ilustra en la figura (3-5), con el propòsito de la tabulaciòn y graficaciòn de los mismos. En la figura (3-6) se ilustra el tipo de gràfico que debemos obtener al graficar el tiempo versus el logaritmo de la diferencia de temperatura.

Las tablas se encontraran en el capitulo 5 y se han listado con la letra A y los gràficos pueden observarse en el anexo B.

Para el primer grupo hay 12 tablas y 12 gràficos.

NOMBRE

T1 (o C)	T2 (o C)	t (min)	T (o C)	log T
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------
------	-------	-------	-------	-------

------- gr V=-------cm3 d=----gr/cm3

-------w/m oC kt=-----w/m oC

A-X

FIGURA (3-5)

NOMBRE

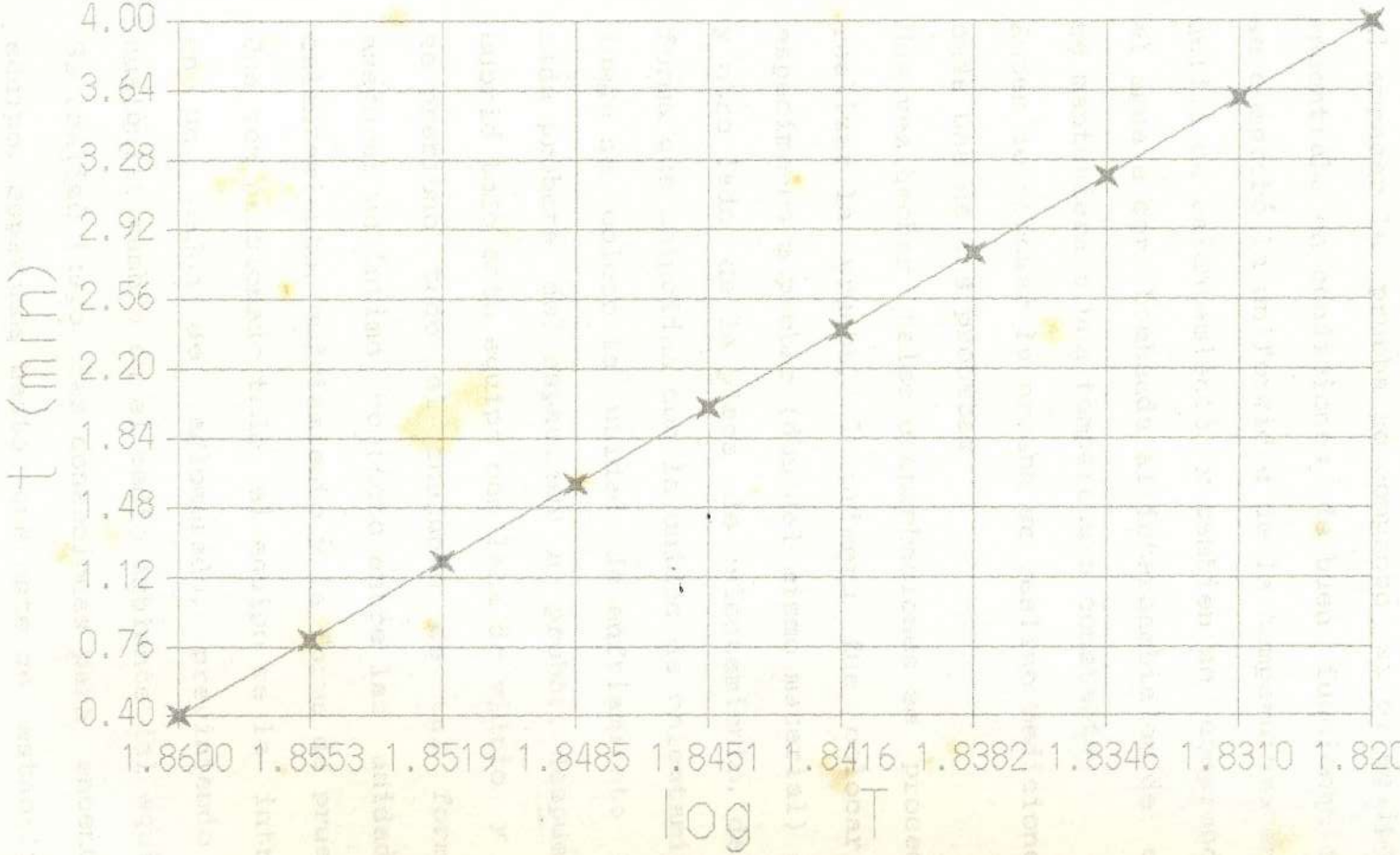


Figura (3-6)

B-X

PRUEBAS PARA EL SEGUNDO GRUPO

Al empezar la prueba se comprobó si el equipo se encontraba en condiciones de buen funcionamiento, se comprobó la uniformidad de la temperatura en la unidad de calentamiento y tambien se comprobó que el agua a ser bombeada al intercambiador de calor se mantuviera a una temperatura constante.

Antes de empezar la prueba se realizó mediciones de cada una de las probetas.

Una vez hechas tales comprobaciones se procedió a realizar la prueba, lo primero fue colocar los especimenes a probar (dos del mismo material) a uno y otro lado de la placa de calentamiento, de tal forma que coincidan con la unidad de calentamiento, luego se coloco la unidad de enfriamiento sobre cada probeta del especimen a probar, después se cubrió todo este equipo con lana de vidrio y luego se presionó todo el conjunto de tal forma de asegurar un íntimo contacto entre las unidades de calentamiento, enfriamiento y la forma de prueba.

Una vez presionado todo el equipo se lo introdujó en un cajòn de aglomerado, previniendo así cualquier cambio en el medio ambiente del equipo.

Se realizó luego las conecciones para encender el equipo, esperamos hasta que este se estabilizara, es decir hasta que se mantuvieran constantes las

temperaturas en los lados caliente y frio, lo cual tomò distinto tiempo para los distintos materiales, una vez estabilizado se procedió a tomar lecturas de temperaturas, voltaje y corriente.

Durante toda la prueba se estuvo continuamente comprobando que el calor no escapara por los lados.

Despues de realizar una prueba se desmontò todo el equipo y se volvio a montar con otra probeta diferente.

Igualmente como para el primer grupo se elaboro una hoja-registro como se ilustra en la figura (3-7).

Estas tablas pueden observarse en el capitulo 5, han sido listadas con la letra C.

A DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

EBA No --
ECIMEN: ------
ESOR: ---- mm AREA: ----- cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	------	------	------	------
15.00	------	------	------	------
30.00	------	------	------	------
45.00	------	------	------	------
60.00	------	------	------	------
75.00	------	------	------	------
90.00	------	------	------	------

JO DE CALOR q = ----- watt

MPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = ---- oC

NDUCTIVIDAD TERMICA: k= ---- watt/m oC

C-X

Figura (3-7)

4.- CALCULOS.

CALCULOS PARA EL PRIMER GRUPO.

El cálculo estará basado en la siguiente ecuación:

$$k = - 2.303 (lMc/mA)$$

si:

$l = 8.2 \times 10^{-3}$ m.

M=1.653 Kg.

c=0,09 cal/gr °C.

$A = 50.26 \times 10^{-4}$ m .

Reemplazando estos valores en la ecuacion anterior obtengo:

$$k = - 6.48 \times 10^{-1} (1/m)$$

La única incognita es m, que es la pendiente del gráfico del tiempo versus el logaritmo de la diferencia de temperatura.

La conductividad obtenida mediante esta fórmula estará dada en:

Watt/m °C.

La fórmula teórica para comprobar la conductividad en la madera es:

$$k = 0.053 + 0.1036(\rho_a - 0.400) \qquad (3-14)$$

Siendo:

ρ_a = densidad de la probeta (madera).

La densidad debe estar en gr/cm^3 para poder ser aplicada en esta fòrmula.

En las probetas que no son de madera se tomo valores tabulados para establecer una comparaciòn entre el valor obtenido por nosotros y el dado en las tablas.

Como una muestra de la metodología seguida en el càlculo expongo a continuaciòn el siguiente ejemplo:

Nombre de la probeta: CEDRO

Lugar de origen: PASAJE (EL ORO)

Uso comun: CONST. DE MUEBLES

Los valores obtenidos de tiempo y temperatura para este especimen son los siguientes:

t(min)	(T ^oC)
0.61	71.11
0.72	70.55
0.88	70.00
0.76	69.44
0.95	68.89
0.89	68.33
1.00	67.78

Del gràfico de t vs. log Δ T para el cedro (B-3), obtengo el valor de la pendiente que es 6,88 hr. y con este valor reemplazo en:

$k = - 0.64995/m$ (hr)

Lo cual me darà:

$k = -0.095$ Watt/m ^{o}C.

De la tabla A-3 obtengo el valor de densidad para esta clase de madera.

$\rho = 0,422$ gr/cm^3.

Con este valor de densidad, ingreso a la fòrmula para determinar el valor de la conductividad teòrica, y obtengo:

$k = 0,095$ Watt/m ^{o}C.

Para algunas pruebas los valores teòrico y experimental coincidieron, para otras hubo variaciones entre ambos valores.

CALCULOS PARA EL SEGUNDO GRUPO.

El cálculo estará basado en la siguiente ecuación:

$$k = U^2 l / R\, A(\Delta T)$$

siendo:

V = voltaje entrando a la resistencia (voltios)

l = espesor de la probeta (metros)

R = valor de la resistencia (ohmios)

θ_1 = temperatura lado caliente (^oC)

θ_2 = temperatura lado frio (^oC)

A = área de transferencia de calor = 0.009752 m^2.

Reemplazando el valor del área que permanece constante en todas las probetas, obtengo:

$$k = 102.5\, U^2 l / R\, \Delta T$$

La conductividad obtenida mediante esta fórmula estará dada en:

Watt/m ^oC.

Como una muestra de la metodologia seguida en el cálculo expongo a continuación el siguiente ejemplo:

PRUEBA #: 4

ESPECIMEN: POLIURETANO

ESPESOR: 18.08 mm

AREA: 97.52 mm^2

Los valores obtenidos para este especimen son los siguientes:

A DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

EBA # 4
ECIMEN: POLIURETANO
ESOR: 18.08 mm AREA: 97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	58.80	24.40	6.05	28.90
15.00	58.70	24.30	6.09	28.90
30.00	58.70	24.40	6.12	28.90
45.00	58.70	24.40	6.12	28.90
60.00	58.70	24.40	6.11	28.90
75.00	58.75	24.30	6.05	28.90
90.00	58.68	24.30	6.10	28.90

UJO DE CALOR q = 0.642 watt

MPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 39.4oC

NDUCTIVIDAD TERMICA: k = 0.035 watt/m oC

Si reemplazamos estos valores en la siguiente fórmula:

$$k = 102.5\ U^2 1/R\ \Delta T$$

obtengo:

$$k = 0.035 \text{ watt/ m } ^{o}C.$$

Este mismo procedimiento se siguio para las demás probetas.

CAPITULO 4

TRANSMISION DE CALOR A TRAVES DE PAREDES DE MATERIALES COMUNES

4.1.-DESCRIPCION DE LAS PAREDES

PARED # 1.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Placa de asbesto cemento sin corrugar de 4mm de espesor

c.- poliuretano expandido 32mm de espesor

d.- Aglomerado de madera 6mm

e.- Superficie interior fría.

PARED # 2.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Placa de asbesto cemento sin corrugar de 4mm de espesor

c.- Poliuretano expandido 32mm de espesor (denso)

d.- Placa de asbesto cemento 4mm de espesor

e.- Superficie interior fría.

PARED # 3.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Placa fibra vegetal-cemento 7 mm de espesor

c.- Poliuretano expandido 55 mm (d=30 kg/m)

d.- Placa fibra vegetal-cemento 7 mm de espesor

e.- Superficie interior fría.

PARED # 4.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Mortero de cemento (superficie rugosa 25 mm)

c.- Cana guadua 12 mm

d.- Mortero de cemento (superficie rugosa 25 mm)

e.- Superficie interior fría.

PARED # 5.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Bloque de cemento (90mm espesor)

c.- Superficie interior fría.

PARED # 6.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Bloque de arcilla (80 mm de espesor)

c.- Superficie interior fría.

PARED # 7.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Bloque de arcilla relleno con poliuretano (80 mm de espesor)

c.- Superficie interior fría.

2.- EFECTO DEL VIENTO Y DE LA ORIENTACION DE LAS PAREDES.-

La elecciòn de la orientacion de un edificio viene determinada principalmente por dos factores climàticos:

- La radiaciòn solar, y
- El viento.

Para las ganancias o pèrdidas de calor es importante considerar el recorrido del sol.

Como sabemos el clima en Guayaquil es predominantemente caliente y el problema es la ganancia de calor desde fuera hacia dentro, por tal razòn los edificios deberàn ser orientados de tal manera de permitir el ingreso de la menor cantidad de radiaciòn solar.

El equipo que usaremos para determinar el coeficiente total de transferencia de calor, asumirà que las paredes estan colocadas verticalmente, recibiendo la màxima intensidad de radiaciòn solar, por lo que las temperaturas que usaremos para simular las temperaturas exteriores estaràn en un rango de 30 a 35 ^{o} C.

El viento es un desplazamiento de aire generado por las diferencias de presiones entre las masas de aire.

Los efectos del viento sobre las construcciones son muchos, entre los principales anotaremos los siguientes:

- Los efectos mecánicos sobre la construcción.
- La pérdida de calor por aberturas: puertas, ventanas, fallas constructivas.
- La variación de temperatura y húmedad en interiores.
- La corrosión y abrasión provocados por las particulas que estas portan.

De estos efectos nos interesan sólo dos, el que se refiere a pérdida de calor y el que trata con la variación de temperatura y húmedad en interiores.

Es conocido que la dirección y velocidad del viento intervienen en la elección de la orientación de las fachadas, es decir la velocidad del viento esta intimamente relacionada con la orientación de las paredes.

La posición de las fachadas y vanos con relación a los vientos dominantes no es indiferente, sin embargo es necesario distinguir entre vientos fuertes, que constituyen un perjuicio, y brisas, que pueden contribuir a la ventilación natural, cuando la temperatura comienza a elevarse, se produce una reacción de la que cuesta trabajo liberarse y que consiste en abrir las ventanas para que entre aire. Ahora bien, en periodos de calor,

el aire exterior es muchas veces mas caliente que el que se respira en el interior, y si se deja que entre en la vivienda, no solo no se lograra el efecto deseado (un enfriamiento), sino que se permitira que la masa tèrmica interior se cargue de calorías que volveran a aparecer cuando la temperatura exterior comience a bajar.

Puede conseguirse el efecto inverso abriendo las ventanas durante las horas en que la temperatura exterior es mas fresca. Durante estas horas la masa tèrmica se descarga y su capacidad calorifica queda entonces acrecentada para las horas de calor.

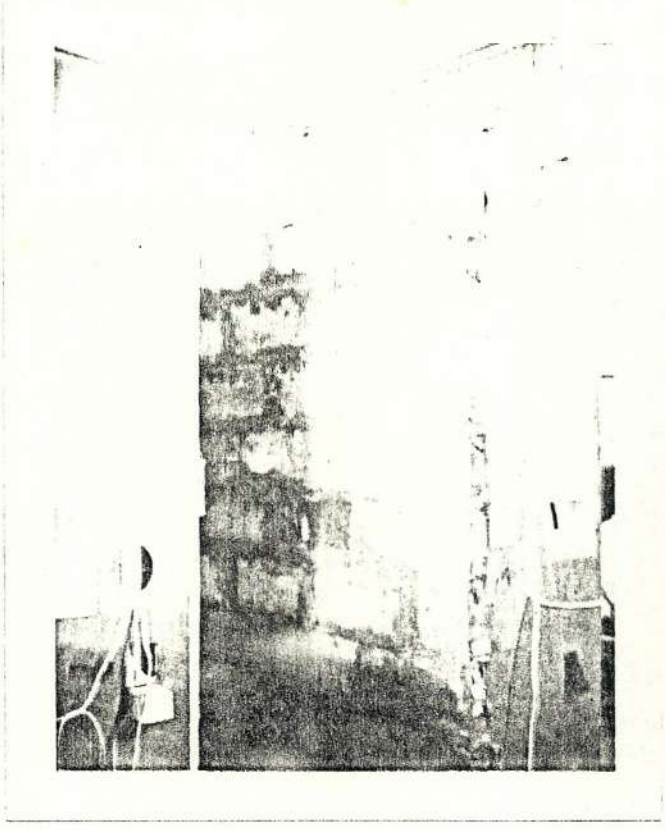
En la presente tesis, lo que se utilizará es un equipo que determinará el coeficiente total de transferencia de calor, simulando condiciones internas y externas a la pared.

La velocidad del aire entre el panel y la parte caliente del mencionado equipo es de 1.2 m/seg y entre el panel y la parte fría es de 1.0 m/seg .

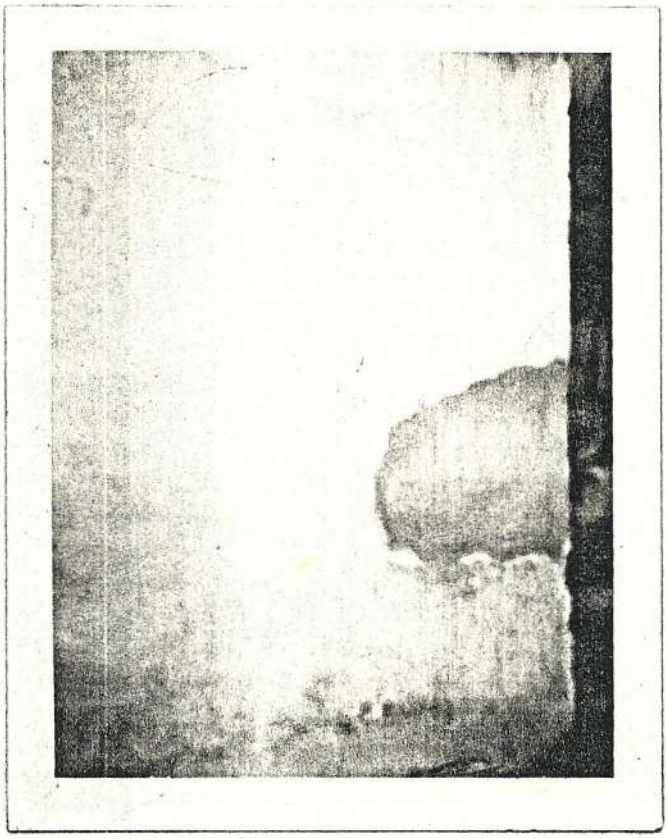
- CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO.-

El prototipo al que nos referimos es en sí la construcción de cada una de las paredes antes mencionadas, cuyas dimensiones fueron de 1.6x2 metros cuadrados, y el espesor dependio del tipo de pared en cada caso.

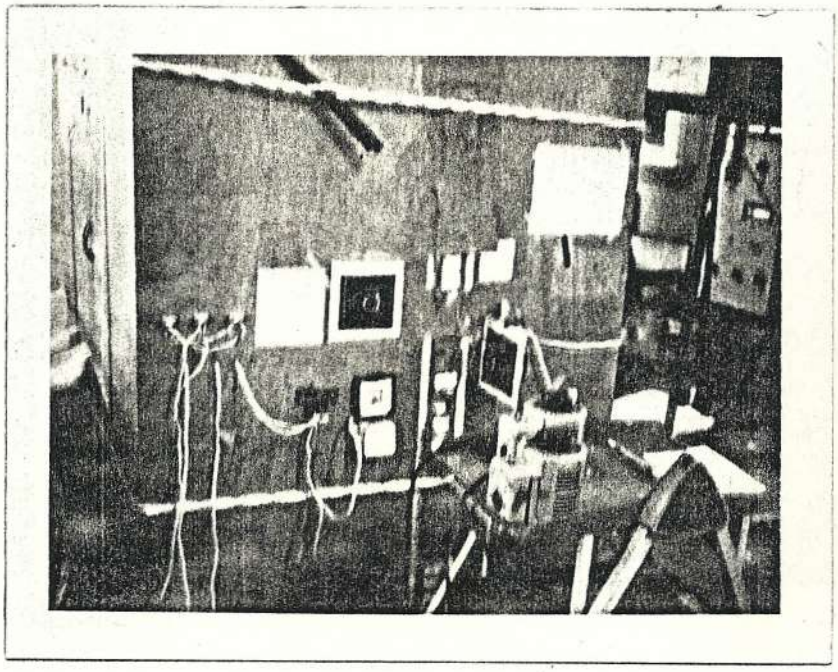
A continuación se expone las fotos de algunas de estas paredes.



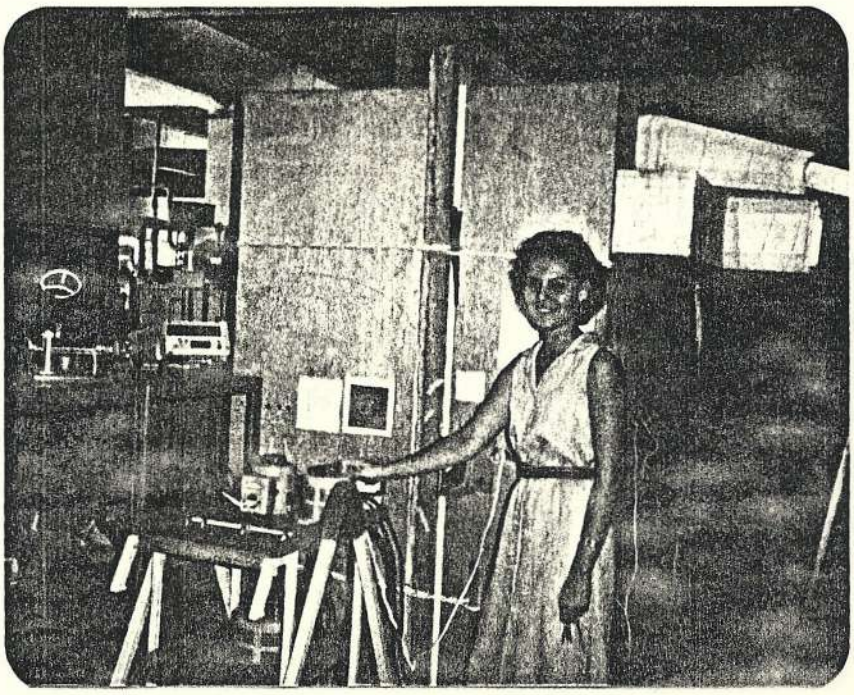
PARED # 7.- BLOQUE DE ARCILLA
RELLENO DE POLIURETANO.

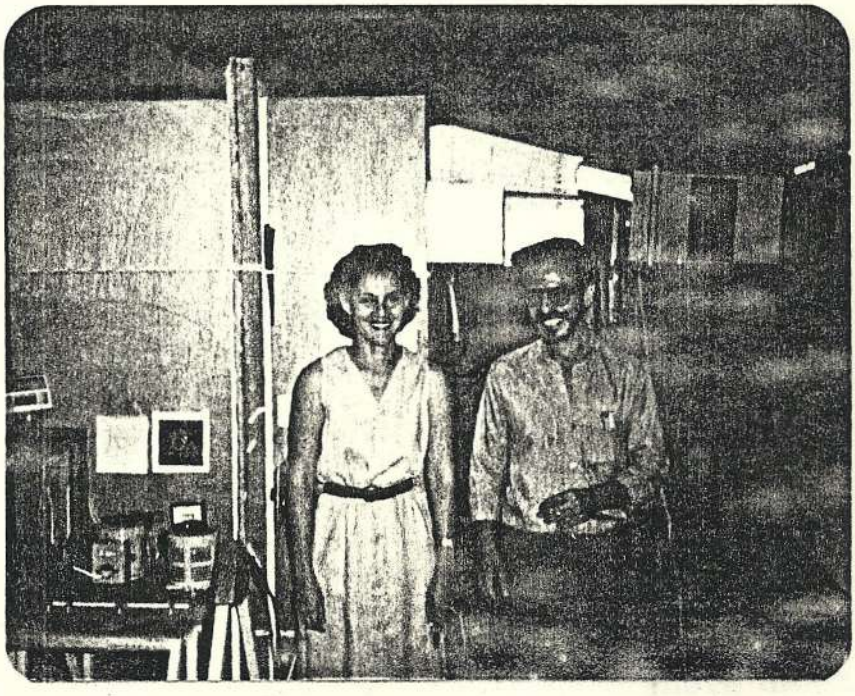


PARED # 4.- MORTERO DE CEMENTO, CANA, MORTERO DE CEMENTO.



PARED # 6.- BLOQUE DE ARCILLA.





PARED # 4.- MORTERO DE CEMENTO-CANA-MORTERO DE CEMENTO.

.4.- DESCRIPCION Y CALIBRACION DEL EQUIPO A USARSE.

El equipo a usarse se conoce con el nombre de caja caliente resguardada y cubre la determinaciòn del coeficiente total de transferencia de calor de paneles de construcciòn, no necesariamente homògeneos.

En este equipo se establece una diferencia de temperatura estable durante algun tiempo para asegurar un flujo de calor constante, conociendo el calor por mediciòn del voltaje y corriente entrando, y asegurando una diferencia de temperatura estable entre el lado frio y el lado caliente, puedo calcular el coeficiente total de transferencia de calor.

La mediciòn de las temperaturas y del área, no representa ninguna dificultad, pero la mediciòn del flujo de calor debe hacerse de una manera indirecta, utilizando para ello el voltaje y la corriente entrando a la caja de mediciòn.

El coeficiente total de transferencia de calor se lo càlcula de la fòrmula:

$$U = (Q_t / A)(T_h - T_c)$$

donde:

Qt = calor total a la caja de medición.

A = área de transferencia de calor = 1 m^2.

ΔT = diferencia de temperatura entre la temperatura del aire caliente (Th) y la temperatura del aire frio (Tc).

El calor total a la caja de medición es:

$$Qt = Q - Qp.$$

siendo:

Q = calor a la caja de medición = Pr + Pv.

donde:

Pr = VrIr = potencia a la resistencia.

Pv = VvIv = potencia al ventilador.

entonces:

$$Q = VrIr + VvIv.$$

y

Qp = calor pérdido a través de las paredes de la caja de medición

$$= k\ Ac\ (Ti-Te)/L.$$

donde:

k = 0.059 watt/m oC.

Ac = 2.8 m^2.

L = 0.04 m.

Ti = temperatura pared interior caja de mediciòn.

Te = temperatura pared exterior caja de mediciòn.

entonces:

Qp = 4.13 (Ti-Te).

El equipo basicamente consta de tres partes: caja de mediciòn, caja de resguardo y caja fria. Ver figura (4-1).

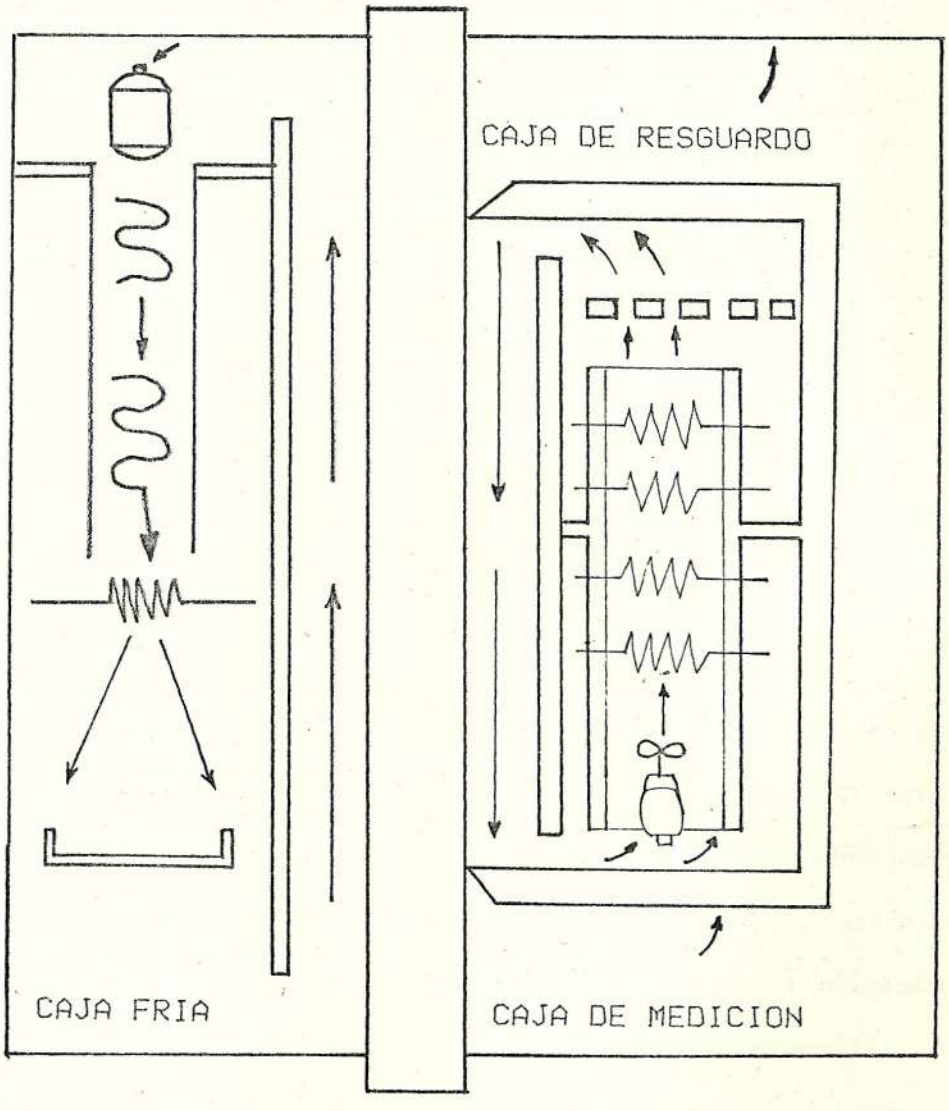


FIGURA (4-1).- PARTES CONSTITUTIVAS DEL EQUIPO DE MEDICION DEL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

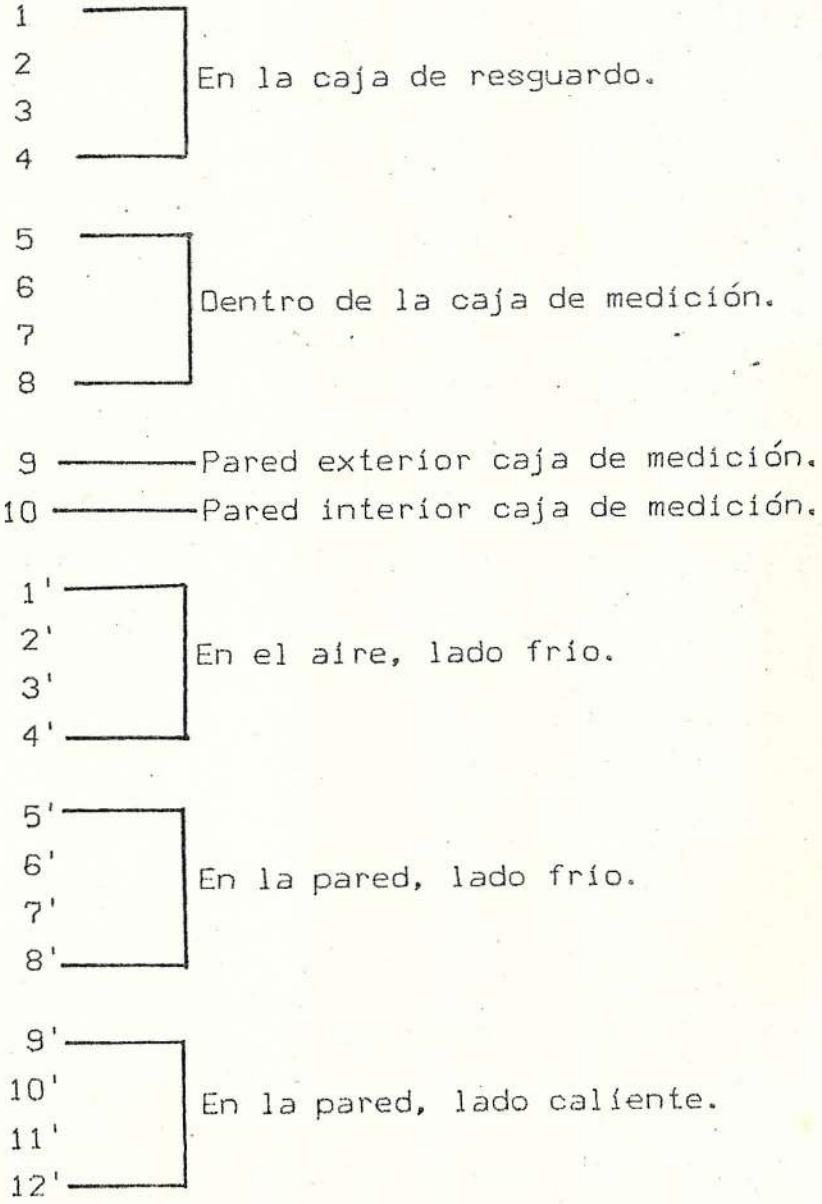
A continuaciòn pasarè a describir el equipo a usar:

- CAJA DE MEDICION.-

Las dimensiones de esta caja son : un metro de alto por un metro de ancho y 0.45 mts. de profundidad.
La caja de mediciòn tiene cinco lados cerrados y uno abierto, a travez de este se envia el calor generado por las resistencias que se encuentran en el interior de la caja de mediciòn.
La transferencia de calor a través de las paredes de la caja de mediciòn es minima, debido a que sus lados son de balsa y pegados, no clavados puesto que esto formaria concentradores de calor alrededor de cada uno de los clavos.

La temperatura de esta caja se la controla ajustando el voltaje de salida de un variac, el cual se encuentra conectado a la resistencia eléctrica. La mediciòn de la potencia elèctrica entregada a la caja se la realiza midiendo el voltaje y la corriente a la resistencia y el ventilador. El voltaje se lo mide con una exactitud de 0.1v y la corriente con una exactitud de 1 mA.
Para controlar el flujo de calor por los lados de la caja se lee continuamente la temperatura de las termocuplas colocadas interior y exteriormente a los lados de la caja.

La medición de la temperatura en el lado caliente se la realiza por 4 termocuplas colocadas simetricamente una con respecto a otra y 4 termocuplas colocadas en el panel de prueba en la misma dirección de las 4 mencionadas antes, para darse una idea de la colocación de las termocuplas, ver figura (4-2).



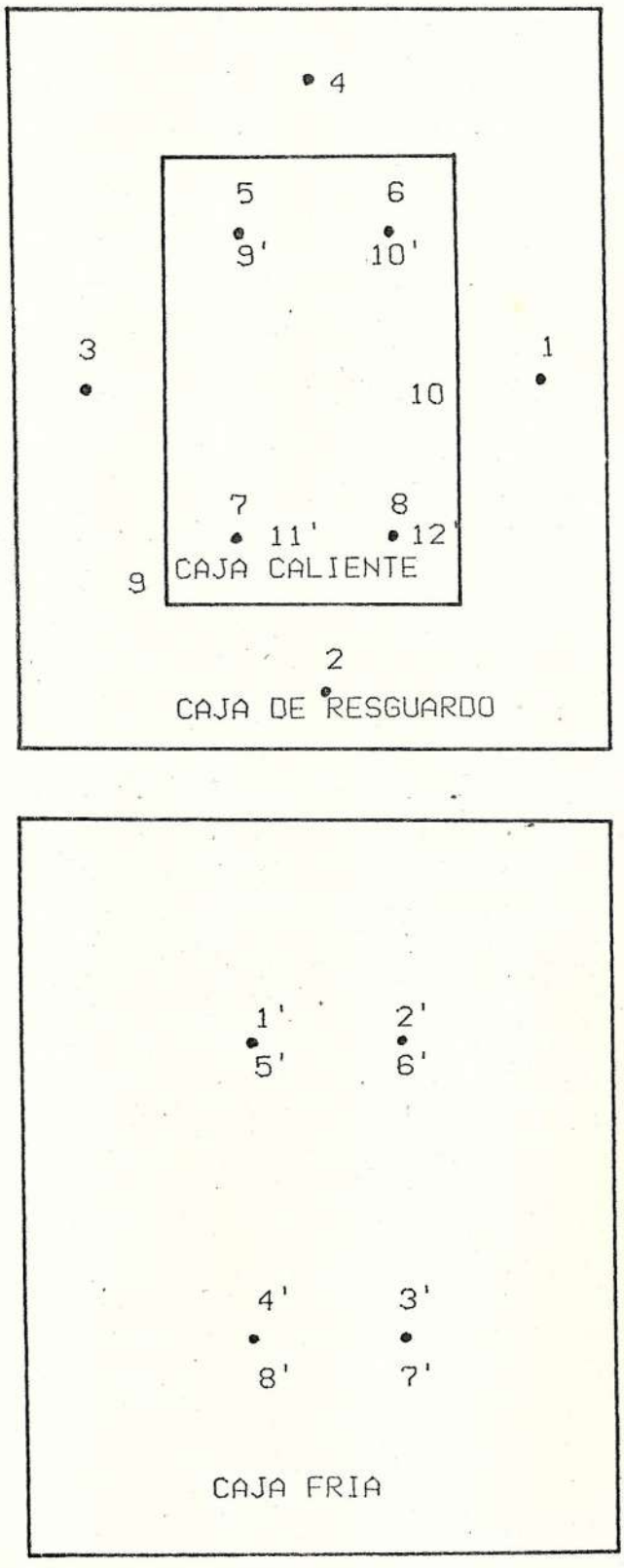


FIGURA (4-2).- UBICACION DE LAS TERMOCUPLAS.

- CAJA DE RESGUARDO.-

Las dimensiones son: 1.60 m de ancho por 2.00 m de alto y 0.65 m de profundidad, esta hecha de madera plywood de 15mm de espesor cubierta interiormente con plancha de poliestireno de 15 mm de espesor, el objetivo de haberla construido de este material fue tratar de minimizar las pérdidas de calor a través de las paredes.

Como se puede observar en la figura (4-1) dentro de la caja guardiana se tiene un arreglo de resistencias y ventiladores para asegurar buena circulación de aire caliente alrededor de la caja de resguardo y del panel de prueba.

La temperatura de esta caja se la controla ajustando el voltaje de salida de un variac, al cual se encuentran conectadas las resistencias, y un segundo control se lo realiza por medio de un controlador de temperatura automàtico conectado en serie con el variac.

Para controlar la temperatura de la caja de resguardo se lee la temperatura en 4 termocuplas colocadas en cada uno de los cuatro lados de dicha caja.

CAJA FRIA.-

Las dimensiones de esta caja son 1.60m de ancho por

2.00 m de alto y 0.45 m de profundidad, esta hecha de plywood y forrada con poliestireno como la caja de resguardo.

Por el espacio existente entre el panel de prueba y el bafle colocado a 150mm de este circula aire frio de abajo hacia arriba, proveniente de una unidad de aire acondicionado.

La temperatura se la controla ajustando el voltaje de salida de un variac, al cual estan conectadas 4 resistencias colocadas a la salida del ducto de descarga del aire acondicionado.

Con 4 termocuplas colocadas en la superficie del panel de prueba del lado frio y 4 termocuplas colocadas a 75mm de la pared se mide las temperaturas en el aire y en la superficie fria, estas termocuplas se encuentran colocadas directamente opuestas a las de la caja de medición.

Todas las temperaturas se miden con temocuplas tipo J.

- MEDICIONES

Para poder realizar las mediciones se colocó las termocuplas en los lados caliente y frío en las direcciones mencionadas en el numeral anterior, luego se conectaron al registrador dígital de temperatura y una vez conectadas se procedió a unir las partes caliente y fría del equipo, con la pared de prueba en medio de ambas.

La prueba es preferible para paneles cuyo contenido de hùmedad es mínimo, pues al ser sometidas al calor, comenzaran a perder la hùmedad con la que normalmente trabajan los paneles.

Se ajustó el equipo tratando de no permitir que quedaran espacios de aire entre las cajas y el panel de prueba, pues una mínima ranura permitiria que se escape el calor, lo que impediria que se alcance el estado estable.

La caja de mediciòn debe estar perfectamente sellada contra el panel de prueba. Para asegurar aislamiento total del panel de prueba se aisló los bordes del mismo con tiras de poliestireno.

Una vez sellado todo el conjunto, se procedió a realizar las conecciones necesarias para el accionamiento de las resistencias, los ventiladores y el aparato de aire acondicionado.

Una vez prendido el equipo se fija tentativamente el voltaje de entrada a la resistencia de la caja de medición, y el de entrada a la resistencia de la caja de resguardo, de tal forma que la diferencia entre la temperatura de la caja de medición y la de resguardo sea de 3 ^{o} C como màximo. Se estuvo controlando hasta alcanzar la estabilización, la misma que demoró distinto tiempo para los distintos paneles, una vez estabilizado el conjunto se procedió a tomar lecturas de las temperaturas de la caja de medición, caja de resguardo, y caja fria, y luego se midio los voltajes y corrientes entrando en la resistencia y en el ventilador de la caja de medición.

Para realizar todas estas mediciones se elaboró una hoja de registro, la misma que se muestra en la figura (4-3).

Los valores obtenidos para esta prueba se encontraran en el capítulo 5 en las tablas nombradas con la letra D.

OJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

RUEBA # --
ANEL PROBADO:----------
SPESOR: ---- mm
IPO SUPERFICIE
RIA:---------- CALIENTE: ----------

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 2	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 3	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 4	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 5	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 6	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 7	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 8	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 9	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 10	------	------	------	------
	------	------	------	------

TIEMPO min	Ø.ØØ	6Ø.ØØ	12Ø.ØØ	18Ø.ØØ
ERMOCUPLA	3Ø.ØØ	9Ø.ØØ	15Ø.ØØ	21Ø.ØØ
T # 1'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 2'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 3'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 4'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 5'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 6'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 7'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 8'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 9'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 1Ø'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 11'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 12'	------	------	------	------
	------	------	------	------
OLTAJE A SISTENCIA	voltios voltios	voltios voltios	voltios voltios	voltios voltios
OLTAJE A ENTILADOR	voltios voltios	voltios voltios	voltios voltios	voltios voltios
RRIENTE A SISTENCIA	ampereos ampereos	ampereos ampereos	ampereos ampereos	ampereos ampereos
RRIENTE A ENTILADOR	ampereos ampereos	ampereos ampereos	ampereos ampereos	ampereos ampereos

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO (min)	Ø.ØØ 30.ØØ	6Ø.ØØ 9Ø.ØØ	12Ø.ØØ 15Ø.ØØ	18Ø.ØØ 21Ø.ØØ
Th (o C)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Tc (o C)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Te (o C)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Ti (o C)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
T2 (o C)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
T1 (o C)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Pr (watt)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Pv (watt)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Q (watt)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Qp (watt)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
Qt (watt)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
U (w/m oC)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
hi (w/m oC)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------
ho (w/m oC)	------ ------	------ ------	------ ------	------ ------

D-X

FIGURA (4-3)

4.6.- CALCULOS.-

El cálculo estará basado en la siguiente ecuación:

$$U = Q_t / T_h - T_c$$

Siendo:

Q_T = Calor total a la caja de medición.

T_h = Temperatura aire caliente.

T_c = Temperatura aire frío.

Como una muestra de la metodologia seguida en el cálculo, expongo a continuación el siguiente ejemplo:

PANEL PROBADO: PARED # 4.

a.- Superficie exterior caliente

b.- Mortero de cemento (25mm)

c.- caña guadúa (12mm)

d.- Mortero de cemento (25mm)

e.- Superficie interior fría.

De la tabla D-4:

Th = 30.16 oC.

Tc = 14.4 oC.

Te = 30.2 oC.

Ti = 30.4 oC.

Pr = 14.3 watt.

Pv = 27.7 watt.

Q = 42 watt.

Qp = 0.83 watt.

Qt = 41.17watt.

con estos datos reemplazo en:

$$U = Qt/(Th - Tc)$$

y obtengo:

U = 2.61 watt/m oC.

CAPITULO 5

ANALISIS DE RESULTADOS TEORICOS Y EXPERIMENTALES

5.1.- TABULACION DE RESULTADOS EXPERIMENTALES.

En el anexo E se encontrará los tipos de maderas más usados, clasificados de acuerdo a la Provincia a la que pertenecen y al tipo de uso que se le da; además de los tipos de materiales de construcción más utilizados en el litoral Ecuatoriano.

En el anexo F se da los respectivos porcentajes de utilizaciòn de los materiales antes mencionados.

Los resultados obtenidos experimentalmente para el primer grupo han sido tabulados con la letra A y se encontraran en el anexo de la misma letra.

Los gráficos que resultaron de las pruebas del primer grupo han sido nominados con la letra B y se encuentran en el anexo respectivo.

Las pruebas realizadas para el segundo grupo se reconocèran con la letra C y se han reunido en el anexo del mismo nombre.

En el anexo D se han recopilado los datos y resultados de las pruebas hechas para el tercer grupo, cuyas tablas se nombraron con la letra D.

A continuaciòn se muestran los valores experimentales tabulados en conjunto:

PRIMER GRUPO:

NOMBRE	K (WATT/M ^{O}C)
AGLOMERADO	Ø.12
BALSAMO	Ø.14
CEDRO	Ø.Ø95
ETERNIT	Ø.Ø61
FIGUEROA	Ø.Ø92
GUAYACAN	Ø.156
CEDRO AMARGO	Ø.1Ø4
HIGUERON	Ø.Ø76
JIGUA	Ø.Ø87
LAUREL BLANCO	Ø.1ØØ
LECHERO	Ø.Ø89
PALO DE VACA	Ø.1Ø2

SEGUNDO GRUPO:

NOMBRE	K (WATT/M ^{O}C)
BALSA	Ø.Ø89
F. SANCHEZ	Ø.135
N.T.	Ø.183
POLIURETANO	Ø.Ø35
MORTERO DE CEMENTO	Ø.425
CEMENTO	Ø.52
ETERNIT	Ø.185
CEMENTINA	Ø.338
LAUREL	Ø.Ø98

TERCER GRUPO:

NOMBRE	U (WATT/M °C)
PARED No 1	2.2Ø3
PARED No 2	4.3Ø6
PARED No 3	2.252
PARED No 4	4.496
PARED No 5	4.21
PARED No 6	4.46
PARED No 7	3.98

5.2.- TABLAS DE VALORES TEORICOS.

Los valores teóricos de los materiales de construcción usados en la presente tesís, obtenidos de fórmulas y tablas se dan a continuación, para luego establecer una comparación entre los valores teóricos y los experimentales.

PRIMER GRUPO

NOMBRE	K (watt/m ^{o}C)
AGLOMERADO	Ø.16
BALSAMO	Ø.17
CEDRO	Ø.Ø95
ETERNIT	Ø.Ø54
FIGUEROA	Ø.112
GUAYACAN	Ø.173
CEDRO AMARGO	Ø.Ø98
HIGUERON	Ø.1Ø7
JIGUA	Ø.1Ø4
LAUREL BLANCO	Ø.135
LECHERO	Ø.Ø92
PALO DE VACA	Ø.144

SEGUNDO GRUPO:

NOMBRE	K (watt/m oC)
BALSA	Ø.Ø55
F. SANCHEZ	Ø.Ø92
N.T.	0.122
POLIURETANO	Ø.Ø23
MORTERO DE CEMENTO	Ø.52
CEMENTO	Ø.294
ETERNIT	Ø.Ø54
CEMENTINA	-----
LAUREL	Ø.147

TERCER GRUPO:

NOMBRE	u (watt/m ^{o}C)
PARED No 1	3.13
PARED No 2	4:73
PARED No 3	2:80
PARED No 4	4.95
PARED No 5	4:70
PARED No 6	3.98
PARED No 7	3,28

5.3.- ANALISIS COMPARATIVO.

a.- PRIMER GRUPO:

La prueba que se realizó para este grupo estuvo basada en el método de estado transiente del flujo de calor, y las temperaturas que se leyeron eran temperaturas instantáneas, por lo que la exactitud de esta prueba dependió de la precisión de los equipos que se usó y de la precisión con que nosotros realizamos la prueba.

Los resultados experimentales, comparados con los teóricos demuestran que hubo una diferencia de 10-30 % entre uno y otro, pero en general la prueba resultó satisfactoria pues debemos estar conscientes de que la conductividad en la madera depende del contenido de húmedad y de la dirección de las fibras.

b.- SEGUNDO GRUPO:

Esta prueba se basó en el método de estado estable, y la principal dificultad radicó en mantener las temperaturas en los lados caliente y frío constantes; debido a que el equipo no contaba con control automático, hubo que controlar la variación de estas temperaturas manualmente, lo que pudo

provocar error en las mediciones.

Al realizar la comparación entre los valores teóricos y experimentales se encontró una diferencia de 10-30 %, la misma que podría disminuirse utilizando un control automático de temperaturas.

c.- TERCER GRUPO:

El tercer grupo usó también el método de estado estable de transferencia de calor para la medición del coeficiente total de transferencia de calor y, como en el caso anterior la dificultad radicó en mantener constantes las temperaturas de los lados caliente y frío.

En el lado frío se usó un aparato acondicionador de aire y una resistencia que se regulaba por medio de un reostato para controlar la temperatura de este lado, el reostato era regulado manualmente, de acuerdo a la observación de las temperaturas.

En el lado caliente se usó resistencias que se encontraban conectadas a un regulador automático que controlaba que la variacion de temperatura no fuera demasiado brusca.

Los valores teóricos varían de los experimentales en un 15%, lo que nos indica la bondad de la prueba, comparado con la dificultad que implica.

primero alcanzar el estado estable y luego mantener este estado por todo el tiempo necesario para la realización de la prueba.

CAPITULO 6

ANALISIS ECONOMICO

COSTO:

A continuación analizaremos el costo de cada una de las paredes para determinar cual de ellas es economicamente la más apta para utilizarse en la construcción.

El costo de las paredes esta basado específicamente en el valor que tengan en el mercado cada uno de los elementos que la constituyen y la mano de obra necesaria para su construcción.

Estos precios corresponden a Enero de 1987.

PARED # 1:

- Asbesto cemento sin corrugar (4mm)/m²	S/. 375.00
- Poliuretano expandido (32mm)/m²	S/. 312.50
- Aglomerado de madera (6mm)/m²	S/. 166.00
- Mano de obra/m²	S/. 1000.00
TOTAL/m²	S/. 1853.00

PARED # 2:

- Asbesto cemento sin corrugar (4mm)/m²	S/. 375.00
- Poliuretano expandido (32mm)/m²	S/. 312.50
- Asbesto cemento sin corrugar (4mm)/m²	S/. 375.00
- Mano de obra/m²	S/. 1000.00
TOTAL/m²	S/. 2062.50

PARED # 3:

- Fibra-vegetal cemento (7mm)/m²	S/. 575.00
- poliuretano expandido (55mm)/m²	S/. 375.00
- Fibra-vegetal cemento (7mm)/m²	S/. 575.00
- Mano de obra/m²	S/. 1000.00
TOTAL/m²	S/. 2525.00

PARED # 4:

- Mortero de cemento (rugoso) (25mm)/m²	S/. 268.75
- Caña guadua (12mm)/m²	S/. 47.00
- Mortero de cemento (rugoso) (25mm)/m²	S/. 268.75
- Mano de obra/m²	S/. 1000.00
TOTAL/m²	S/. 1584.50

PARED # 5:

- Bloque de cemento (90mm)/m²	S/. 412.50
- Unión de los bloques/m²	S/. 121.90
- Mano de obra/m²	S/. 1000.00
TOTAL/m²	S/. 1534.40

PARED # 6:

- Bloque de arcilla (80mm)/m²	S/. 396.00
- Unión de los bloques/m²	S/. 121.90
- Mano de obra/m²	S/. 1000.00
TOTAL/m²	S/. 1517.90

PARED # 7:

- Bloque de arcilla/m²	S/. 396.00
- Relleno de poliuretano/m²	S/. 1237.50
- Unión de los bloques/m²	S/. 121.90
- Mano de obra/m²	S/. 2000.00
TOTAL/m²	S/. 3754.90

RENTABILIDAD:

El factor rentabilidad nos indica cuán eficiente es económicamente nuestro sistema, el mismo que puede ser evaluado en función de la cantidad de calor que pasa a través de cada una las paredes, la pared que deje pasar la menor cantidad de calor será la más economica.

Sabemos que: $Q = U\ A\ \Delta T$

Asumiendo que:

T_e = temperatura promedio en Guayaquil = 28 °C

T_i = temperatura de confort = 24 °C

A = 1 m²

Entonces:

$Q = 4\ U$

Para cada una de las paredes estaremos ganando los siguientes calores:

Q_1 = 12.52 watt

Q_2 = 18.92 watt

Q_3 = 11.20 watt

Q_4 = 19.80 watt

Q_5 = 18.80 watt

Q_6 = 15.92 watt

Q_7 = 13.12 watt

Si relacionamos la pared tradicional de bloque de arcilla con la pared tipo sandwich de asbesto cemento-poliuretano expandido-aglomerado de madera, podremos establecer cuanto ahorraríamos en energía.

Q(pared de bloque de arcilla) = 15.92 watt

= 0.16 Kwatt

Q(asbesto-poliuretano-aglomerado) = 12.52 watt

= 0.13 Kwatt

La cantidad de Kwatt que se ahorraría al usar la segunda pared sería:

Q = 0.03 Kwatt

Si tomamos como promedio 8 horas diarias de uso de acondicionador de aire tenemos que la energía será:

E = 0.03 Kw * 8 hr = 0.24 Kw-hr

Si asumimos que el Kwatt-hr esta costando S/. 5.00 sucres, esto significaría que estamos ahorrando 1.2 sucres por metro cuadrado y por 8 horas diarias de uso del aparato acondicionador de aire.

Si asumimos que una casa tiene como mínimo 70 metros cuadrados de área de construcción, esto significaría un ahorro de 84 sucres por casa y por día.

Al mes estariamos ahorrando, 2520 sucres, y al año ahorraríamos 30240 sucres.

Si observamos la diferencia de costo entre una y otra pared podemos ver que la misma es de 335.10 sucres para $1m^2$, y para

= 15.92 watt

= 13.12 watt

relacionamos la pared tradicional de bloque de arcilla con pared tipo sandwich de asbesto cemento-poliuretano expan-do-aglomerado de madera, podremos establecer cuanto ahorra-amos en energía.

pared de bloque de arcilla) = 15.92 watt

= 0.16 Kwatt

asbesto-poliuretano-aglomerado) = 12.52 watt

= 0.13 Kwatt

cantidad de Kwatt que se ahorraría al usar la segunda red sería:

= 0.03 Kwatt

tomamos como promedio 8 horas diarias de uso de ondicionador de aire tenemos que la energía será:

= 0.03 Kw * 8 hr = 0.24 Kw-hr

asumimos que el Kwatt-hr esta costando S/. 5.00 sucres, to significaría que estamos ahorrando 1.2 sucres por metro adrado y por 8 horas diarias de uso del aparato acondicio-dor de aire.

asumimos que una casa tiene como mínimo 70 metros cuadra-s de área de construcción, esto significaría un ahorro de sucres por casa y por día.

mes estariamos ahorrando, 2520 sucres, y al año ahorraria-s 30240 sucres.

observamos la diferencia de costo entre una y otra pared demos ver que la misma es de 335.10 sucres para $1m^2$, y para

70 m², sería 23457 sucres, valor que estará cubierto con el ahorro en el consumo de energía de aproximadamente diez meses de uso de la pared # 1.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Despues de haber realizado las pruebas y haber concluido los cálculos de la presente tesis, podemos decir lo siguiente:

- Los valores obtenidos experimentalmente demuestran que los mètodos utilizados tanto para medir conductividad, como para medir el coeficiente total de transferencia de calor pueden ser utilizados con èxito para medir los paràmetros antes mencionados en materiales similares a los probados en esta tesis.
- Los materiales utilizados en la construcciòn de las viviendas deben ser seleccionados con sumo cuidado, pues empleando materiales malos conductores del calor, la proporciòn de calor ganado puede reducirse de una manera efectiva.
- Utilizando materiales malos conductores del calor la reducciòn de la ganancia de calor se verá inmediatamente reflejada en un bajo consumo de combustible, pues será necesario quemar solo el suficiente combustible para quitar el calor que se está ganando, con lo que conseguiremos el objetivo primordial del mundo actual, reducir el consumo de energia.
- podemos concluir también que al adicionar un material aislante, se obtiene un retardo en el paso del calor hacia el interior, lo que beneficiaria al ambiente

interno, pues en el exterior ya habrían pasado las horas de màxima intensidad, logrando que el flujo de calor regrese hacia el exterior sin penetrar en el ambiente interno; sin embargo la adición de un material aislante siempre trae consigo un gasto extra, lo ideal sería conocer las propiedades tèrmicas de los materiales de construcciòn antes de construir, y seleccionar los más adecuados para que el revestimiento aislante sea el mìnimo posible.

Revisando los valores teóricos y experimentales obtenidos en la presente tesís podemos recomendar lo siguiente:

La pared que mas conviene usar es la formada por Asbesto Cemento, Poliuretano expandido y Aglomerado de madera, pues el valor del coeficiente total de transferencia de calor de esta pared, es el menor de las siete paredes probadas, y su valor económico, aunque es un poco más elevado que el de una pared común, no es excesivo.

Otra pared que resulta ventajosa usar es la de fibra vegetal-cemento, poliuretano expandido y fibra vegetal-cemento, aunque en cuanto al aspecto económico resulta ser mas cara que la anterior.

La pared de arcilla rellena de plumafón, reduce en cierta cantidad la transferencia de calor, pero en cuanto al aspecto económico, resulta ser mas cara que las dos

paredes anteriormente mencionadas.

-Creo ademas que debe continuarse con otras experimentaciones en paredes diferentes a las probadas, con el objeto de reducir costos de energía por acondicionamiento de aire o calefacción.

-Interesante sería también probar la pared de arcilla con el plumafón, pero introduciendo el mismo, no en forma desmenuzada, sino en barras que cubran exactamente las perforaciones de los ladrillos, esto podría resultar más barato y termicamente mejor.

ANEXO A

AGLOMERADO

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
25.5600	96.6700	0.3000	71.1100	1.8519
26.1100	96.6700	0.6000	70.5600	1.8416
26.6700	96.6700	0.5000	70.0000	1.8451
27.2200	96.6700	0.8000	69.4500	1.8417
27.7800	96.6700	0.6000	68.8900	1.8382
28.3300	96.6700	0.8000	68.3400	1.8347
28.8900	96.6700	0.8000	67.7800	1.8311
29.4400	96.6700	0.8000	67.2300	1.8276
30.0000	96.6700	0.7000	66.6700	1.8239

m=161.3 gr V=208.69cm3 d=0.77gr/cm3

ke=0.12 w/m oC kt=0.16w/m oC

BALSAMO

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
26.1100	98.3300	0.4600	72.2200	1.8587
26.6700	98.3300	0.5000	71.6600	1.8553
27.2200	98.3300	0.5400	71.1100	1.8519
27.7800	98.3300	0.5700	70.5500	1.8485
28.3300	98.3300	0.6300	70.0000	1.8451
28.8900	98.3300	0.6000	69.4400	1.8416
29.4400	98.3300	0.6400	68.8900	1.8382
30.0000	98.3300	0.5700	68.3300	1.8346
30.5600	98.3300	0.6600	67.7700	1.8310
31.1100	98.3300	0.5900	67.2200	1.8275

m=197.5 gr V=225.20cm3 d=0.88gr/cm3

ke=0.14 w/m oC kt=0.17w/m oC

CEDRO

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
26.11ØØ	97.22ØØ	Ø.46ØØ	72.22ØØ	1.8587
26.67ØØ	97.22ØØ	Ø.5ØØØ	71.66ØØ	1.8553
27.22ØØ	97.22ØØ	Ø.54ØØ	71.11ØØ	1.8519
27.78ØØ	97.22ØØ	Ø.76ØØ	69.44ØØ	1.8416
28.33ØØ	97.22ØØ	Ø.95ØØ	68.89ØØ	1.8382
28.89ØØ	97.22ØØ	Ø.89ØØ	68.33ØØ	1.8346
29.44ØØ	97.22ØØ	1.ØØØØ	67.78ØØ	1.8311

m=95.Ø3 gr V=225.2Øcm3 d=Ø.42gr/cm3

ke=Ø.Ø95 w/m oC kt=Ø.Ø95w/m oC

ETERNIT

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
31.1100	98.3300	0.1700	67.2200	1.8275
31.6600	98.3300	0.4700	66.6600	1.8239
32.2200	98.3300	0.8000	66.1100	1.8203
32.7800	98.3300	1.0100	65.5500	1.8166
33.3300	98.3300	1.3800	65.0000	1.8129
33.8900	98.3300	1.7200	64.4400	1.8092
34.4400	98.3300	2.0600	63.8900	1.8054
35.0000	98.3300	2.4200	63.3300	1.8016
35.5600	98.3300	2.8700	62.7700	1.7978
36.1100	98.3300	3.2000	62.2200	1.7939

ke=0.061 w/m oC kt=0.054 w/m oC

FIGUEROA

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
26.1100	98.8800	0.7800	72.7700	1.8619
26.6700	98.8800	1.6100	72.2100	1.8586
27.2200	98.8800	2.5400	71.6600	1.8553
27.7800	98.8800	3.4200	71.1000	1.8519
28.3300	98.8800	4.3500	70.5500	1.8485
28.8900	98.8800	5.3200	70.0000	1.8451
29.4400	98.8800	6.2000	69.4900	1.8416
30.0000	98.8800	7.0800	68.8800	1.8381
30.5600	98.8800	8.0100	68.3200	1.8345
31.1100	98.8800	8.9200	67.7700	1.8310

m=173.4 gr V=239.6 cm3 d=0.72gr/cm3

ke=0.0921 w/m oC kt=0.112w/m oC

GUAYACAN

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
28.0000	98.0000	0.5200	70.0000	1.8410
29.0000	98.0000	1.2400	69.0000	1.8380
30.0000	98.0000	1.9200	68.0000	1.8330
31.0000	98.0000	2.8400	67.0000	1.8260
32.0000	98.0000	3.7700	66.0000	1.8190

m=202.45 gr V=225.20cm3 d=0.899gr/cm3

ke=0.1557 w/m oC kt=0.173w/m oC

CEDRO AMARGO

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
28.8900	98.8800	0.6600	69.9900	1.8450
29.4900	98.8800	1.5500	69.3900	1.8413
30.0000	98.8800	2.3000	68.8800	1.8381
30.5600	98.8800	3.2100	68.3200	1.8345
31.1100	98.8800	4.0200	67.7700	1.8310
31.6600	98.8800	4.8100	67.2200	1.8275
32.2200	98.8800	5.7300	66.6600	1.8239
32.7800	98.8800	6.5800	66.1000	1.8202

m=93.2 gr V=198.746m3 d=0.47gr/cm3

ke=0.104 w/m oC kt=0.098w/m oC

HIGUERON

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
27.2200	97.2200	0.9500	70.9900	1.8451
27.7800	97.2200	1.9500	69.4900	1.8416
28.3300	97.2200	3.0400	68.8900	1.8383
28.8900	97.2200	4.1600	68.3300	1.8346
29.4900	97.2200	5.1300	67.7800	1.8311
30.0000	97.2200	6.1600	67.2200	1.8275
30.5600	97.2200	7.3700	66.6600	1.8239
31.1100	97.2222	8.3100	66.1100	1.8203
31.6600	97.2200	9.4000	65.5500	1.8166
32.2200	97.2200	10.7100	65.0000	1.8129

m=100.0 gr V=203.1cm3 d=0.49gr/cm3

ke=0.076 w/m oC kt=0.107w/m oC

JIGUA

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
28.3300	98.8900	0.9600	70.5600	1.8486
28.8900	98.8900	1.9100	69.9900	1.8450
29.4400	98.8900	2.9000	69.4500	1.8417
30.0000	98.8900	3.7900	68.8900	1.8382
30.5600	98.8900	4.8200	68.3300	1.8346
31.1100	98.8900	5.7600	67.7800	1.8311
31.6700	98.8900	6.7100	67.2200	1.8275
32.2200	98.8900	7.7700	66.6700	1.8239

m=83.8 gr V=177.64cm3 d=0.47gr/cm3

ke=0.087 w/m oC kt=0.104w/m oC

LAUREL BLANCO

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
25.0000	98.3300	0.1800	73.3300	1.8653
25.5600	98.3300	0.8000	72.7700	1.8619
26.1100	98.3300	1.4500	72.2200	1.8587
26.6700	98.3300	2.1200	71.6600	1.8553
27.2200	98.3300	3.0100	71.1100	1.8519
27.7700	98.3300	3.8600	70.5600	1.8486
28.3300	98.3300	4.7500	70.0000	1.8451
28.8900	98.3300	5.7300	69.4400	1.8416
29.4400	98.3300	6.7600	68.8900	1.8382
30.0000	98.3300	7.7400	68.3300	1.8346

m=155.7 gr V=242.88cm3 d=0.64gr/cm3

ke=0.10 w/m oC kt=0.135w/m oC

LECHERO

T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
27.2200	99.4400	1.8200	72.2200	1.8587
27.7800	99.4400	3.2400	71.6600	1.8553
28.3300	99.4400	4.5200	71.1100	1.8519
28.8900	99.4400	5.6600	70.5500	1.8485
29.4900	99.4400	6.6800	70.0000	1.8451
30.0000	99.4400	7.8100	69.4400	1.8416
30.5600	99.4400	8.7600	68.8800	1.8381
31.1100	99.4422	9.8800	68.3300	1.8346

m=100.25 gr V=250cm3 d=0.40gr/cm3

ke=0.089 w/m oC kt=0.092w/m oC

PALO DE VACA

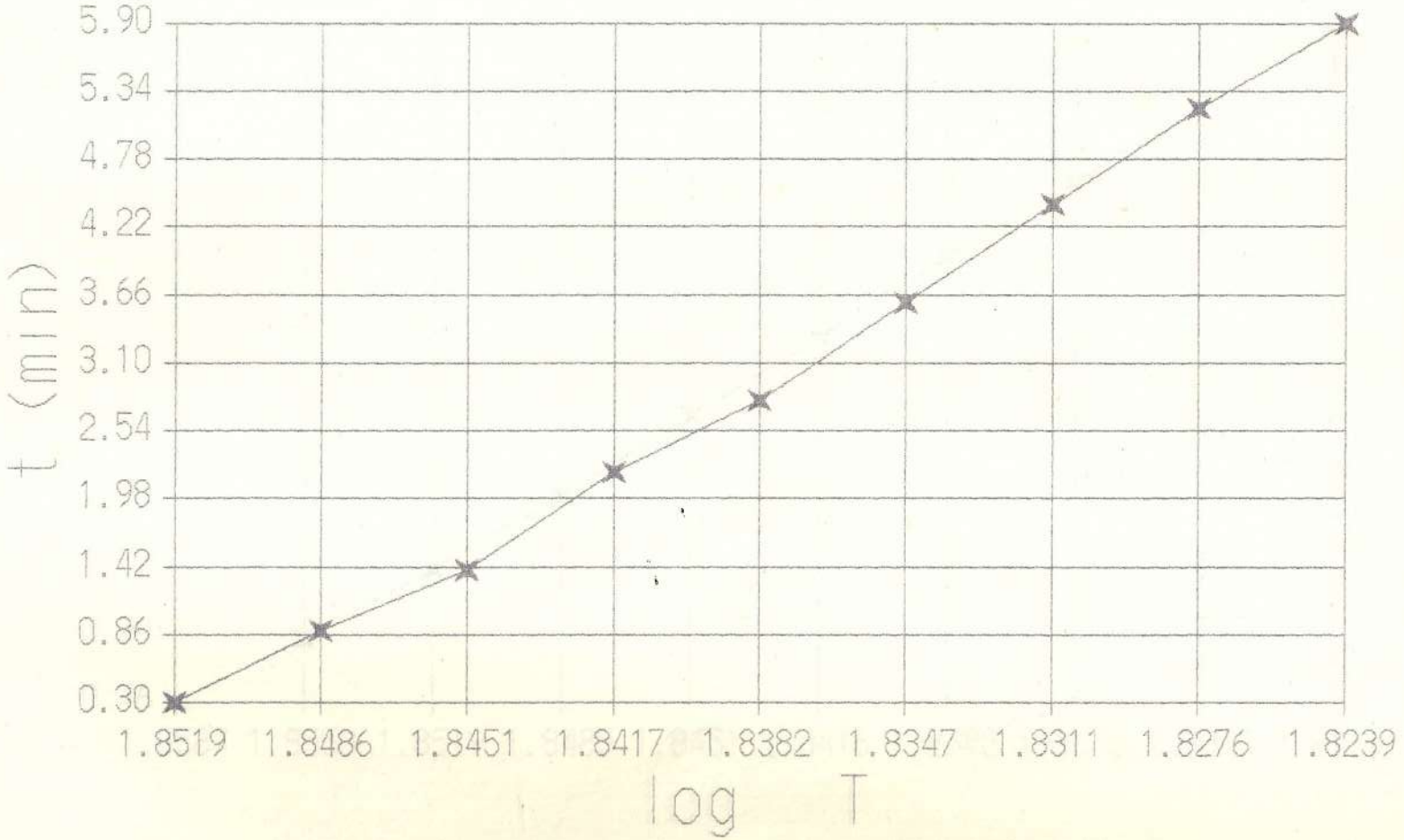
T1 oC	T2 oC	t min	T oC	log T
26.1100	97.7800	0.6500	71.6700	1.8553
26.6700	97.7800	1.3000	71.1100	1.8519
27.2200	97.7800	2.1000	70.5600	1.8486
27.7800	97.7800	2.8100	69.9900	1.8450
28.3300	97.7800	3.6900	69.4500	1.8417
28.8900	98.7800	4.5500	68.8900	1.8382
29.4400	98.7800	5.3800	68.3400	1.8347
30.0000	98.7800	6.1800	67.7800	1.8311
30.5600	98.7800	7.1200	67.2200	1.8275
31.1100	98.7800	7.9100	66.6700	1.8239

m=171.9 gr V=250.6 cm3 d=0.69gr/cm3

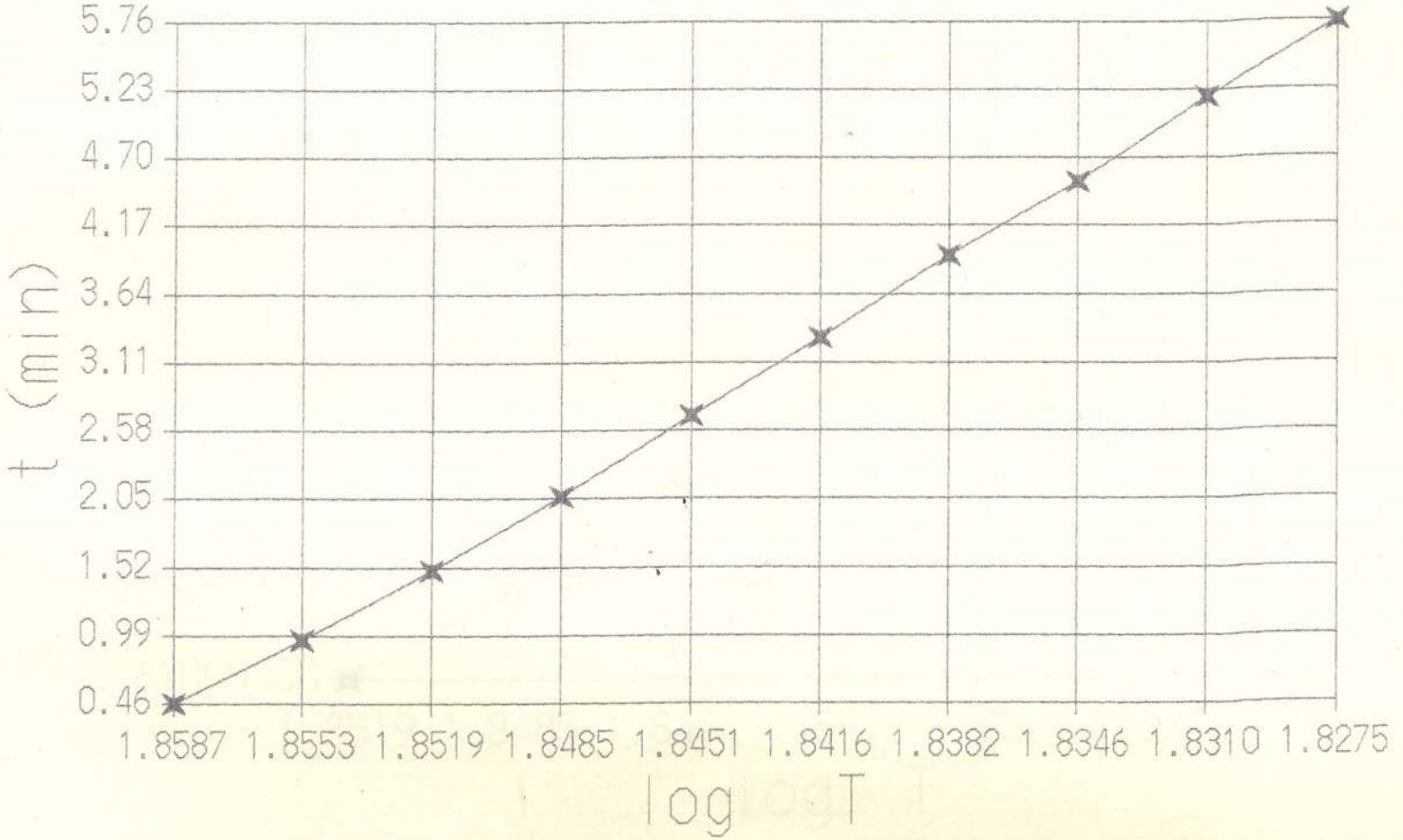
ke=0.102 w/m oC kt=0.144w/m oC

ANEXO B

AGLOMERADO

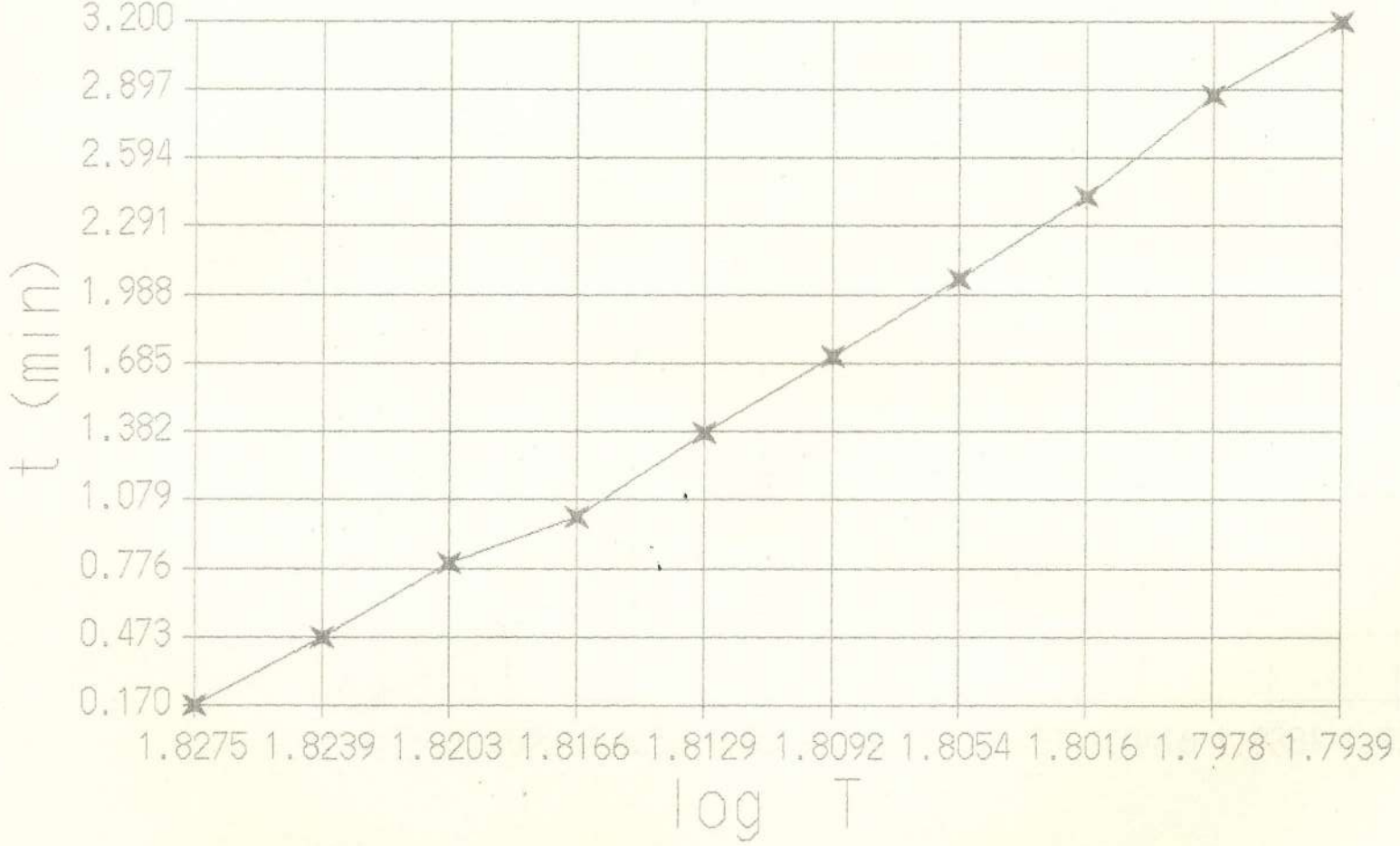

5.90
5.34
4.78
4.22
3.66
3.10
2.54
1.98
1.42
0.86
0.30
t (min)
1.8519
1.8486
1.8451
1.8417
1.8382
1.8347
1.8311
1.8276
1.8239
log T

BALSAMO

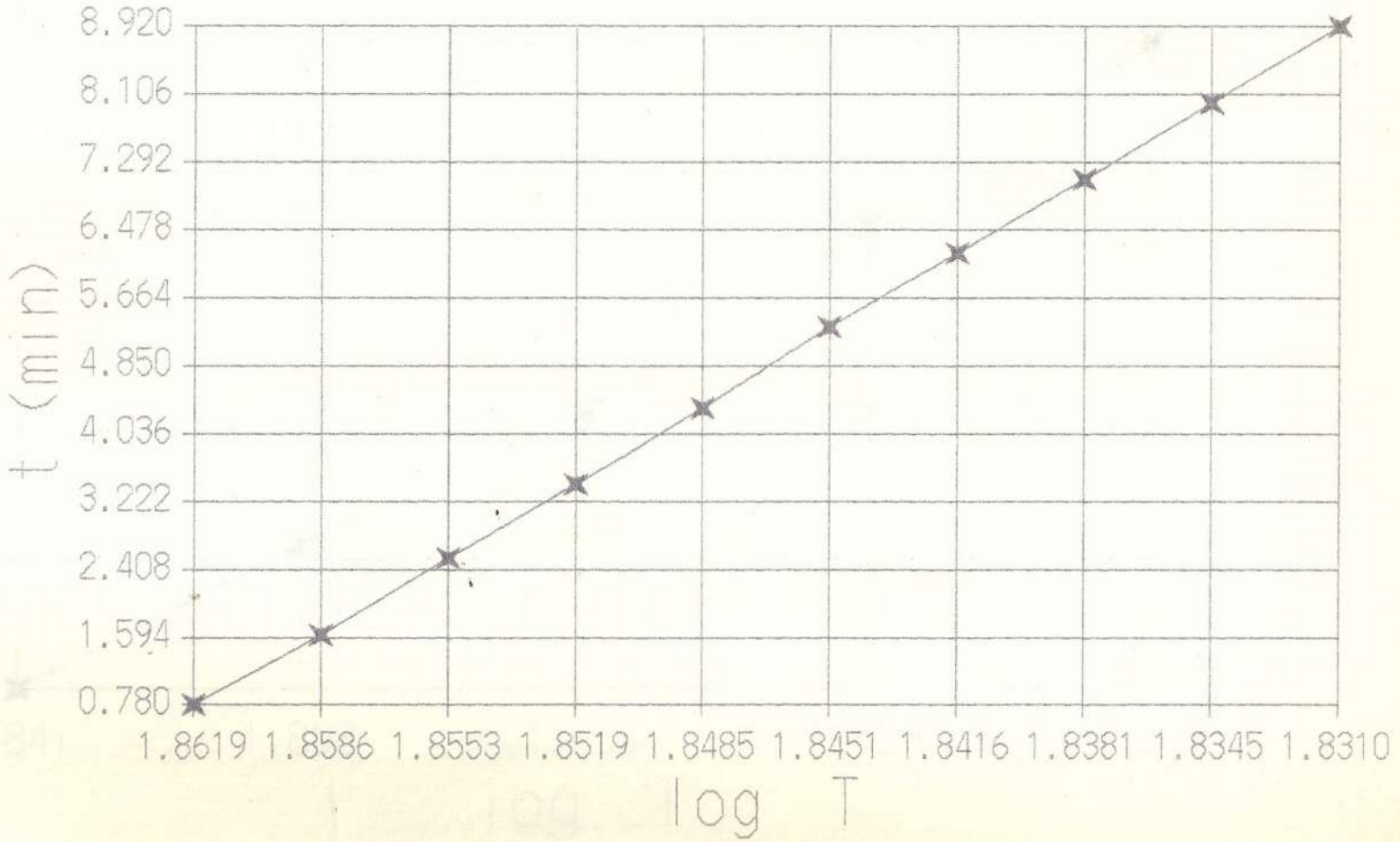

5.76
5.23
4.70
4.17
3.64
3.11
2.58
2.05
1.52
0.99
0.46
t (min)
1.8587 1.8553 1.8519 1.8485 1.8451 1.8416 1.8382 1.8346 1.8310 1.8275
log T

CEDRO
5.81000000
5.06714222
4.32428556
3.58142889
2.83857111
2.09571444
1.35285778
0.61000000
t (min)
1.8519 1.8485 1.8451 1.8416 1.8382 1.8346 1.8311
log T

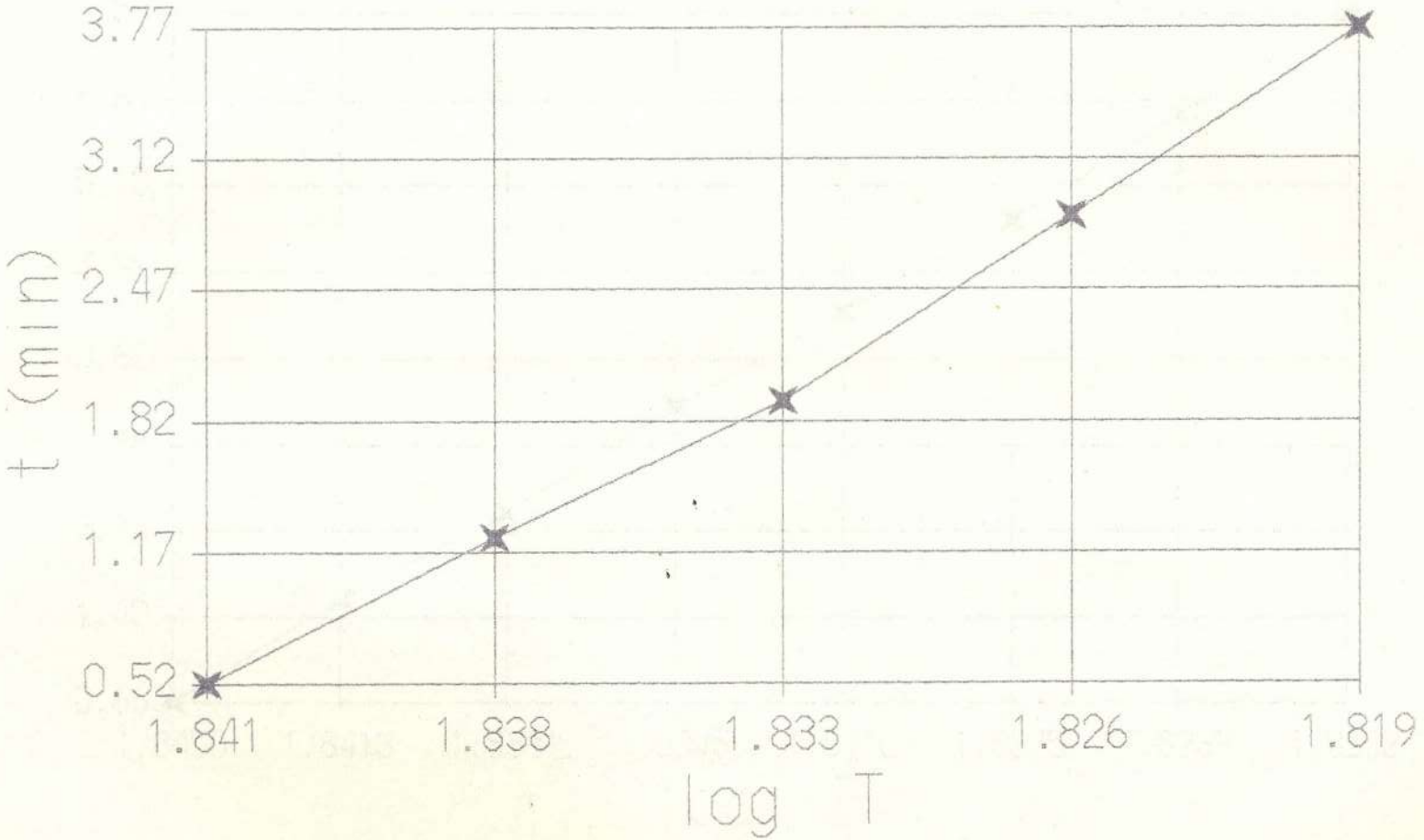
ETERNIT


3.200
2.897
2.594
2.291
1.988
1.685
1.382
1.079
0.776
0.473
0.170
t (min)
1.8275 1.8239 1.8203 1.8166 1.8129 1.8092 1.8054 1.8016 1.7978 1.7939
log T

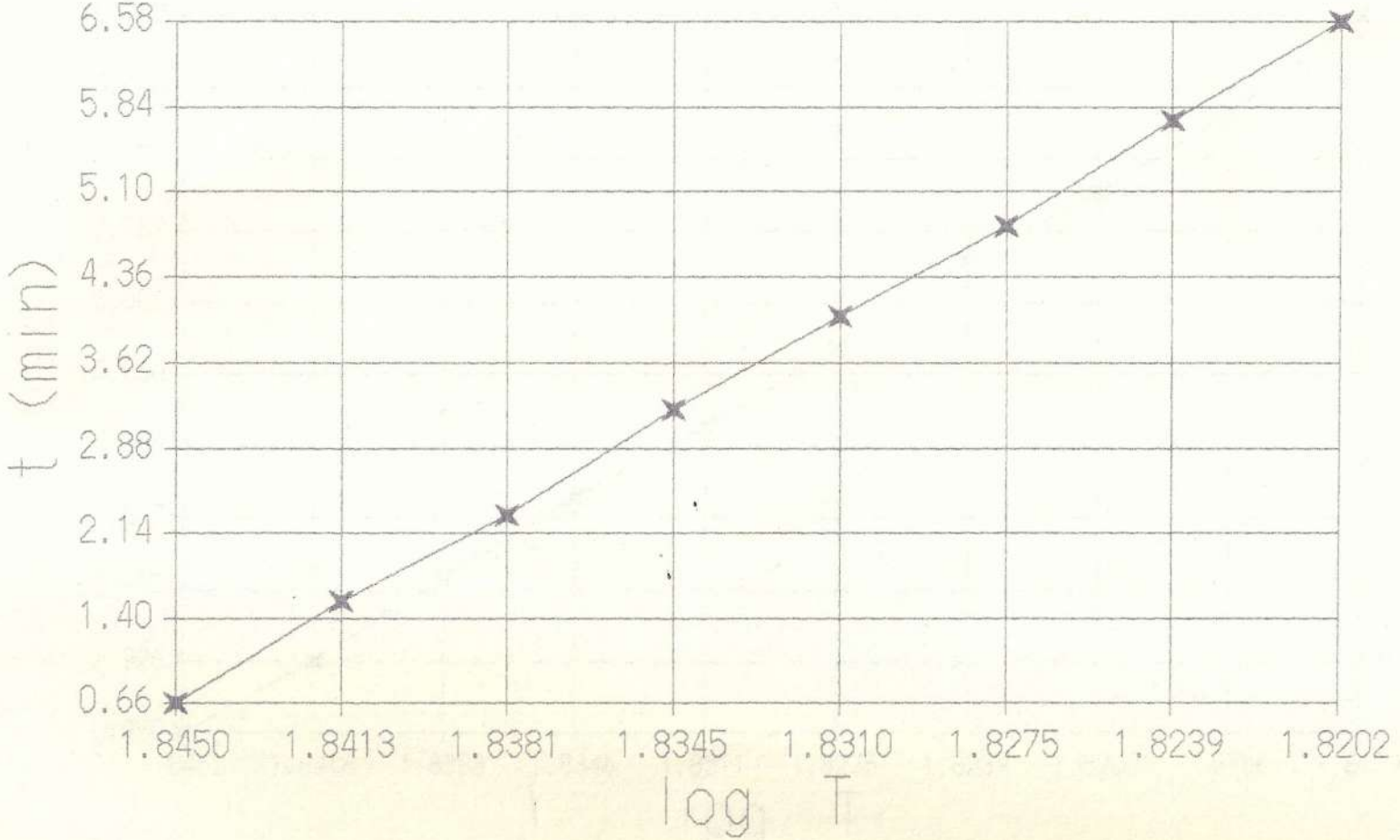
FIGUEROA


8.920
8.106
7.292
6.478
5.664
4.850
4.036
3.222
2.408
1.594
0.780
t (min)
1.8619 1.8586 1.8553 1.8519 1.8485 1.8451 1.8416 1.8381 1.8345 1.8310
log T

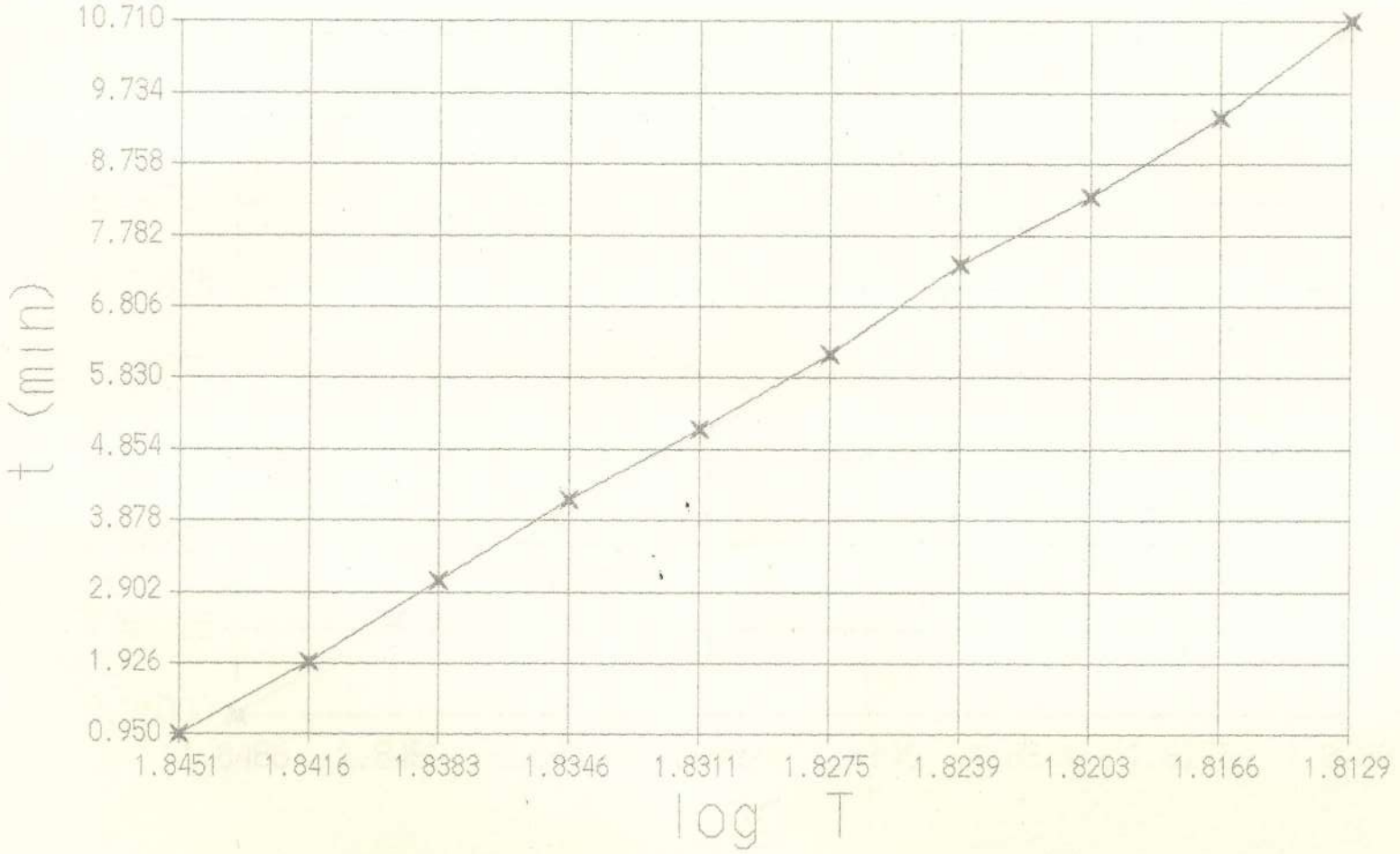
GUAYACAN



CEDRO AMARGO

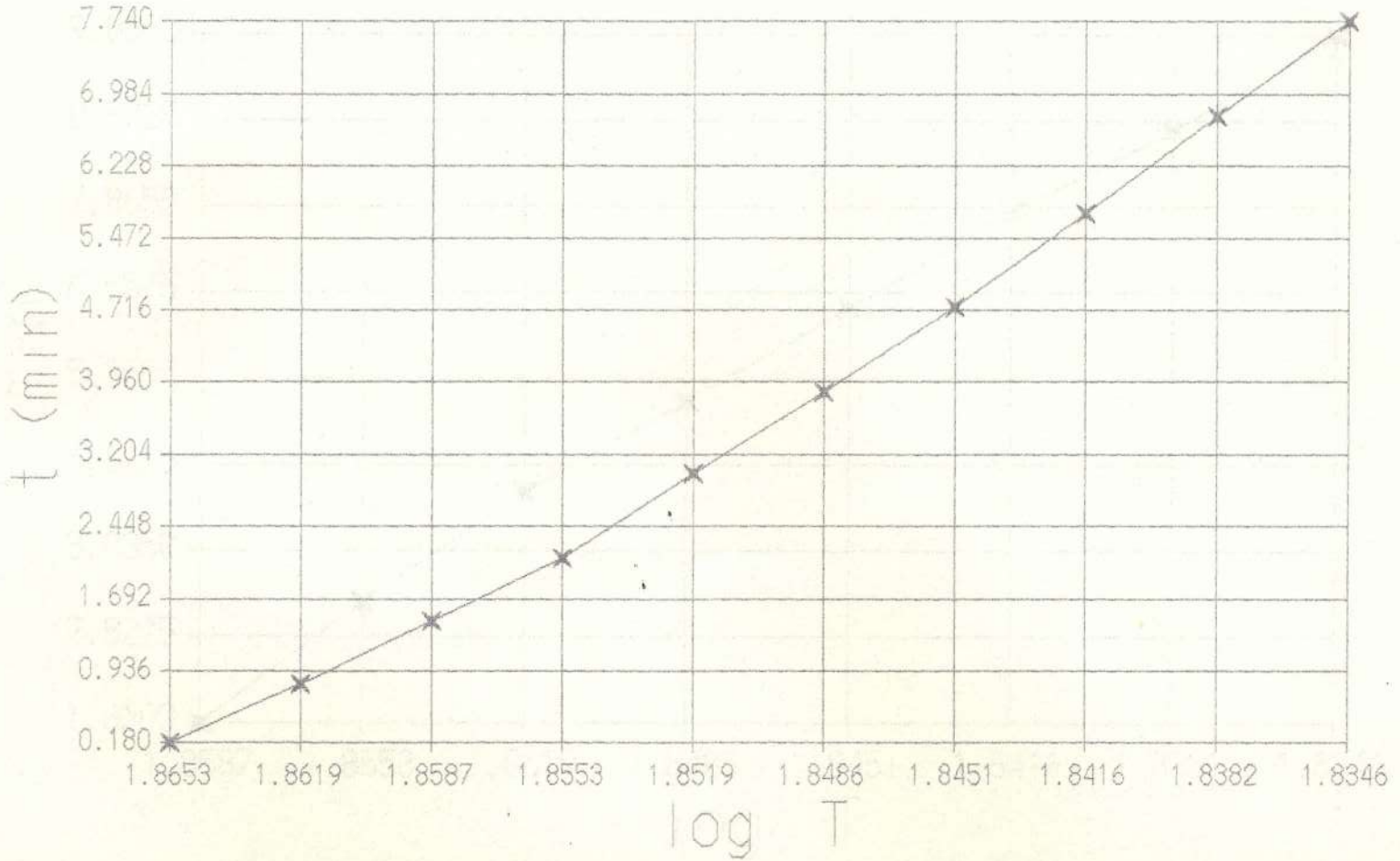


HIGUERON

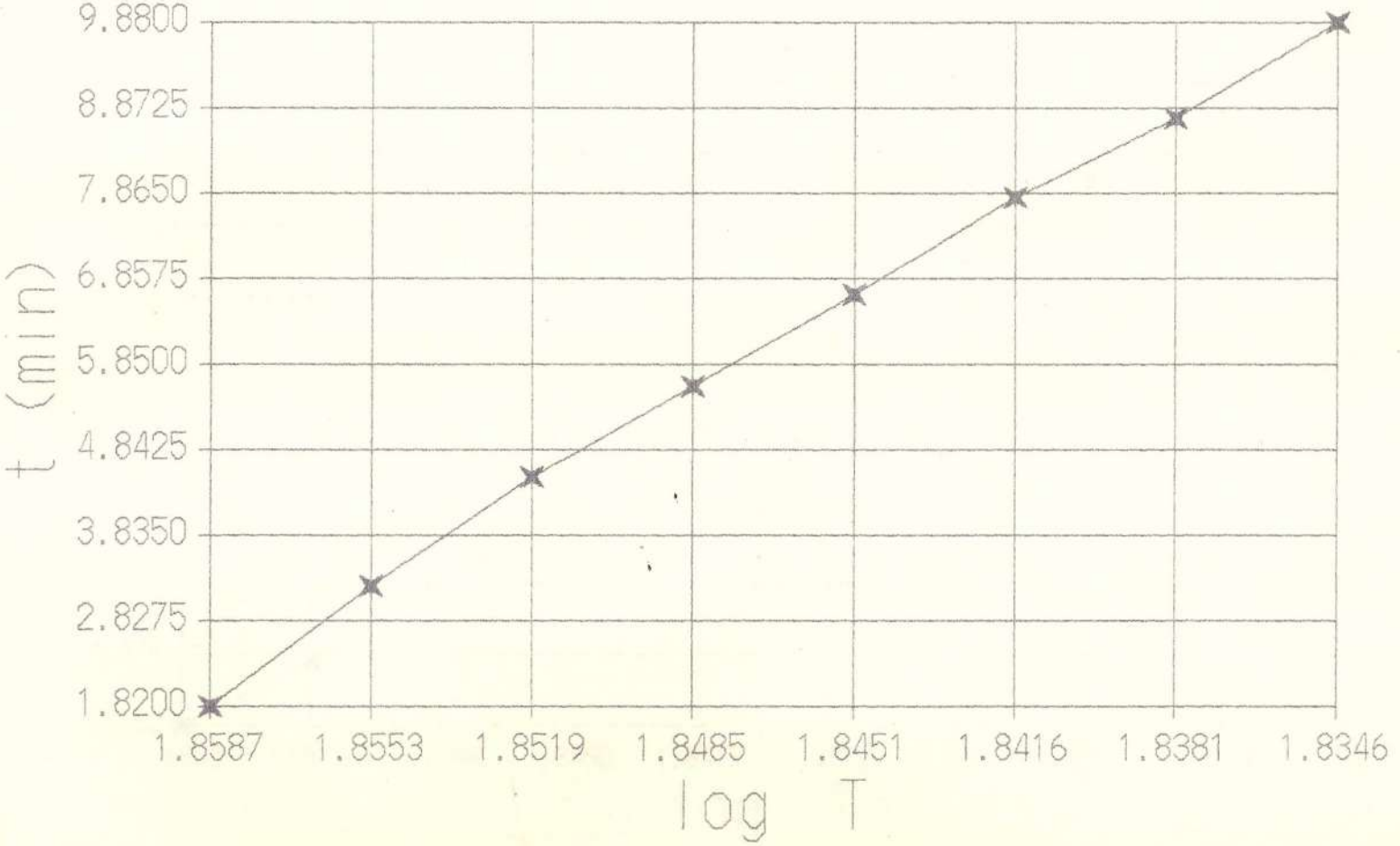

10.710
9.734
8.758
7.782
6.806
5.830
4.854
3.878
2.902
1.926
0.950
t (min)
1.8451
1.8416
1.8383
1.8346
1.8311
1.8275
1.8239
1.8203
1.8166
1.8129
log T

JIGUA
7.77000
6.91875
6.06750
5.21625
4.36500
3.51375
2.66250
1.81125
0.96000
t (min)
1.8486
1.8450
1.8417
1.8382
1.8346
1.8311
1.8275
1.8239
log T

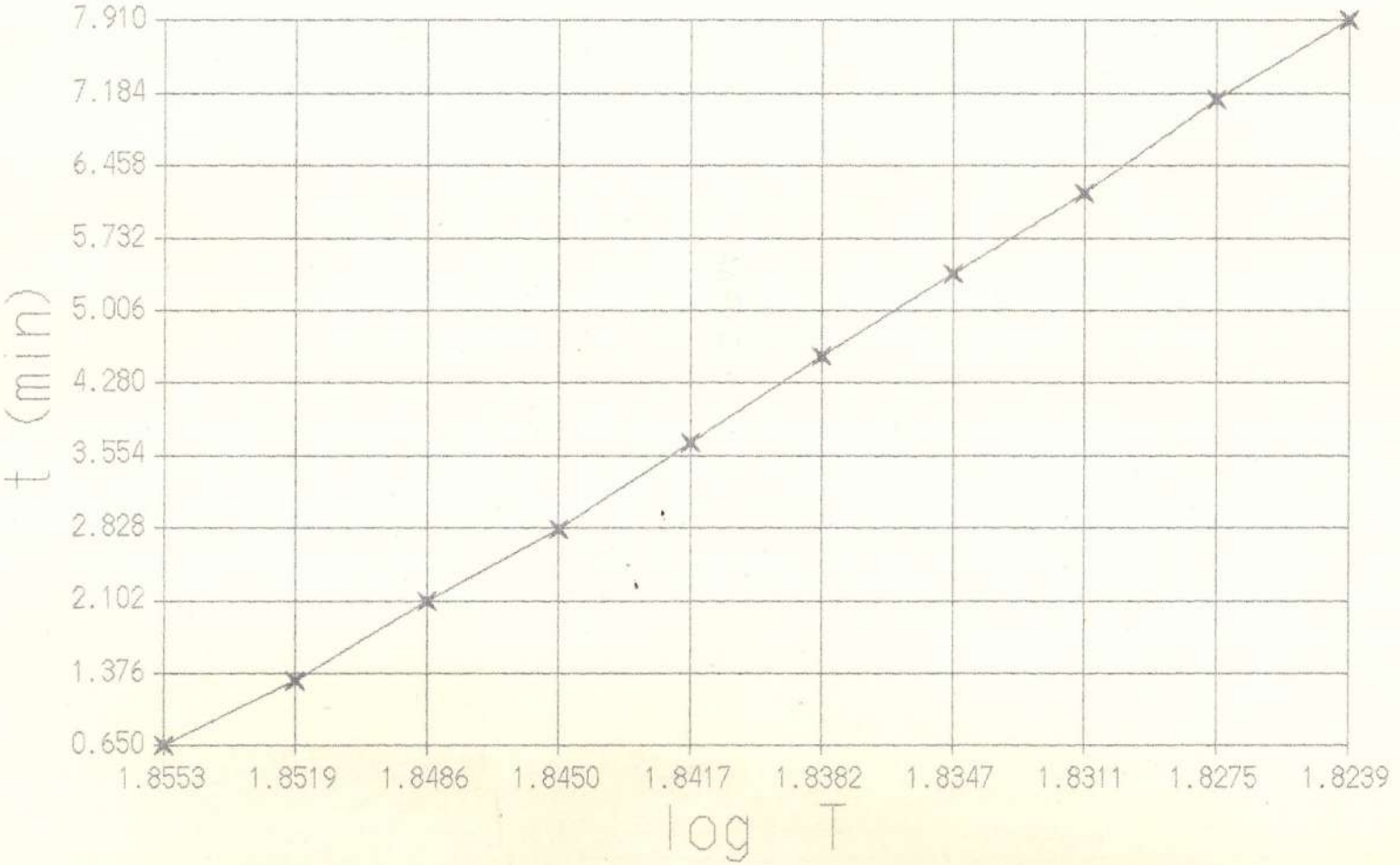
LAUREL


7.740
6.984
6.228
5.472
4.716
3.960
3.204
2.448
1.692
0.936
0.180
t (min)
1.8653
1.8619
1.8587
1.8553
1.8519
1.8486
1.8451
1.8416
1.8382
1.8346
log T

LECHERO


9.8800
8.8725
7.8650
6.8575
5.8500
4.8425
3.8350
2.8275
1.8200
t (min)
1.8587
1.8553
1.8519
1.8485
1.8451
1.8416
1.8381
1.8346
log T

PALO DE VACA


7.910
7.184
6.458
5.732
5.006
4.280
3.554
2.828
2.102
1.376
0.650
t (min)
1.8553
1.8519
1.8486
1.8450
1.8417
1.8382
1.8347
1.8311
1.8275
1.8239
log T

ANEXO C

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA No 1
ESPECIMEN: BALSA
ESPESOR: 37.44 AREA: 97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	61.20	26.40	6.92	28.90
15.00	61.20	26.40	6.86	28.90
30.00	61.20	26.50	6.72	28.90
45.00	61.30	26.50	6.72	28.90
60.00	61.30	26.40	6.71	28.90
75.00	61.30	26.40	6.71	28.90
90.00	61.20	26.40	6.94	28.90

FLUJO DE CALOR q = 0.81 watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 43.8 oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA: k = 0.089 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 2
ESPECIMEN: F. SANCHEZ
ESPESOR: 13.30 AREA:97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP.PLACA CALIENTE o C	TEMP.PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	45.10	25.90	10.48	28.90
15.00	45.00	25.90	10.46	28.90
30.00	45.00	25.80	10.52	28.90
45.00	45.00	25.90	10.40	28.90
60.00	45.15	26.03	10.37	28.90
75.00	45.05	25.97	10.33	28.90
90.00	45.05	25.80	10.34	28.90

FLUJO DE CALOR q = 1.89 watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 35.5 oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA:k = 0.1346 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 3
ESPECIMEN: N. T.
ESPESOR: 60.60 AREA: 97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	48.00	28.00	18.90	28.90
15.00	48.00	28.50	18.90	28.90
30.00	48.00	27.90	18.90	28.90
45.00	48.10	28.05	18.01	28.90
60.00	48.20	28.10	18.97	28.90
75.00	47.85	28.10	18.10	28.90
90.00	47.95	28.30	17.94	28.90

FLUJO DE CALOR q = 5.86 watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 38.1 oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA: k = 0.1834 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 4
ESPECIMEN: POLIURETANO
ESPESOR: 18.08 mm AREA:97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	58.80	24.40	6.05	28.90
15.00	58.70	24.30	6.09	28.90
30.00	58.70	24.40	6.12	28.90
45.00	58.70	24.40	6.12	28.90
60.00	58.70	24.40	6.11	28.90
75.00	58.75	24.30	6.05	28.90
90.00	58.68	24.30	6.10	28.90

FLUJO DE CALOR q = 2.650watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 39.4oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA:k = 0.425 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 5
ESPECIMEN: MORTERO DE CEMENTO
ESPESOR: 38.75 mm AREA:97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	51.70	27.03	12.45	28.90
15.00	51.70	27.03	12.30	28.90
30.00	51.80	26.97	12.33	28.90
45.00	51.80	27.07	12.40	28.90
60.00	51.80	27.00	12.35	28.90
75.00	51.80	27.00	12.34	28.90
90.00	51.80	27.03	12.35	28.90

FLUJO DE CALOR q = 2.650watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 39.4oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA:k = 0.425 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 6
ESPECIMEN: ETERNIT
ESPESOR: 6.050 mm AREA: 97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	47.55	26.90	19.04	28.90
15.00	47.45	26.90	18.87	28.90
30.00	47.10	27.00	18.86	28.90
45.00	47.00	26.90	18.66	28.90
60.00	47.00	26.90	18.05	28.90
75.00	46.60	27.00	18.53	28.90
90.00	47.00	27.00	18.65	28.90

FLUJO DE CALOR q = 6.02 watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 37.03oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA: k = 0.1853 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 7
ESPECIMEN: CEMENTO
ESPESOR: 32.14 AREA:97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP.PLACA CALIENTE o C	TEMP.PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	57.75	26.17	16.82	28.90
15.00	57.70	26.17	16.80	28.90
30.00	57.50	26.03	16.83	28.90
45.00	57.40	26.10	16.89	28.90
60.00	57.30	26.03	16.85	28.90
75.00	57.30	26.10	16.89	28.90
90.00	57.30	25.97	16.99	28.90

FLUJO DE CALOR q = 4.94watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 41.8oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA:k = 0.520 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 8
ESPECIMEN: LAUREL
ESPESOR: 13.79 mm AREA:97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP. PLACA CALIENTE o C	TEMP. PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	48.30	26.57	10.30	28.90
15.00	48.25	26.57	10.32	28.90
30.00	48.20	26.63	10.31	28.90
45.00	48.30	26.60	10.33	28.90
60.00	48.40	26.63	10.32	28.90
75.00	48.35	26.63	10.35	28.90
90.00	48.40	26.60	10.30	28.90

FLUJO DE CALOR q = 1.84 watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 37.49oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA:k = 0.0978 watt/m oC

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD TERMICA

PRUEBA # 9
ESPECIMEN: CEMENTINA
ESPESOR: 42.11 mm AREA:97.52 cm2

TIEMPO min	TEMP.PLACA CALIENTE o C	TEMP.PLACA FRIA o C	VOLTAJE CALENT. V	RESIST. CALENT.
0.00	49.05	29.80	9.30	28.90
15.00	49.05	29.80	9.29	28.90
30.00	49.05	29.80	9.32	28.90
45.00	49.05	29.80	9.29	28.90
60.00	48.95	29.70	9.40	28.90
75.00	48.95	29.70	9.31	28.90
90.00	48.95	29.80	9.31	28.90

FLUJO DE CALOR q = 1.51watt

TEMPERATURA MEDIA DE PRUEBA : T = 39.4oC

CONDUCTIVIDAD TERMICA:k = 0.3384 watt/m oC

ANEXO D

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 1
PANEL PROBADO: ASBESTO-CEMENTO, POLIURETANO, AGLOMERADO
ESPESOR: 42.00 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: AGLOMERADO CALIENTE: ASBESTO-CEMENTO

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	37.10	37.20	37.40	
	37.20	37.30	37.50	
T # 2	37.60	37.60	37.80	
	37.60	37.80	37.90	
T # 3	37.60	37.60	37.80	
	37.50	37.70	37.60	
T # 4	38.10	38.20	37.90	
	38.10	38.30	38.00	
T # 5	38.90	39.00	39.20	
	39.10	39.10	39.30	
T # 6	38.70	38.80	39.00	
	38.70	39.00	39.10	
T # 7	38.30	38.30	38.50	
	38.30	38.30	38.60	
T # 8	38.40	38.40	38.60	
	38.30	38.50	38.60	
T # 9	37.40	37.40	37.60	
	37.50	37.50	37.60	
T # 10	38.10	38.10	38.20	
	38.20	38.20	38.30	

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	19.50	20.30	20.10	
	20.10	20.10	20.20	
T # 2'	19.60	20.50	20.20	
	20.20	20.40	20.30	
T # 3'	19.50	20.40	20.20	
	20.00	20.20	20.20	
T # 4'	19.40	20.10	20.00	
	20.10	20.00	20.10	
T # 5'	20.70	21.30	21.50	
	21.00	21.30	21.30	
T # 6'	21.20	21.60	21.70	
	21.30	21.60	21.50	
T # 7'	20.90	21.70	21.80	
	21.40	21.70	21.80	
T # 8'	20.60	21.50	21.60	
	21.10	21.60	21.50	
T # 9'	38.10	38.10	38.40	
	38.20	38.20	38.60	
T # 10'	38.10	38.10	38.30	
	38.00	38.30	38.40	
T # 11'	37.40	37.40	37.60	
	37.30	37.50	37.60	
T # 12'	37.10	37.10	37.40	
	37.10	37.30	37.50	
VOLTAJE A	24.80	24.90	25.10	
RESISTENCIA	24.80	24.80	25.00	
VOLTAJE A	128.20	127.60	129.20	
VENTILADOR	128.50	128.00	128.70	
CORRIENTE A	487.00	490.00	500.00	
RESISTENCIA	488.00	493.00	495.00	
CORRIENTE A	254.00	252.00	258.00	
VENTILADOR	255.00	254.00	256.00	

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO	0.00	60.00	120.00	180.00
min	30.00	90.00	150.00	210.00
Th	38.60	38.60	38.80	
o C	38.60	38.70	38.90	
Tc	19.50	20.40	20.10	
o C	20.10	20.20	20.20	
Te	37.40	37.40	37.60	
o C	37.50	37.50	37.60	
Ti	38.10	38.10	38.20	
o C	38.20	38.20	38.30	
T2	20.80	21.50	21.60	
o C	21.20	21.60	21.50	
T1	37.70	37.70	37.90	
o C	37.60	37.80	38.00	
Pr	12.08	12.20	12.55	
watt	12.10	12.23	12.37	
Pv	32.56	32.15	33.33	
watt	32.77	32.51	32.95	
Q	44.64	44.35	45.88	
watt	44.87	44.74	45.32	
Qp	4.36	4.36	3.74	
watt	4.36	4.36	4.36	
Qt	40.28	39.99	42.14	
watt	40.51	40.38	40.96	
U	2.11	2.20	2.25	
w/m oC	2.19	2.18	2.19	
hi	30.98	36.35	28.09	
w/m oC	36.83	28.84	29.25	
ho	44.75	44.43	46.82	
w/m oC	40.51	44.87	45.51	

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 2
PANEL PROBADO: ASBESTO-CEMENTO, POLIURETANO, ASBESTO CEMENTO
ESPESOR: 40.00 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: ASBESTO-CEMENTO CALIENTE: ASBESTO- CEMENTO

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	29.30	29.90	29.80	29.70
	29.80	29.80	29.50	29.70
T # 2	30.10	30.30	30.10	30.10
	30.20	30.30	29.80	29.90
T # 3	29.80	30.20	30.00	30.10
	29.90	29.90	29.70	29.80
T # 4	30.10	30.40	30.20	30.20
	30.20	30.30	30.00	30.20
T # 5	29.80	30.60	30.60	30.70
	30.20	30.60	30.70	30.70
T # 6	30.40	31.00	31.10	31.20
	30.60	31.10	31.20	31.20
T # 7	29.60	30.30	30.30	30.40
	30.10	30.50	30.40	30.40
T # 8	29.80	30.40	30.60	30.60
	30.10	30.60	30.70	30.60
T # 9	29.70	30.20	30.10	30.10
	30.00	30.20	29.90	29.90
T # 10	29.60	30.10	30.30	30.20
	29.80	30.30	30.30	30.30

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	19.90	20.40	20.30	20.40
	20.10	20.40	20.20	20.60
T # 2'	20.10	20.40	20.50	20.60
	20.20	20.70	20.30	20.60
T # 3'	19.90	20.30	20.40	20.30
	20.10	20.50	20.10	20.60
T # 4'	19.60	20.10	20.10	20.10
	19.80	20.20	20.10	20.40
T # 5'	21.40	21.80	21.90	21.70
	21.40	21.90	21.80	21.90
T # 6'	20.80	21.20	21.30	21.10
	20.90	21.40	21.30	21.40
T # 7'	22.60	22.70	22.70	22.10
	22.30	22.80	22.80	22.90
T # 8'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 9'	27.60	28.20	28.50	28.50
	27.90	28.40	28.60	28.60
T # 10'	29.00	29.70	30.10	30.10
	29.40	29.80	30.20	30.20
T # 11'	27.30	27.80	28.20	28.20
	27.60	28.10	28.30	28.30
T # 12'	29.30	30.10	30.30	30.30
	29.60	30.20	30.30	30.50
VOLTAJE A RESISTENCIA	24.20	24.50	24.80	24.60
	24.40	24.80	25.10	24.70
VOLTAJE A VENTILADOR	125.00	125.90	128.20	127.00
	125.30	127.50	129.10	127.50
CORRIENTE A RESISTENCIA	483.00	480.00	491.00	493.00
	482.00	489.00	498.00	487.00
CORRIENTE A VENTILADOR	254.00	257.00	260.00	259.00
	254.00	257.00	262.00	260.00

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO	0.00	60.00	120.00	180.00
min	30.00	90.00	150.00	210.00
Th	29.90	30.60	30.70	30.70
o C	30.20	30.70	30.70	30.70
Tc	19.90	20.30	20.30	20.30
o C	20.00	20.40	20.20	20.50
Te	29.70	30.20	30.10	30.10
o C	30.00	30.20	30.00	30.00
Ti	29.60	30.10	30.30	30.20
o C	29.80	30.30	30.30	30.30
T2	21.60	21.90	22.00	21.60
o C	21.50	22.00	22.00	22.10
T1	28.30	28.90	29.30	29.30
o C	28.60	29.10	29.30	29.40
Pr	11.69	11.76	12.18	12.13
watt	11.76	12.13	12.50	12.03
Pv	31.75	32.36	33.33	32.89
watt	31.83	32.77	33.82	33.15
Q	43.44	44.12	45.51	45.02
watt	43.59	44.90	46.32	45.18
Qp	-0.62	-0.62	1.25	0.62
watt	-1.25	0.62	1.87	1.87
Qt	44.06	44.74	44.26	44.40
watt	44.84	44.28	44.45	43.31
U	4.41	4.34	4.26	4.27
w/m oC	4.40	4.30	4.23	4.25
hi	25.92	27.96	26.03	34.15
w/m oC	29.89	27.67	24.69	27.07
ho	27.54	26.32	31.61	31.71
w/m oC	28.02	27.67	31.75	33.31

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 3
PANEL PROBADO: N. T., POLIURETANO, N. T.
ESPESOR: 69.00 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: N. T. CALIENTE: N. T.

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	35.70	35.30	35.20	36.20
	35.10	36.00	35.90	36.90
T # 2	35.60	36.40	36.20	37.10
	35.30	37.20	36.90	36.90
T # 3	35.20	36.10	36.10	36.70
	34.90	36.70	36.50	36.50
T # 4	35.30	37.20	36.70	37.20
	35.40	37.70	37.10	37.10
T # 5	36.40	37.20	37.80	37.80
	37.00	37.40	37.80	37.80
T # 6	37.10	37.60	38.00	38.80
	37.80	36.00	37.70	38.60
T # 7	36.30	36.90	37.70	37.80
	36.70	37.30	37.70	37.90
T # 8	36.30	36.90	37.70	37.80
	36.70	37.30	37.70	37.90
T # 9	35.70	36.10	36.20	36.90
	35.40	36.80	36.80	36.90
T # 10	35.80	36.30	37.10	37.40
	36.10	36.70	37.30	37.60

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	19.80	19.90	19.80	19.70
	20.10	19.80	20.00	19.60
T # 2'	20.20	20.10	19.80	19.80
	20.30	20.20	20.10	19.70
T # 3'	20.10	19.90	19.70	19.70
	20.40	20.10	20.00	19.60
T # 4'	20.20	19.90	19.60	19.60
	20.10	20.00	19.90	19.50
T # 5'	21.90	21.70	21.70	21.90
	21.90	21.90	22.10	21.80
T # 6'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 7'	21.90	21.90	21.80	22.10
	22.10	22.00	22.20	22.00
T # 8'	23.20	23.30	23.20	23.40
	23.40	23.30	23.60	23.40
T # 9'	34.70	35.60	36.40	38.10
	35.40	36.20	37.70	38.30
T # 10'	35.60	36.10	37.10	37.50
	35.90	36.70	37.40	37.70
T # 11'	34.90	35.60	36.40	36.90
	35.30	36.10	36.80	37.10
T # 12'	34.70	35.40	36.30	36.70
	35.10	35.80	36.60	36.90
VOLTAJE A RESISTENCIA	24.10	24.20	23.90	24.00
	24.40	24.10	24.00	24.30
VOLTAJE A VENTILADOR	128.50	128.50	127.30	127.50
	128.70	128.40	127.50	128.30
CORRIENTE A RESISTENCIA	484.00	479.00	481.00	474.00
	485.00	480.00	477.00	476.00
CORRIENTE A VENTILADOR	261.00	258.00	260.00	253.00
	260.00	259.00	256.00	256.00

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO	0.00	60.00	120.00	180.00
min	30.00	90.00	150.00	210.00
Th	37.00	37.70	37.80	
o C	37.30	37.70	37.80	
Tc	20.00	19.70	19.70	
o C	20.00	20.00	19.60	
Te	36.10	36.20	36.90	
o C	36.80	36.80	36.90	
Ti	36.30	37.10	37.40	
o C	36.70	37.30	37.60	
T2	22.30	22.20	22.50	
o C	22.40	22.60	22.40	
T1	35.70	36.50	37.30	
o C	36.20	37.10	37.40	
Pr	11.59	11.49	11.38	
watt	11.57	11.45	11.57	
Pv	33.54	32.84	32.26	
watt	33.38	32.64	32.84	
Q	45.13	44.33	43.64	
watt	44.95	44.09	44.41	
Qp	1.25	5.61	3.11	
watt	-0.62	3.11	4.36	
Qt	43.88	38.72	40.53	
watt	45.57	40.98	40.05	
U	2.58	2.15	2.24	
w/m oC	2.63	2.32	2.20	
hi	19.08	15.49	14.47	
w/m oC	18.99	15.76	14.30	
ho	33.75	32.27	81.06	
w/m oC	41.42	68.30	100.50	

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 4
PANEL PROBADO: MORTERO DE CEMENTO-CANA-MORTERO DE CEMENTO
ESPESOR: 62.00 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: MORTERO DE CEMENTO CALIENTE: MORTERO DE CEMENTO

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	30.50	31.10	30.30	30.90
	30.80	31.00	31.30	31.20
T # 2	30.20	31.70	29.90	30.70
	30.40	31.10	31.30	31.30
T # 3	29.70	30.80	29.60	30.20
	30.00	30.50	30.60	30.70
T # 4	30.00	31.80	29.70	30.40
	30.30	30.80	30.80	31.60
T # 5	30.70	31.20	30.40	30.80
	30.90	31.20	31.10	31.20
T # 6	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 7	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 8	30.40	31.10	30.30	30.50
	30.60	30.70	30.80	31.10
T # 9	29.70	30.40	29.40	29.60
	29.80	29.90	29.90	30.20
T # 10	30.60	30.90	30.40	30.40
	30.70	30.70	30.70	30.70

TABLA DE RESULTADOS

Th	30.55	31.15	30.35	30.65
o C	30.75	30.95	30.95	31.15
Tc	20.53	21.40	21.18	20.93
o C	20.60	21.28	20.95	20.80
Te	29.70	30.40	29.40	29.60
o C	29.80	29.90	29.90	30.20
Ti	30.60	30.90	30.40	30.40
o C	30.70	30.70	30.70	30.70
T2	22.05	22.30	22.15	23.85
o C	22.05	22.70	23.95	23.45
T1	29.60	29.65	29.65	29.40
o C	29.65	29.65	29.60	29.55
Pr	24.15	20.21	20.21	22.27
watt	24.22	20.34	23.03	22.62
Pv	24.97	25.20	26.82	28.36
watt	25.05	25.41	27.06	28.41
Q	49.12	45.41	47.03	50.63
watt	49.27	45.75	50.09	51.03
Qp	5.61	3.12	6.23	4.98
watt	5.61	4.98	4.98	3.12
Qt	43.51	42.30	40.80	45.65
watt	43.67	40.76	45.11	47.91
U	4.34	4.34	4.45	4.69
w/m oC	4.30	4.21	4.51	4.63
hi	28.53	47.00	41.85	15.61
w/ m o C	30.11	28.60	15.04	18.08
ho	45.80	28.20	58.29	36.52
w/m oC	39.70	31.36	33.41	29.94

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	19.10	20.50	19.80	19.60
	19.60	19.30	19.50	19.10
T # 2'	20.60	21.20	21.10	20.80
	20.60	21.30	20.80	20.90
T # 3'	20.40	21.30	21.10	20.80
	20.40	21.40	20.90	20.80
T # 4'	22.00	22.60	22.70	22.50
	21.80	23.10	22.60	22.40
T # 5'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 6'	20.90	21.20	20.50	24.00
	20.90	21.60	24.20	23.30
T # 7'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 8'	23.20	23.40	23.80	23.70
	23.20	23.80	23.70	23.60
T # 9'	28.90	28.90	28.90	28.60
	28.90	28.90	28.80	28.70
T # 10'	------	------	------	------
	------	------	------	------
T # 11'	30.30	30.40	30.40	30.20
	30.40	30.40	30.40	30.40
T # 12'	------	------	------	------
	------	------	------	------
VOLTAJE A RESISTENCIA	35.00	32.60	32.60	34.80
	35.10	32.80	34.90	34.80
VOLTAJE A VENTILADOR	118.90	120.00	121.90	123.30
	119.30	121.00	123.00	123.50
CORRIENTE A RESISTENCIA	0.69	0.62	0.62	0.64
	0.69	0.62	0.66	0.65
CORRIENTE A VENTILADOR	0.21	0.21	0.22	0.23
	0.21	0.21	0.22	0.23

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 5
PANEL PROBADO: BLOQUE CEMENTO
ESPESOR: 90.00 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: BLOQUE CEMENTO CALIENTE: BLOQUE CEMENTO

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	30.40	29.40	30.10	
	29.70	30.20	29.80	
T # 2	31.60	30.20	30.90	
	30.70	31.20	30.80	
T # 3	30.90	29.70	30.30	
	30.10	30.40	30.30	
T # 4	31.90	30.60	31.20	
	30.90	31.40	31.20	
T # 5	30.10	30.10	30.20	
	30.20	30.20	30.20	
T # 6	30.20	30.30	30.30	
	30.30	30.30	30.40	
T # 7	30.10	30.20	30.30	
	30.20	30.20	30.30	
T # 8	29.80	29.80	29.90	
	29.90	29.80	30.10	
T # 9	31.40	30.50	30.90	
	30.80	31.00	30.90	
T # 10	30.30	30.40	30.60	
	30.60	30.40	30.60	

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	13.40	13.80	13.40	
	13.10	13.10	13.10	
T # 2'	13.60	13.90	13.50	
	13.30	13.40	13.50	
T # 3'	13.20	13.60	13.30	
	13.10	13.20	13.20	
T # 4'	12.90	13.50	12.90	
	12.90	13.10	13.00	
T # 5'	18.30	18.60	18.50	
	18.20	18.40	18.40	
T # 6'	18.00	18.60	19.90	
	18.30	19.70	19.10	
T # 7'	17.20	17.60	17.40	
	17.20	17.40	17.30	
T # 8'	16.60	16.90	16.70	
	16.60	16.70	16.70	
T # 9'	24.80	24.90	24.80	
	24.80	24.80	24.80	
T # 10'	24.80	24.90	24.80	
	24.80	24.80	24.90	
T # 11'	25.40	25.60	25.60	
	25.40	25.50	25.60	
T # 12'	25.00	25.10	25.10	
	24.90	24.90	25.10	
VOLTAJE A RESISTENCIA	49.00	47.00	47.40	
	46.80	47.20	47.50	
VOLTAJE A VENTILADOR	120.80	120.70	121.00	
	120.90	120.70	120.60	
CORRIENTE A RESISTENCIA	0.98	0.93	0.90	
	0.92	0.92	0.93	
CORRIENTE A VENTILADOR	0.22	0.22	0.23	
	0.22	0.22	0.22	

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO	0.00	60.00	120.00	180.00
min	30.00	90.00	150.00	210.00
Th	30.05	30.10	30.18	
o C	30.15	30.13	30.25	
Tc	13.28	13.70	13.28	
o C	13.10	13.20	13.20	
Te	31.40	30.50	30.90	
o C	30.80	31.00	30.90	
Ti	30.30	30.40	30.60	
o C	30.60	30.40	30.60	
T2	17.53	17.93	18.13	
o C	17.58	18.05	17.88	
T1	25.00	25.13	25.08	
o C	24.98	25.00	25.10	
Pr	48.02	43.71	42.66	
watt	43.06	43.42	44.18	
Pv	26.58	26.55	27.83	
watt	26.60	26.55	26.53	
Q	74.60	70.26	70.49	
watt	69.65	69.98	70.71	
Qp	-6.85	-0.62	-1.87	
watt	-1.25	-3.74	-1.87	
Qt	81.45	70.89	72.36	
watt	70.90	73.72	72.58	
U	4.86	4.32	4.28	
w/m oC	4.16	4.36	4.26	
hi	19.16	16.78	14.92	
w/ m o C	15.84	15.20	15.52	
ho	16.13	14.25	14.19	
w/m oC	13.70	14.38	14.09	

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 6
PANEL PROBADO: BLOQUE ARCILLA
ESPESOR: 80 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: BLOQUE DE ARCILLA CALIENTE: BLOQUE DE ARCILLA

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	35.20	35.10	35.10	35.10
	35.10	35.20	35.20	
T # 2	35.80	35.80	35.70	35.70
	35.70	35.80	36.10	
T # 3	35.20	35.20	35.20	35.10
	35.00	35.10	35.30	
T # 4	36.20	35.90	35.90	35.90
	35.70	35.80	36.10	
T # 5	35.80	35.60	35.50	35.60
	35.60	35.50	35.60	
T # 6	35.90	35.70	35.70	35.70
	35.70	35.60	35.70	
T # 7	35.50	35.30	35.30	35.30
	35.30	35.20	35.30	
T # 8	35.40	35.30	35.30	35.30
	35.30	35.20	35.30	
T # 9	34.30	34.70	34.90	37.70
	33.90	34.30	37.20	
T # 10	35.90	35.60	35.70	35.80
	35.70	35.60	35.70	

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	20.40	20.60	20.80	20.90
	20.90	20.90	20.90	
T # 2'	20.50	20.60	20.80	20.80
	20.80	20.80	20.90	
T # 3'	20.20	20.30	20.40	20.60
	20.40	20.50	20.50	
T # 4'	20.10	20.20	20.40	20.50
	20.30	20.20	20.40	
T # 5'	25.20	25.20	25.20	25.20
	25.30	25.20	25.30	
T # 6'	26.60	26.60	26.60	26.60
	26.60	26.60	26.60	
T # 7'	26.10	26.10	26.10	26.10
	26.10	26.00	26.10	
T # 8'	25.40	25.40	25.40	25.50
	25.40	25.40	25.40	
T # 9'	32.60	32.40	32.40	32.40
	32.40	32.30	32.30	
T # 10'	32.10	32.00	32.10	32.10
	32.00	31.90	32.00	
T # 11'	30.40	30.40	30.40	30.50
	30.40	30.30	30.40	
T # 12'	28.90	29.10	29.20	29.30
	28.90	28.90	29.20	
VOLTAJE A	49.60	50.10	50.70	50.80
RESISTENCIA	50.10	50.20	50.60	
VOLTAJE A	120.50	121.50	122.90	123.00
VENTILADOR	121.30	121.80	122.40	
CORRIENTE A	0.94	0.94	0.96	0.95
RESISTENCIA	0.92	0.95	0.95	
CORRIENTE A	0.22	0.22	0.21	0.21
VENTILADOR	0.22	0.22	0.21	

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO	0.00	60.00	120.00	180.00
min	30.00	90.00	150.00	210.00
Th	35.65	35.48	35.45	
o C	35.48	35.38	35.48	
Tc	20.30	20.43	20.60	
o C	20.60	20.60	20.68	
Te	34.30	34.70	34.90	
o C	33.90	34.30	37.20	
Ti	35.90	35.60	35.70	
o C	35.70	35.60	35.70	
T2	25.83	25.83	25.83	
o C	25.85	25.80	25.85	
T1	31.00	30.98	31.03	
o C	30.93	30.85	30.98	
Pr	46.62	47.09	48.67	
watt	46.09	47.69	48.07	
Pv	26.51	26.73	25.81	
watt	26.69	26.80	25.70	
Q	73.13	73.82	74.48	
watt	72.78	74.49	73.77	
Qp	9.97	5.61	4.98	
watt	11.21	8.10	-9.35	
Qt	63.17	68.22	69.50	
watt	61.56	66.39	83.12	
U	4.12	4.53	4.68	
w/m oC	4.14	4.49	5.62	
hi	11.43	12.63	13.30	
w/ m o C	11.73	12.77	16.06	
ho	13.58	15.16	15.71	
w/m oC	13.53	14.67	18.47	

HOJA DE TRABAJO PARA DETERMINACION DE LA TRANSMITANCIA TERMICA

PRUEBA # 7
PANEL PROBADO: BLOQUE ARCILLA, RELLENO DE POLIURETANO
ESPESOR: 80.00 mm
TIPO SUPERFICIE
FRIA: BLOQUE ARCILLA CALIENTE: BLOQUE ARCILLA

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1	35.80	35.90	35.80	
	35.60	36.30	36.00	
T # 2	37.60	37.60	37.80	
	37.60	37.80	37.90	
T # 3	36.60	36.60	36.80	
	36.60	36.70	36.60	
T # 4	38.40	38.40	38.10	
	38.30	38.00	37.90	
T # 5	38.00	38.00	38.20	
	38.10	38.10	38.30	
T # 6	38.20	38.10	38.00	
	38.00	38.00	38.10	
T # 7	------	------	------	
	------	------	------	
T # 8	37.40	37.90	38.00	
	37.30	37.50	37.60	
T # 9	37.10	37.40	37.60	
	37.50	37.50	37.60	
T # 10	37.60	37.70	37.50	
	37.60	37.90	37.30	

TIEMPO min	0.00	60.00	120.00	180.00
TERMOCUPLA	30.00	90.00	150.00	210.00
T # 1'	22.40	22.00	22.10	
	22.10	22.40	22.20	
T # 2'	22.10	22.40	22.20	
	22.20	22.40	22.20	
T # 3'	21.90	22.00	21.80	
	21.90	22.00	22.00	
T # 4'	22.60	22.10	22.60	
	22.10	22.30	22.10	
T # 5'	25.20	25.30	25.30	
	25.00	25.30	25.30	
T # 6'	23.80	23.60	23.70	
	23.30	23.60	23.50	
T # 7'	23.70	23.70	23.80	
	23.40	23.70	23.80	
T # 8'	23.60	23.50	23.60	
	23.10	23.60	23.50	
T # 9'	31.20	31.10	31.40	
	31.20	31.20	31.60	
T # 10'	31.10	31.10	31.60	
	31.10	31.10	31.10	
T # 11'	33.90	33.40	33.60	
	33.50	33.50	33.90	
T # 12'	33.30	33.10	33.40	
	33.10	33.30	33.50	
VOLTAJE A RESISTENCIA	25.10	25.40	25.10	
	25.30	25.50	25.00	
VOLTAJE A VENTILADOR	121.70	121.60	122.20	
	121.50	122.00	121.70	
CORRIENTE A RESISTENCIA	1.34	1.39	1.40	
	1.38	1.34	1.35	
CORRIENTE A VENTILADOR	0.22	0.23	0.22	
	0.22	0.22	0.23	

TABLA DE RESULTADOS

TIEMPO	0.00	60.00	120.00	180.00
(min)	30.00	90.00	150.00	210.00
Th	37.87	38.00	38.07	
o C	37.80	37.87	38.00	
Tc	22.25	22.13	22.18	
o C	22.08	22.28	22.13	
Te	37.10	37.40	37.60	
o C	37.50	37.50	37.60	
Ti	37.60	37.70	37.50	
o C	37.60	37.90	37.30	
T2	24.08	24.03	24.10	
o C	23.70	24.05	24.03	
T1	32.38	32.18	32.50	
o C	32.23	32.28	32.50	
Pr	33.63	35.31	35.14	
watt	34.91	34.17	33.75	
Pv	26.77	27.97	26.88	
watt	26.73	26.84	27.99	
Q	60.41	63.27	62.02	
watt	61.64	61.01	61.74	
Qp	3.12	1.87	-0.62	
watt	0.62	2.49	-1.87	
Qt	57.29	61.41	62.65	
watt	61.02	58.52	63.61	
U	3.67	3.87	3.94	
w/m oC	3.88	3.75	4.01	
hi	31.39	32.32	32.54	
w/ m o C	37.55	32.97	33.48	
ho	10.43	10.54	11.25	
w/m oC	10.95	10.47	11.57	

ANEXO E

ANEXO E.

1.- MADERAS DE LA COSTA ECUATORIANA. CLASIFICACION POR PROVINCIAS.

A. PROVINCIA DE EL ORO.

NOMBRE	USOS
ALCANFOR	PISOS, PUERTAS, VENTANAS, MUEBLES, DUELAS DE PISOS.
BELLA MARIA	ENCOFRADO.
CANELO	ENCOFRADO.
CANA GUADUA	PAREDES, PISOS, PUNTALES Y VIGAS, ENCOFRADO.
CEDRO	PAREDES, PUERTAS, VENTANAS MUEBLES.
COPAL	PISOS, PUERTAS, VENTANAS, ENCOFRADO.
CHICLON O CAUCHO DE MONTAÑA	ENCOFRADO.
FIGUEROA	PAREDES, PISOS, PUERTAS, VENTANAS, ENCOFRADO.
HIGUERON	ENCOFRADO.
NOGAL	PAREDES, PUERTAS, VENTANAS, MUEBLES.
TILO	PAREDES, PISOS, MUEBLES.
VARIABLE	PISOS, PUERTAS, VENTANAS.
ZAPOTE DE PERRO	ENCOFRADO.

R. PROVINCIA DE ESMERALDAS

NOMBRE	USOS
CALADE	ENCOFRADO.
CANA GUADUA	PAREDES, PISOS, PUNTALES, ENCOFRADO, VIGAS.
CAOBA	PAREDES, PARQUET, MUEBLES, ESCULTURAS Y MARCOS.
CEDRO	PARED.,MOD. DE DECOR., PUERTAS,VENTANAS,MUEBLES.
CEIBA	ENCOFRADO.
CHALVIANDA	PISOS, PUNTALES, VIGAS.
CHANUL	PAREDES, PUNTALES, VIGAS.
DORMILON	PUNTALES, VIGAS.
GUAYACAN	POSTES,PUNT.,MUEBLES,VIGAS, ESC., DURMIENTES, CONST. DE VIVIENDAS.
JIGUA	ENCOFRADO.
JUAN GUILLERMO	PAREDES,PISOS,ENCOFRADO.
LAUREL	PISOS,PUERTAS,VENTANAS, MUEBLES.
MACHARE	PUNTALES Y VIGAS PARA CUERDAS DE PISOS.
MANGLILLO	PISOS,PUERTAS,VENTANAS.
MORAL	PAREDES,PISOS,PUNTALES, POSTES, PILARES ENT.
MUCHILA	PISOS.
NATO	PAREDES,PISOS.
SAJO	ENCOFRADO.
SANDALO	PAREDES,PISOS,PUNTALES, VIGAS.
SANGRE DE GALLINA	ENCOFRADO,PLYWOOD.
TANGARE	ENCOFRADO.
TILO	PAREDES,PISOS,ENCOFRADO.

C. PROVINCIA DEL GUAYAS

NOMBRE	USOS
ALMENDRO	MUEBLES Y CONSTRUCCIONES.
BALSAMO	PAREDES, MUEBLES.
CANA GUADUA	PAREDES, PISOS, PUNT., ENCOF., VIGAS, POSTES.
CEDRO	PAREDES, PUERTAS, PUNT., VENTANAS, MUEBLES.
CEIBA	ENCOFRADO.
CIMARRON	PUERTAS Y VENTANAS.
COLORADO	PISOS
COPAL	PISOS, PUERTAS, VENTANAS, ENCOFRADO.
ERNAN SANCHEZ	PUNTALES, VIGAS, ENCOFRADO.
FIGUEROA	PAREDES , PISOS, PUERTAS, VENT., ENCOFRADO.
GUAYABO	PISOS,PUNTALES,VIGAS,MUEBLES.
GUAYACAN	DURMIENTES,POSTES,VIGAS,MUEBLES,PUNTALES.
JAGUA	FRAN.,MUEBLES,CAJAS,PUERT.,CHAPAS DECORATIVAS.
JIGUA	ENCOFRADO, CONST. DE VIVIEND.
JIGUA LIVIANA	ENCOFRADO
JIGUA PRIETA	ENCOFRADO
LAUREL	CONST.INT.,PISOS,PUERT.,VENT.,MUEB.,CUB. DE BUQUES.
LECHERO	ENCOFRADO
LIMONCILLO	PISOS
MADERA NEGRA	POST.,TRAB. DE FBA.,CONST. NAV.,DURMIENTES.
MANGLE	PUNT.,VIGAS,POSTES Y PILAR.
MANGLILLO	PISOS,PUERTAS Y VENTANAS.
MORAL	PAR.,PISOS,PUNT.,VIGAS,PILARES.
MOTILON	ENCOFRADO
OLIVO	MUEBLES

PALO DE VACA	MUEBLES
ROSADO	PISOS, PUERTAS, VENTANAS.
SORAL	PUNTALES Y VIGAS.
TILLO	PAR., PISOS, ENCOFRADO.
UVA	ENCOFRADO

D. PROVINCIA DE LOS RIOS

NOMBRE	USOS
CANA GUADUA	PAREDES,PISOS,PUNTALES, VIGAS.
GUAYACAN	MUEBLES,PUNTALES,VIGAS, DURMIENTES,POSTES,PILARES, CONST. DE VIVIENDAS.
LAUREL	PUERTAS,PISOS,MUEBLES, VENTANAS,CUB. DE BUQUES, CONST. INTERIORES.
MORAL	PAREDES,PISOS,PILARES, POSTES,PUNTALES.

F. PROVINCIA DE MANARI

NOMBRE	USOS
AMARTILLO	MUEBLES,PUERTAS,CONST. NAV., FRANTSTERIA
BALSAMO	PAREDES,MUEBLES.
CANA GUADUA	PAREDES,PISOS,PUNTALES,ENCOF., VIGAS.
CEDRO	PUERTAS,VENTANAS,MUEBLES,CARP. EN GENERAL
CEIBA	ENCOFRADO
ESQUEROA	PAREDES,PISOS,PUERTAS,VENTAN., ENCOFRADO.
GUAYACAN	CONST. DE VIVIENDAS,PILARES, DURMIENTES,PUNTALES,VIGAS, MUEBLES.
JIGUA	ENCOFRADO.
LAUREL	PISOS,PUERTAS,VENTANAS,MUEBLES, CONSTRUC. INTERIORES,CURIERTAS DE BUQUE.
MACHARE	PUNTALES,VIGAS.
MADERA NEGRA	MUEBLES,CONSTRUC. NAVALES, POSTES,DURMIENTES.
SAIN	ENCOFRADO.
TILO	PAREDES,PISOS,ENCERADO, FABRICACION DE CAJONES.
VANTANO	ENCOFRADO.

MADERAS DE LA COSTA ECUATORIANA.CLASIFICACION POR USOS.

A. PAREDES

NOMBRE	PROVINCIA
BALSAMO	GUAYAS,MANABI.
CAOBA	ESMERALDAS
CANA GUADUA	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
CEDRO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
CHANUL	ESMERALDAS.
FIGUEROA	EL ORO, GUAYAS, MANABI.
JUAN GUTIERRMO	ESMERALDAS.
MORAL	ESMERALDAS, LOS RIOS, GUAYAS.
NATO	ESMERALDAS.
NOGAL	EL ORO.
SANDALO	ESMERALDAS.
TILLO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.

R. PISOS.

NOMBRE	PROVINCIA.
ALCANFOR	EL ORO.
CANA GUADUA	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI, LOS RIOS.
COLORADO	GUAYAS.
COPAL	EL ORO, GUAYAS.
CHALVIANDA	ESMERALDAS.
FIGUEROA	EL ORO, GUAYAS, MANABI.
GUAYABO	GUAYAS.
GUGUA PRIETA	GUAYAS.
JUAN GUILLERMO	ESMERALDAS.
LAUREL	ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
LIMONCILLO	GUAYAS.
MANGLILLO	ESMERALDAS, GUAYAS.
MORAL	ESMERALDAS, LOS RIOS, GUAYAS.
MUCHUNA	ESMERALDAS.
NATO	ESMERALDAS.
ROSADO	GUAYAS.
SANDALO	ESMERALDAS.
TILLO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
VARTABLE	EL ORO.

C. PUERTAS Y VENTANAS.

NOMBRE	PROVINCIA
ALCANFOR	EL ORO.
CEDRO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
CHIMARRON	GUAYAS.
COPAL	EL ORO, GUAYAS.
FIGUEROA	EL ORO, GUAYAS, MANABI.
GUAGUA	GUAYAS.
LAUREL	ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
MANCHINEL	ESMERALDAS, GUAYAS.
NOGAL	EL ORO.
ROSADO	GUAYAS.
VARIABLE	EL ORO.

D. PUNTALES Y VIGAS.

NOMBRE	PROVINCIA
CANA GUADUA	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
CHALVIANDA	ESMERALDAS.
CHANUL	ESMERALDAS.
DORMITORIO	ESMERALDAS.
FERNAN SANCHEZ	GUAYAS.
GUAYABO	GUAYAS.
GUAYACAN	ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
MACHARE	ESMERALDAS, MANABI.
MANGLE	GUAYAS, LOS RIOS.
MORAL	ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS.
SANDALO	ESMERALDAS.
SORAL	GUAYAS.

E. ENCOFRADO.

NOMBRE	PROVINCIA
BELLA MARIA	EL ORO.
CALADE	ESMERALDAS.
CANELO	EL ORO.
CANA GUADUA	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
CETRA	ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
COPAL	EL ORO, GUAYAS.
CHILCON O CAUCHO	
DE MONTANA	EL ORO.
FERNAN SANCHEZ	GUAYAS.
FIGUEROA	EL ORO, GUAYAS, MANABI.
HIGUERON	EL ORO.
JIGUA	ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
JIGUA LIVIANA	GUAYAS
JIGUA PRIETA	GUAYAS.
JUAN GUILLERMO	ESMERALDAS
LECHERO	GUAYAS
MOTILON	GUAYAS.
SALAO	ESMERALDAS, MANABI
SANGRE DE GALLINA	ESMERALDAS.
TANGARE	ESMERALDAS.
TILO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
UVA	GUAYAS.
VENTANO	MANABI.
ZAPOTE DE PERRO	EL ORO.

F. MUEBLES

NOMBRE	PROVINCIA
ALCANFOR	EL ORO.
ALMENDRO	GUAYAS.
AMARILLO	MANABI.
BALSAMO	GUAYAS, MANABI.
CAOBA	ESMERALDAS.
CEDRO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.
GUAYABO	GUAYAS.
GUAYACAN	ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
JAGUA	GUAYAS.
LAUREL	ESMERALDAS, GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
MADERA NEGRA	GUAYAS, MANABI.
NOGAL	EL ORO.
OLIVO	GUAYAS.
PALO DE VACA	GUAYAS.
TILO	EL ORO, ESMERALDAS, GUAYAS, MANABI.

7.- BLOQUES PARA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE LA COSTA ECUATORIANA.

A.- BLOQUES ROCAFUERTE.

NOMBRE	USOS.
ADOQUIN 1	PATIOS Y ACERAS.
ADOQUIN 2	PATIOS Y ACERAS.
BALDOSIN B-1	PATIOS Y ACERAS.
MODELO C-16	COLUMNAS.
MODELO CE-6	PAREDES.
MODELO CE-19	PAREDES Y MUROS.
MODELO LL-14	PISOS.
MODELO LL-19	PISOS.
MODELO O-22	PAREDES.
MODELO P-1	PAREDES.
MODELO P-6	PAREDES.
MODELO P-9	PAREDES.
MODELO P-11	PAREDES.
MODELO P-15	PAREDES Y MUROS.
MODELO P-18	PAREDES Y MUROS.
MODELO P-1F	PAREDES.
MODELO PF-3	PAREDES.
MODELO PL-1	PAREDES.
MODELO PL-6	PAREDES.
MODELO PV-21	PATIOS Y ACERAS.
MODELO T-2	LLENAR ESPACIOS DE PAREDES.

MODELO T-8	COLUNNA.
MODELO T-13	COLUNNA Y LLENAR ESPACIO DE PAREDES.
MODELO TI-2	LLENAR ESPACIO DE PAREDES.
MODELO TI-6	LLENAR ESPACIOS DE PAREDES.
MODELO V-5	EN VIGAS SUPERIORES.
MODELO V-7	EN VIGAS SUPERIORES.
MODELO V-20	EN VIGAS SUPERIORES.

B. BLOQUES ALFADOMUS Y VICTORIA.

NOMBRE	USOS
+4H	PAREDES Y MUROS.
+8H	PAREDES.
+9H	PAREDES.
+9H	PAREDES Y PISOS.
ACANALADO	PAREDES.
ADOQUIN 6	PATIOS Y ACERAS.
ADOQUIN 7	PATIOS Y ACERAS.
ADOQUIN 8	PATIOS Y ACERAS.
ADOQUIN LISO	PATIOS Y ACERAS.
CARA VISTA	PAREDES.
ESTRIADOS	PAREDES.
LADRILLOS	MUROS
NO 1	PAREDES Y MUROS.
NO 2	PAREDES Y MUROS.
NO 3	PISOS.
NO 4	PISOS.
MEDIA CANA	PAREDES.
9. ESTRIADO	PATIOS Y ACERAS.
ORNAMENTAL	LLENAR ESPACIOS DE PAREDES.
SPLIT BLOCK	PAREDES.

C. OTROS BLOQUES DE LA COSTA ECUATORIANA.

MATERIA PRIMA	PROVINCIA
ARCILLA	ESM., GUAYAS, MANABI.
CEMENTO	EL ORO, ESM., GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
CEMENTO + ARCILLA	EL ORO, ESM., GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.
CEMENTO + GRANITO	EL ORO, ESMERALDAS.
CEMENTO + PIEDRA POMEZ	EL ORO, ESM., GUAYAS, LOS RIOS, MANABI.

3.- BALDOSAS.

NOMBRE	USOS
ANTIDESLIZANTE	CORREDOR,PATIOS Y PISCINAS.
CALIZAS	SALA,OFICINAS Y PATIOS.
CERAMICA	SALA Y OFICINAS.
ENCHAPADOS	SALA Y OFICINAS.
GRANO DE MARMOL BLANCO	SALA.
GRANO DE PIEDRA	SALA,COCINA Y CORREDOR.
LOZA FUNDIDA	SALA,COCINA Y OFICINAS.
MARMETTONE IRREGULAR	SALA.
MARMETTONE REGULAR	SALA.
MARMOL BLANCO IRREGULAR	SALA.
MARMOL BLANCO REGULAR	SALA.
VINYL ASBESTO	SALA Y OFICINAS.

4.- MATERIALES DE CONSTRUCCION DE VIVIENDAS USADOS EN TECHOS Y TUMBADOS (ASBESTO Y OTROS).

TIPOS DE PLANCHA	USOS
ARDEX	TECHO
CANALIT	TECHO
ONDULIT	TECHO
PLACA MODULADA	TECHO
TEJA DE ARCILLA	TECHO
TEJA RESIDENCIAL	TECHO
ZINC	TECHO
ACRILICO	TUMBADO.
ACUSTICO	TUMBADO.
AGLOMERADO	TUMBADO.
DECORIT.	
TIPO A (4mm)	TUMBADO.
TIPO B (4mm)	TUMBADO.
TIPO C (4mm)	TUMBADO.
TIPO D (4mm)	TUMBADO.
TIPO F (4mm)	TUMBADO.
TIPO G (4mm)	TUMBADO.
MIMATEX	TUMBADO.
YESO	TUMBADO.

5.- PINTURAS.

TIPO DE PINTURA	USO
ACRILICAS	VEHICULOS.
ANTICORROSIVAS	VEHICULOS E INDUSTRIAL.
ESMALTES	INT.,EXTERIORES E IND.
LATEX	INTERIORES Y EXTERIORES.
MARINAS	EMBARCACIONES.
SEÑALAMIENTO	TRAFICO.

6.- REVESTIMIENTOS Y ENLUCIDOS.

-REVESTIMIENTOS:

TIPO DE REVESTIMIENTO	USO
AZULEJOS	BANOS,COCINAS Y LAVAN.
MADERAS DECORATIVAS	SALAS,OFIC. Y CORRED.
PAPEL TAPIZ	SALAS Y OFICINAS.
TAPIZON	SALAS,OFIC. Y CORRED.
VINYL	OFICINAS Y CORRED.

-ENLUCIDO:

TIPO DE MORTERO	USO
2 PART. CEMEN.+1 PART. ARENA	PARED EXTERIOR.
1 PART. CEMEN.+7 PART. ARENA	PARED INTERIOR.