

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

03045

1
2-j-

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSGRADO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES
LABORATORIO DE ENERGÍA SOLAR

POSGRADO EN ENERGÍA SOLAR

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OBTENCIÓN DE PROPIEDADES ÓPTICAS, TÉRMICAS Y FÍSICAS DE
ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

TESINA QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIZACIÓN EN HELIODISEÑO

PRESENTA:

JOSÉ ALBERTO ROJAS MENDOZA

MARZO 1992



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

El uso eficiente de la energía es uno de los grandes retos a que nos enfrentamos y no solo es responsabilidad de los sectores industrial y comercial hacer racional el uso de los recursos energéticos, sino también del sector residencial, tomando en cuenta al sector residencial como un gran demandante de energía para climatizar e iluminar espacios, y operar diversos equipos.

En el caso de la climatización de espacios, los sistemas pasivos, en términos generales, ayudan a crear y mantener un ambiente en el cual las condiciones de temperatura, humedad, circulación y pureza del aire produzcan un efecto tal, que sus ocupantes puedan desarrollar comodamente sus actividades. Todo esto se hace procurando aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles en el lugar minimizando así la dependencia de las fuentes no renovables de energía. Por esta razón se hace cada vez más necesaria la participación de arquitectos, ingenieros y especialistas en el desarrollo de proyectos arquitectónicos que incluyan sistemas que permitan por un lado lograr un ahorro substancial en el consumo de energía, y por otro mantener un ambiente confortable.

El presente trabajo tiene como idea primordial contribuir en el cálculo de balances térmicos de edificios para la climatización de espacios, aportando información de propiedades físicas de materiales usados comunmente en la construcción de CASAS-HABITACIÓN.

En el capítulo I se describen los antecedentes y se plantea el objetivo del trabajo después de haber hecho una consulta en diferentes manuales y libros sobre propiedades físicas de materiales de construcción, posteriormente se define lo que es un sistema pasivo y se explica como interactua con las variables climatológicas para generar un microclima en un edificio. Se recalca la importancia que tienen estas propiedades para el cálculo de balances térmicos. En los capítulos II y III se explica como se obtienen experimentalmente las propiedades físicas de materiales y por último se hacen comentarios y conclusiones. Finalmente en los apéndices se presentan tablas y gráficas de los resultados obtenidos.

OBTENCION DE PROPIEDADES OPTICAS, TERMICAS Y FISICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

INDICE:

	PAGINA
I .- INTRODUCCION.	
I.1 - ANTECEDENTES	1
I.2 - OBJETIVOS	4
I.3 - SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACION	5
I.4 - VARIABLES CLIMATOLOGICAS	7
I.5 - PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES	12
II .- METODOLOGIA	
II.1 - CLASIFICACION DE MATERIALES	20
II.2 - MEDICION DE PROPIEDADES	21
II.2.1 - DENSIDAD	22
II.2.2 - CONDUCTIVIDAD TERMICA	23
II.2.3 - TRANSMITANCIA Y REFLECTANCIA	26
II.2.4 - ABSORTANCIA	29
II.2.5 - EMITANCIA	30
III.- RESULTADOS	32
IV .- CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFIA	40
ANEXO A. - LISTA DE MATERIALES COMUNMENTE USADOS	44
EN LA CONSTRUCCION DE CASAS-HABITACION.	
APENDICE A.- PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES	48
REPORTADOS EN LA LITERATURA.	
ANEXO B. - TABLAS Y GRAFICAS	75
APENDICE B.- METODOS DE CALCULO	106

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan algunas características termofísicas de materiales de construcción, las cuales son indispensables en el cálculo de balances térmicos de edificios. Se explica la importancia de las características termofísicas en el diseño arquitectónico y después se hace una consulta en la bibliografía existente para revisar la disponibilidad de datos sobre las siguientes propiedades:

ópticas; transmitancia, reflectancia, absortancia y emitancia, térmicas; conductividad térmica y físicas; densidad. Se obtienen experimentalmente las siguientes propiedades termofísicas de algunos materiales de construcción comúnmente empleados en la construcción de casas-habitación en la ciudad de Cuernavaca Morelos y sus alrededores: transmitancia, reflectancia, absortancia, emitancia, conductividad térmica y densidad. Por último se hace una comparación de los resultados obtenidos con los existentes en la bibliografía.

I.1 - ANTECEDENTES

Una de las más comunes situaciones a las que se enfrenta el arquitecto en el proceso de diseño térmico de CASAS-HABITACIÓN es la de cómo aprovechar los recursos naturales para mejorar las condiciones de comodidad térmica y bienestar, requeridas por el ser humano para la realización de sus actividades y minimizar el consumo de energía.

Al hablar del diseño térmico se hace referencia a todas las edificaciones que utilicen fuentes de energía renovables (sol, viento, clima, vegetación, etc.) con fines de climatización: calefacción, ventilación y enfriamiento. Todo esto se logra mediante el uso de elementos arquitectónicos que sirven como reguladores, para que capten, transformen, almacenen y transfieran la energía, asegurándole a sus ocupantes protección contra las variaciones climatológicas del exterior. Sin embargo esto no puede lograrse sin un mínimo conocimiento de los fenómenos relativos a los procesos de transferencia de calor que se presentan entre los alrededores y el edificio, el comportamiento térmico de los materiales al exponerlos al sol y de las exigencias humanas en materia de comodidad térmica. A continuación se describe que fuentes bibliográficas contienen información sobre propiedades ópticas,

térmicas y físicas necesarias para hacer un balance térmico.

El estudio de acondicionamiento térmico natural de un edificio ha tenido un desarrollo relativamente reciente en México, lo que explica que no forme parte de los planes de estudio de facultades y escuelas en el país, a esto se agrega el hecho de que la bibliografía sobre las características ópticas de los materiales de construcción es muy escasa, y su enfoque está orientado hacia un área de la física que el arquitecto no maneja regularmente.

Otro problema al que se enfrenta el arquitecto es que generalmente la información en la literatura se reporta, en gran parte, en inglés, además de que la naturaleza del material reportado no está claramente especificada porque éste dato corresponde a materiales que no son fabricados en México.

En México hay algunos manuales y libros de construcción, en los cuales se puede encontrar información relacionada con las características termofísicas de materiales de construcción[1.52], desgraciadamente la mayoría de estos datos corresponden a materiales cuyos procesos de fabricación, así como la composición del mismo no corresponden a los materiales utilizados en nuestro país como se mencionó anteriormente por lo tanto, los valores propiedades termofísicas son diferentes a los materiales encontrados en México. Aunque algunas fuentes contienen información muy completa relacionada con varios materiales[6, 10, 11, 13, 38], su características no son de materiales usados en México.

Existen sin embargo casos en donde se reportan propiedades físicas y térmicas de materiales de construcción usados en la República Mexicana[1, 2, 5, 9, 17, 32] aunque las propiedades ópticas de estos mismos no se reportan, a excepción de los vidrios cuyas propiedades se pueden encontrar en los manuales de los fabricantes[52]. En el caso de las propiedades ópticas como la transmitancia, los datos casi siempre se reportan en los rangos solar, visible e infrarrojo, a una incidencia normal, solo en pocos casos se reportaron transmitancias de algunos materiales en el rango del visible a diferentes ángulos de incidencia y con espesores diferentes [6, 7, 25, 40, 43]. En otras fuentes se

reportan características ópticas de una variedad de vidrios y acrílicos que en muchos casos no existen en nuestro país [3, 4, 10, 38] o bien que en caso de existir su uso no es el de la construcción. En otras [42] se encuentran datos aislados de materiales cuyos datos de transmitancia no están referidos a un determinado rango del espectro.

Los datos de absorción reportados en la literatura son de la absorción solar normal, del visible y del cercano infrarrojo. [6, 14, 21, 26, 36, 47, 53], pero hay que tomar en cuenta que los datos de estas fuentes pertenecen a materiales de otros países donde las características de su composición no tienen mucha semejanza con las de México. Existen en el mercado dispositivos que miden la absorción en el rango solar, por lo que se sugiere medir propiedades de materiales que se encuentran en el mercado nacional.

Los datos de reflectancia encontrados en la literatura [4, 6, 10, 13, 14, 21, 23, 31, 38, 47, 48] reportan la reflectancia de varios materiales de construcción, generalmente en el espectro solar y en el cercano infrarrojo desgraciadamente estos datos como en los casos anteriores, corresponden a materiales que son diferentes a los que se fabrican en el país, pero en ningún caso se reportó dato alguno sobre materiales de construcción usados a nivel nacional. Afortunadamente algunas fuentes son muy completas en cuanto a información de propiedades ópticas de materiales de construcción por lo que fueron tomadas como referencias principales [6, 10, 13, 38, 41].

Por otro lado en algunas fuentes se reporta la reflectancia en forma muy generalizada [10, 23, 29, 40] refiriéndose a los materiales en grupos muy generales: pinturas claras y oscuras en general, superficies claras, reflejantes y lisas láminas metálicas, maderas en general, etc. sin definir un material en particular. Finalmente se reporta el dato del albedo de reflexión que es una combinación de emitancia y reflectancia para diferentes superficies [21, 23, 25, 29, 31, 40, 47].

Finalmente los datos reportados sobre las propiedades físicas y térmicas como la conductividad térmica, calor específico y densidad son quizá, los más comúnmente reportados en la bibliografía. Para fines de

reportan características ópticas de una variedad de vidrios y acrílicos que en muchos casos no existen en nuestro país [3, 4, 10, 38] o bien que en caso de existir su uso no es el de la construcción. En otras [42] se encuentran datos aislados de materiales cuyos datos de transmitancia no están referidos a un determinado rango del espectro.

Los datos de absorptancia reportados en la literatura son de la absorptancia solar normal, del visible y del cercano infrarrojo. [6, 14, 21, 26, 36, 47, 53]. pero hay que tomar en cuenta que los datos de estas fuentes pertenecen a materiales de otros países donde las características de su composición no tienen mucha semejanza con las de México. Existen en el mercado dispositivos que miden la absorptancia en el rango solar, por lo que se sugiere medir propiedades de materiales que se encuentran en el mercado nacional.

Los datos de reflectancia encontrados en la literatura [4, 6, 10, 13, 14, 21, 23, 31, 38, 47, 48] reportan la reflectancia de varios materiales de construcción, generalmente en el espectro solar y en el cercano infrarrojo desgraciadamente estos datos como en los casos anteriores, corresponden a materiales que son diferentes a los que se fabrican en el país, pero en ningún caso se reportó dato alguno sobre materiales de construcción usados a nivel nacional. Afortunadamente algunas fuentes son muy completas en cuanto a información de propiedades ópticas de materiales de construcción por lo que fueron tomadas como referencias principales [6, 10, 13, 38, 41].

Por otro lado en algunas fuentes se reporta la reflectancia en forma muy generalizada [10, 23, 29, 40] refiriéndose a los materiales en grupos muy generales: pinturas claras y oscuras en general, superficies claras, reflejantes y lisas láminas metálicas, maderas en general, etc. sin definir un material en particular. Finalmente se reporta el dato del albedo de reflexión que es una combinación de emitancia y reflectancia para diferentes superficies [21, 23, 25, 29, 31, 40, 47].

Finalmente los datos reportados sobre las propiedades físicas y térmicas como la conductividad térmica, calor específico y densidad son quizá, los más comúnmente reportados en la bibliografía. Para fines de

consulta y comparación de resultados, las fuentes más recurridas fueron los manuales del ASHRAE[6] y manuales como el del Ing. Químico, [38], del Ing. Mecánico[10], manual de fórmulas de ingeniería[17] y el manual de física y Química[13], que reportan una gama muy variada de materiales de construcción y que pueden ser útiles como fuentes de consulta. Hay otras fuentes de consulta que ofrecen una amplia gama de posibilidades de elección en cuanto a características físicas de materiales de construcción [24, 27, 47, 26, 50, 40, 33, 41, 21, 48], aunque sus datos no sean de materiales nacionales. Por otro lado también hay libros y manuales a nivel nacional a los que se puede recurrir para obtener sus propiedades ópticas y físicas [1, 2, 9, 11, 18, 28, 33, 36, 40, 53].

La emitancia es otra de las propiedades comúnmente reportadas en la literatura y generalmente los datos reportados corresponden a las emitancias hemisférica total o la normal^A de diferentes materiales a diferentes temperaturas de trabajo. En la literatura el dato también se puede encontrar como emisividad y se encuentra en un gran cantidad de materiales [6, 13, 21, 24, 25, 27, 38, 39, 41, 50] a diferentes temperaturas, pero como en caso de la absorptancia las fuentes de consulta fueron de otros países y tampoco se logró encontrar algún método propuesto a nivel nacional para su medición.

Las listas con información relacionada a materiales de construcción encontrados en la literatura se presentan en el apéndice B, clasificadas de acuerdo con las propiedades físicas de los materiales.

1.2 - OBJETIVOS

Partiendo de lo anterior se plantea como objetivo general del presente trabajo obtener información de propiedades termofísicas de materiales de construcción, proporcionando al diseñador un catálogo de información sobre características ópticas, térmicas y físicas que faciliten el cálculo de balances térmicos. De esta forma el diseñador tendrá una idea del comportamiento térmico de los materiales al

A -----
La emitancia hemisférica total y normal no son iguales en muchos casos. La emitancia hemisférica puede ser desde un 30% mayor que la normal para superficies muy pulidas hasta un 7% mayor para superficies no conductoras[12].

exponerlos al sol y podrá tener un juicio de elección más sólido al seleccionarlos como elementos constructivos.

Para lograr lo anterior se propone cumplir con los siguientes objetivos particulares:

- 1.- Hacer una lista de los materiales de construcción más usados en la ciudad de Cuernavaca y sus alrededores.
- 2.- Buscar en la bibliografía las propiedades termofísicas de diferentes materiales.
- 3.- Obtener experimentalmente la transmitancia (τ a incidencia normal 30, 45 y 60 grados), reflectancia (ρ) y absortancia (α) en un rango de longitud de onda correspondiente al espectro solar (0.4 a 2.5 μm), la emitancia (ϵ) en el rango del infrarrojo de 1 a 10 μm y asimismo obtener la densidad (ρ) y conductividad térmica (k) de diversos materiales de construcción.
- 5.- Comparar los resultados obtenidos con datos ya existentes en la literatura, y por último hacer comentarios y sugerencias de las posibles aplicaciones de los materiales según sus características físicas, ópticas y térmicas.

I.3 - SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN

El uso de materiales de construcción en la antigüedad, representó para el hombre un medio de abandonar las cavernas y poder protegerse con los mismos de las inclemencias del clima. Al principio utilizó elementos naturales para poder edificar sus viviendas; materiales como la piedra, madera y tierra cruda le sirvieron al hombre como materiales de construcción, pero no es sino hasta el periodo Neolítico cuando el hombre inventa el arte de moldear tierra y endurecerla por medio de la cocción. Es a partir de este momento cuando el hombre empieza un largo proceso práctico de adaptación al medio que lo rodea, utilizando materiales de construcción disponibles en el lugar que le permitían adaptar su construcción al clima predominante, y mantener condiciones de comodidad en el interior de su vivienda.

Un ejemplo de esto fue el uso del adobe, que fue el primer elemento de construcción en el antiguo México. Construcciones tan grandes como la pirámide del sol en Teotihuacán o la de Cholula en Puebla tienen un núcleo de varias capas de adobe, pero el uso del adobe

se popularizó no solo por ser un material común en nuestro país, sino por sus características térmicas. En zonas frías, si una casa de adobe está bien orientada, experimentará una pérdida de calor considerablemente menor que las construidas con cualquier otro material, y en zonas cálidas, una casa de adobe sin grandes ventanas expuestas al sol conservará una temperatura fresca a toda hora.

Otro ejemplo como el anterior se puede también apreciar en diversos ejemplos de la arquitectura vernácula, en los que cada pueblo, utilizando el clima como recurso, con base en observaciones y pruebas, llegó a adaptar su vivienda haciendo uso de materiales propios del lugar y aprovechando las variables climatológicas predominantes. Sin embargo en la actualidad con la aparición de nuevos materiales y sistemas de construcción se ha descuidado mucho el aspecto térmico en las edificaciones, sustituyendolo por un sin número de ventajas (bajo costo, rapidez, mayor resistencia, etc), por esta razón es necesario conocer las propiedades físicas de estos materiales con el objeto de emplearlos de manera apropiada en una edificación.

Los sistemas pasivos de climatización se definen como aquellos sistemas en los que los intercambios de energía entre el edificio y el ambiente se realizan en forma natural (por convección, conducción y radiación). Los sistemas pasivos están generalmente integrados al diseño (excepto en el caso de los sistemas solares de calentamiento de aire o agua por el sistema de termosifón) por lo tanto, el sistema y el edificio forman una sola unidad[37]. Esta es la razón por la cual el término "pasivo" se aplica a una forma alternativa de ahorro de energía que hace énfasis en la tecnología simple y el uso de energía disponible en el lugar, (para calentar o enfriar edificios) en combinación con elementos arquitectónicos y no con elementos mecánicos[37]. En los sistemas pasivos los elementos para calentar, transferir, almacenar y disipar calor están integrados al edificio como elementos arquitectónicos (muros, pisos y techos).

Es importante entender que un sistema pasivo es un concepto global que involucra desde la climatología del lugar (temperatura, humedad, viento y radiación), vegetación, topografía, orientación del terreno y el uso de materiales de construcción. Como los edificios se construyen

en un ambiente cambiante (temperatura, humedad, viento y radiación) a lo largo del año y también durante las 24 horas del día, se establecen en ellos flujos de energía en forma de calor que condicionan el microclima en el interior del edificio. Por esta razón, un sistema pasivo de climatización intenta aprovechar al máximo los recursos ambientales disponibles en la localidad y disminuir, en lo más posible la dependencia de las fuentes convencionales de energía y equipos mecánicos de acondicionamiento de aire (como por ejemplo los equipos de aire acondicionado y calefacción).

En el contexto del aprovechamiento de la energía solar los mecanismos básicos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) a través de materiales juegan un papel determinante ya que en todos los casos, la transformación de la energía solar en energía térmica se lleva a cabo al exponer superficies sólidas a la radiación solar. En el diseño arquitectónico es importante que; dependiendo del caso, dichos materiales conduzcan eficientemente o que se conviertan en una resistencia al paso de calor.

De los anteriores conceptos se concluye que: es muy importante conocer las características y propiedades (físicas) que nos indicarán que tan buenos reflectores, captadores y transmisores de energía son los materiales de construcción.

I.4 - VARIABLES CLIMATOLÓGICAS.

Para la arquitectura existen tres elementos en el diseño que interesan especialmente por su importancia[48] y son: ubicación del terreno, vegetación y clima. Su importancia se evidencia de igual manera si se trata de un edificio o de una ciudad, y la consideración dentro de un proyecto de estos elementos es particular y específica ya que dependen del lugar y del uso del edificio:

TERRENO .- El terreno interesa por su constitución y su forma. La constitución interesa por que es el asiento de los edificios, pues cualquier estructura resistente, por variadas que sean sus formas tiene su punto de apoyo en el terreno, y la edificación tiene que ser diseñada para no fatigarlo. También por otro lado el terreno impone al arquitecto un campo amplio de posibilidades tanto funcionales como expresivas[48]. Los desniveles permiten soluciones diferentes de

conexión entre las distintas partes de la construcción, además de permitir más área de captación de vientos y de radiación solar, dependiendo de las necesidades del diseño (para calentar o refrescar el edificio), pero también aunque este caso se puede presentar como favorable se puede también presentar un caso desfavorable en el que terrenos pequeños están rodeados por construcciones y a la vez se encuentran localizados en la parte baja de un valle estrecho, con lo que el recurso del viento disminuye y ofrece al arquitecto o diseñador un reto a resolver.

VEGETACIÓN .- En la relación entre edificio y el terreno la vegetación desempeña un papel muy importante, como un elemento del paisaje natural y de la acción combinada del terreno y el clima[48]. El tipo de vegetación puede modificar visualmente el terreno y también puede contribuir a la formación de un microclima en el interior del edificio. Las posibilidades que nos ofrece la vegetación es muy variada, pero como ejemplos se puede mencionar los siguientes: los árboles de hoja caduca se usan como reguladores de radiación solar, porque permiten la penetración del sol al interior de la habitación en el invierno y la obstruyen en el verano. Un terreno que esté cubierto con pasto verde o arbustos reflejará un porcentaje menor de radiación del que refleja un pavimento de concreto, además los árboles refrescan el ambiente por medio de la evaporación que se produce a través de las hojas. Tampoco puede olvidarse la utilidad de las cortinas de árboles para moderar los vientos fuertes. Finalmente a todo esto se le debe agregar el efecto tanto psicológico como visual, de la vegetación sobre el ser humano.

CLIMA .- Tanto el terreno como la vegetación están influidos por el clima, que además constituye un elemento fundamental para el desarrollo de la vida, condicionando la forma de vida del humano y haciendo necesario recurrir a la creación de abrigos eficientes que lo protejan de las inclemencias del tiempo. Al mismo tiempo influyen profundamente en la arquitectura planteando tanto al arquitecto como al urbanista, requerimientos diferentes. Factores climáticos como la temperatura, humedad relativa, vientos dominantes y radiación solar determinan sobre todo la técnica de la construcción, elección de materiales e instalaciones y orientación conveniente del edificio.

La comodidad térmica no puede ser definida por un parámetro climatológico, sino que se establece como una interacción entre el metabolismo del cuerpo humano y una variedad de factores climatológicos. Las condiciones ambientales que determinan la comodidad térmica del ser humano son: la temperatura del aire (bulbo seco), humedad del aire (temperatura de bulbo húmedo del aire), velocidad del aire, radiación solar y radiación infrarroja (procedente de los cuerpos cercanos). Por otro lado otros factores que influyen en la comodidad térmica lo forman el tipo de vestido y el metabolismo de la persona (que está en función de su edad, peso, complejión y actividad).

El ser humano pierde o gana calor a través de los mecanismos de conducción, convección, radiación y evaporación, de esta forma se establece un intercambio de energía entre el calor generado por él mismo y el calor transferido al medio ambiente que lo rodea. Para establecer las condiciones de comodidad del ser humano existen además, propuestas de reconocimiento internacional como la de ASHRAE[6], que sustituye el valor de la temperatura del aire ambiente por una temperatura ficticia llamada temperatura equivalente, que incorpora los efectos combinados de la temperatura del aire, de la radiación solar, la radiación emitida y reflejada por superficies cercanas, la velocidad del aire y la evaporación sobre la piel.

Al entender los mecanismos de transferencia de calor entre el ser humano y el ambiente, estos serán mejor aprovechados para el beneficio del ocupante de una habitación y no deben dejarse a un lado sin darles la importancia que merecen, cuando lo que se desea es diseñar espacios habitables en los cuales se use el clima como recurso para obtener la comodidad térmica deseada, o lograr en todo caso ahorros sustanciales en el consumo de energía convencional, en el caso de climas extremos.

RADIACIÓN SOLAR. - El sol produce un fenómeno físico conocido con el nombre de radiación, que consiste en despedir energía en forma de ondas electromagnéticas. La naturaleza de éstas es la misma, pero tienen distintas longitudes de onda. La radiación se divide en una amplia gama de estas longitudes, comprendidas entre 10^{-8} μm^{B} de los rayos cósmicos

B $1 \mu\text{m} = 1 \text{ micra} = 10^{-6} \text{ metros.}$

hasta $3 \times 10^{10} \mu\text{m}$ de las ondas de radio como se muestra en la figura 1. Aunque todas las porciones del espectro de radiación electromagnética son de interés en el estudio de la energía solar, el principal es el que está relacionado a la radiometría solar que está en una longitud de onda de 0.25 a $100 \mu\text{m}$ [33].

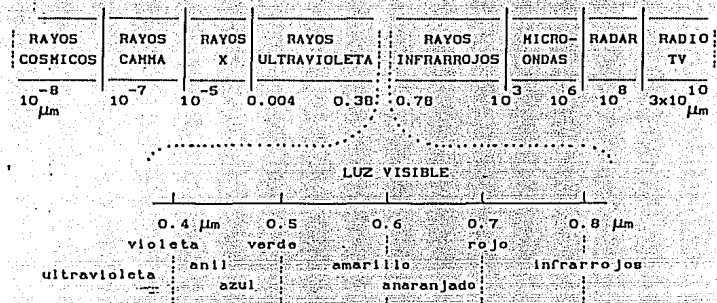


Fig. 1- Espectro electromagnético

A la radiación presente en la superficie terrestre, y que incluye el espectro de 0.25 a $100 \mu\text{m}$ se le conoce como RADIACIÓN TOTAL, que a su vez se divide en: RADIACIÓN SOLAR de 0.25 a $4.5 \mu\text{m}$ y RADIACIÓN EXTRATERRESTRE de 4.5 a $10^3 \mu\text{m}$. El espectro solar fuera de la atmósfera corresponde a la radiación de un cuerpo negro^C a una temperatura de $5762 \text{ }^\circ\text{K}$, con base en esta temperatura, es posible determinar tal espectro, el cual se muestra en la grafica 1 del anexo B. La potencia de radiación o energía radiada por segundo es del orden de 2×10^{26} watts y se representa por la integración del área del espectro de la gráfica 1 del anexo B. A esta cantidad de radiación solar total recibida en una superficie fuera de la atmósfera terrestre por unidad de tiempo se le conoce como CONSTANTE SOLAR.

Aunque por el momento no se puede hablar de un valor absolutamente confiable para la constante solar, ya que las mediciones y el estudio de su variabilidad continuará por muchos años, el valor que más se ha

^C Un cuerpo negro es aquel que tiene la capacidad de absorber y emitir radiación indiscriminadamente en todas las longitudes de onda y en todas direcciones.

recomendado y que está basado en la nueva escala radiométrica mundial (WRR) es de $1.367 \text{ KW m}^2 \pm 7 \text{ Wm}^2$ [15], que se obtiene integrando el área bajo la curva del espectro extraterrestre que se presenta en la gráfica 1 del anexo B.

La potencia solar recibida sobre la superficie terrestre es variable y, menor a la constante solar, debido a las siguientes causas: atenuación (absorción reflexión y dispersión) por componentes de la atmósfera, la latitud del lugar, la época del año, y la hora del día.

La atenuación de la radiación solar es causada por la absorción del ozono en las capas exteriores de la atmósfera que ocasiona una disminución de la radiación correspondientes a la región ultravioleta (ver gráfica 2 del anexo B). En longitudes de onda mayores existen una serie de bandas de absorción causadas por vapor de agua, dióxido de carbono y el ozono [7].

La cantidad total de atenuación en cualquier lugar dado está determinado por la longitud de trayectoria de los rayos solares a través de la atmósfera. Esta longitud está dada en términos de masas de aire m . La masa de aire es una cantidad adimensional que indica cuantas veces la trayectoria de los rayos solares en dirección inclinada, es mayor que la trayectoria vertical. La longitud de la trayectoria es mínima cuando el sol está en el zenit a nivel del mar y se va incrementando conforme el movimiento aparente del sol se acerca más al horizonte.

Para propósitos prácticos a nivel del mar la masa m es igual a 1.0 ($AM1$), mientras que fuera de la atmósfera se representa como m igual a cero ($AM0$) por que no hay capas de aire que disminuyan la radiación solar. También para efectos de cálculo de propiedades ópticas de materiales es común reportarlas a una masa promedio, que representa una gráfica en donde se presentan las condiciones de masa óptica, ángulo zenital, altitud y presión atmosférica promedio. Este dato corresponde a una m de 2 (en realidad la masa promedio se reporta a 1.9 o de 1.5), y corresponde a un ángulo de incidencia $\theta_z \approx 60^\circ$ [23]. Todos estos aspectos son de suma importancia para el diseño y sirven como elementos que el urbanista puede utilizar para modificar las condiciones climáticas de una ciudad y que el arquitecto también puede aprovechar

para crear un microclima en un edificio. De todo lo anterior se deduce que el uso apropiado de los materiales de construcción juega un papel importante y de gran utilidad para el aprovechamiento de la energía solar en la arquitectura y el urbanismo representando un ahorro de energía, además de proporcionar un ambiente agradable a los usuarios del edificio.

Se hace necesario efectuar una síntesis de lo antes mencionado para aquilatar en qué medida las variables del clima obligan a diseñar formas o estructuras térmicas diferentes. El punto de partida es aceptar que uno de los objetivos de la arquitectura es satisfacer las exigencias humanas sobre comodidad térmica con base en principios fisiológicos, pero este objetivo no podrá ser plenamente alcanzado agregando materiales o elementos constructivos a un proyecto ya terminado.

Las bases fundamentales de la arquitectura considerando como una parte de ésta a los sistemas pasivos, deben estar presentes en la idea original e integradas a la creación desde el instante mismo en que se hace el anteproyecto, hacerlo de otra forma sería remendar o corregir un edificio para hacerlo menos malo, lo que implicaría que el diseño no se hizo tomando en cuenta su entorno, sus recursos naturales y materiales, por lo tanto no es un buen diseño arquitectónico.

Por otro lado la anexión de un segundo calificativo a la arquitectura (vg. Arquitectura solar o bioclimática) ocasiona siempre una confusión, porque se piensa en una arquitectura diferente a la que se maneja en la forma clásica, cuando en realidad el principal objetivo de la arquitectura es solamente uno: lograr un diseño arquitectónico óptimo, funcional, económico (con bajo consumo de energía y costo de construcción), seguro (que ofrezca protección contra los fenómenos meteorológicos) y que sea agradable a la vista. Todo esto nos lleva a resumir estos puntos en un solo concepto: Arquitectura.

I.5 - PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.

El uso físico del edificio es el aspecto que más estudios ha originado en la arquitectura en estos últimos años, y parte de estos estudios involucra al acondicionamiento térmico. En estos estudios se

recalca la importancia sobre el hecho de que el edificio requiere ante todo, ambientes en los que el ser humano pueda desarrollar actividades físicas de manera más cómoda.

Para que el arquitecto o diseñador esté seguro de que el edificio se comportará eficientemente y cumplirá con las condiciones climáticas para las que fue diseñado, se necesita hacer un análisis cuantitativo, (cálculo de balances térmicos).

Con el objeto de calcular con precisión estos balances de energía existen en el mercado métodos y programas de cálculo que permiten simular el comportamiento térmico de una edificación tomando en cuenta los factores climatológicos y los intercambios de energía entre el edificio y sus alrededores. Este cálculo del comportamiento térmico de cualquier edificación es laborioso y muy variable, por que está en función de ganancias de calor internas y externas provenientes de diferentes fuentes (paredes, techos, ventanas, alumbrado eléctrico, personas, máquinas, etc.). Por esta razón, se han desarrollado modelos que permiten la simulación de estos procesos[6]. La metodología de estos modelos nos permite resolver diferentes situaciones que se presentan en un cálculo térmico basados en 2 tipos de estudio: el régimen permanente y el transitorio. En el método de cálculo por el régimen permanente, la carga térmica se calcula a una hora en la que se presentan las condiciones climáticas extremas (radiación solar y temperatura extrema, método TRANE [42,51]). Mientras que en los métodos de cálculo por el régimen transitorio, el cálculo se realiza tomando en cuenta la variación de las condiciones climáticas (temperatura, humedad, viento y radiación) a lo largo del día (método ASHRAE [6,7,39]).

Los sistemas pasivos de calentamiento se basan en la capacidad de un material de almacenar energía térmica por un periodo de tiempo. Esto se logra calentando un material (exponiéndolo a la radiación) para que almacene la energía, y aprovechando que el material no reacciona inmediatamente a los cambios de temperatura, liberará esa energía en forma de calor por la noche que es cuando la temperatura exterior empieza a descender. Por el otro lado los sistemas pasivos de enfriamiento hacen exactamente lo opuesto, durante el día evitan que el

material se caliente y que a la vez ese calor se transfiera al interior del edificio por conducción, convección o radiación haciendo que en la noche el calor ganado por la envolvente del edificio a lo largo del día se pierda rápidamente por las paredes y techos del edificio hacia el exterior.

A continuación se describen cada una de las características termofísicas de materiales comunmente usadas en el cálculo de balances térmicos:

TRANSMITANCIA, REFLECTANCIA Y ABSORTANCIA: Las propiedades que primero intervienen en un cálculo de balances térmicos son las propiedades ópticas, porque el primer proceso de transferencia de energía se realiza cuando la radiación solar incide sobre la superficie de un material. La radiación solar comprende el rango del ultravioleta (0.2 a 0.4 μm), el visible (0.4 a 0.7 μm) y del cercano infrarrojo (0.7 a 2.5 μm), y dependiendo de las características del material, esta radiación es o bien absorbida, reflejada o transmitida (entendiéndose por transmitida a la cantidad de energía que atraviesa al cuerpo por transparencia como ocurre en caso del vidrio). La transmitancia (τ), reflectancia (ρ) y absortancia (α) se definen como el porcentaje de radiación solar que transmite, refleja o absorbe la superficie de un material. Si clasificamos los materiales de acuerdo con estas propiedades tendremos que algunos cuerpos son opacos y otros translúcidos.

Un material opaco se define como aquel cuya transmitancia es igual a cero, esto es aquel cuya porción de radiación que traspasa el material es nula, y un material translúcido es aquél cuya transmitancia es diferente a cero (figura 2), es decir aquel material que dejará pasar una porción de la radiación incidente sobre su superficie.

En el fenómeno de la reflexión se pueden observar 2 tipos de fenómenos cuando la radiación incide sobre el cuerpo: si el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado entonces se le llama reflexión *especular*. Por otro lado cuando los rayos reflejados son uniformemente distribuidos en todas las direcciones, entonces se le llama *difusa*. En la práctica la reflectancia de una superficie no es ni totalmente especular ni totalmente difusa[14]. Estos 2 tipos de reflexiones se

muestran en la figura 3. En los materiales de construcción que tengan superficies rugosas se presentarán más las reflexiones difusas que en los materiales lisos, por otro lado las superficies sumamente pulidas tienen mayor reflexión especular.

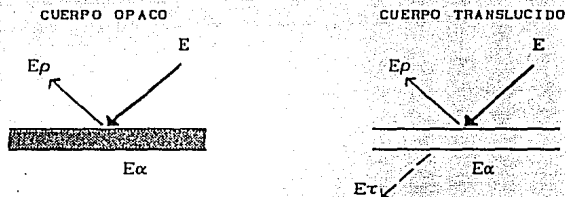


Fig. 2- Comportamiento de la radiación al incidir sobre un cuerpo.

Los materiales se comportan selectivamente con respecto a la radiación incidente; esto significa que la cantidad de energía que absorben, reflejan y transmiten es diferente para cada longitud de onda. Por esta razón se debe tener cuidado de no asociar el color de una superficie con su capacidad de absorber o emitir radiación infrarroja, esto se debe a que el modo en que un material de una superficie determinada absorbe y refleja en el rango del visible no tiene necesariamente relación con su capacidad para absorber y reflejar la radiación infrarroja.

La capacidad del material para reflejar la radiación dependerá de sus propiedades físicas más que de su color, y aunque el color de su superficie es un buen indicador de las características del material para reflejar la radiación solar, es muy mal indicador para de las características para reflejar radiación térmica (infrarrojo).

En general solo superficies muy pulidas y superficies brillantes como las del aluminio y la lámina galvanizada reflejan gran parte de la radiación térmica incidente. Es importante mencionar que la porción de radiación incidente que es absorbida por el material se transforma en energía térmica o calor, cambiando su longitud a radiación de onda larga (infrarrojo), mientras que la reflejada y transmitida se mantienen en los mismos tipos de longitud de onda[39].



Fig. 3- Reflexion especular y difusa

EMITANCIA: Todos los materiales, dependiendo de su temperatura radian energía térmica en todas direcciones por el movimiento continuo de sus moléculas (energía interna), y en contraste con la radiación solar, que consiste de radiación de onda corta emitida a muy alta temperatura, la radiación térmica o calor; consiste en radiación infrarroja emitida en onda larga (sólo la fracción que se encuentra en un rango de longitud de onda de aproximadamente 0.1 a 100 μm , se considera como radiación térmica abarcando el ultravioleta, visible e infrarrojo). Por esta razón los problemas de energía térmica o calor se estudian considerando dos fuentes principales de emisión: una es el sol, o *cuerpo de alta temperatura*, que es un emisor de ondas cortas; y la otra está compuesta por todos los cuerpos que nos rodean, o *cuerpos de baja temperatura*, dado que por lo general trabajan a temperaturas menores a 100°C y emiten ondas largas[39].

Todos los elementos del ambiente: las paredes, el piso, el techo y equipos mecánicos y eléctricos en el interior de la envolvente, los seres vivos, el piso y los edificios en el espacio exterior emiten calor[31], y en contraste con los otros mecanismos de transferencia de calor por conducción y convección, que requieren un medio para la propagación de la energía, en el caso del calor por radiación, se puede propagar aun en el vacío absoluto en forma de ondas electromagnéticas (se manifiesta por un movimiento de moléculas, átomos y partículas) conocida por el nombre de energía térmica. De esta forma se establecen intercambios de calor entre el edificio y sus alrededores que repercutirán en la comodidad de cualquier ser humano.

La cantidad de energía térmica que radia un material depende no solo de su temperatura, sino también de otras propiedades como su

capacidad calorífica y su densidad. En general la mayoría de los materiales son buenos emisores de radiación térmica[29]. La emitancia (ϵ) es un indicador numérico de la propiedad que tiene un material de emitir radiación térmica comparado con el que emite un cuerpo negro a la misma temperatura. La mayoría de los materiales tiene emitancias de alrededor de 0.9 [6,10,21,24,46,38] lo que significa que radian el 90% de la energía térmica posible a una temperatura dada. Normalmente las superficies muy pulidas, como las láminas metálicas de fierro galvanizado y el aluminio, son bajos emisores de radiación térmica lo que nos indica que radian muy poco calor a una temperatura dada.

La energía radiante posibilita la transmisión de calor de un cuerpo a otro mediante un doble proceso de transformación: cuando un cuerpo cualquiera, por tener energía interna, está emitiendo calor; esto supone la pérdida de una parte de su calor, por lo que su temperatura descenderá. Cuando la radiación emitida por un cuerpo "A" es absorbida por otro cuerpo "B", ésta se transformará en calor y entonces el cuerpo "B" aumentará su energía interna, provocando la elevación de su temperatura[39].

La cantidad de radiación térmica que una superficie intercepta depende también del ángulo de incidencia. El ángulo de incidencia es el que forman los rayos del sol con respecto a la superficie del material. Este mismo principio se aplica también para la radiación térmica: si dos superficies están paralelas una con otra, el intercambio de energía térmica será el máximo. En cambio si las superficies se encuentran de frente una con otra, pero con diferentes ángulos de una con respecto a otra el intercambio será menor.

DENSIDAD Y CALOR ESPECÍFICO: Como se mencionó al principio del capítulo I.3, los sistemas pasivos se basan en la capacidad de los materiales de absorber y almacenar calor. En este proceso intervienen dos características importantes de todos los materiales que son: su densidad y su calor específico.

En el cálculo del balance térmico se maneja mucho el concepto de capacitancia térmica, que es una medida de la capacidad del edificio de almacenar calor, e involucra la masa total del edificio y el calor

específico de los materiales que componen la envolvente.

El proceso de calentamiento del edificio se inicia cuando la radiación incide sobre las paredes y techos del edificio; la porción de radiación que es absorbida por la envolvente provoca que su temperatura aumente, calentando primero a los materiales superficiales y después transmitiendo el calor hacia el interior del edificio por medio de la conducción. La cantidad de energía absorbida que se transmitirá hacia el interior dependerá de un gran número de factores: la conductividad térmica, el espesor de las paredes y techos, emitanza de los materiales, tipo de paredes (muros dobles), por mencionar algunos, mientras el edificio esté expuesto a la radiación. El edificio se convertirá entonces en un capacitor térmico, es decir, almacenará esta energía y la liberará por la noche cuando no hay radiación debido a que los materiales no pueden reaccionar inmediatamente a los cambios de temperatura, a esto se le conoce como retraso térmico.

La densidad se define como la propiedad que relaciona el volúmen y la masa de los cuerpos^D y se mide frecuentemente para conocer las propiedades y composiciones de los materiales. Por otro lado Se llama calor específico a la cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura de una masa de cualquier material, en relación con la cantidad de calor requerido para elevar un grado la temperatura de una masa igual de agua.

El calor específico y la densidad son propiedades de materiales que participan en forma importante en el régimen variable. Si se multiplica el calor específico (C) de un material por su densidad (d) hallamos el calor específico volumétrico, obteniendo así la capacidad de un material para almacenar energía térmica o calor. Ahora cuando un elemento constructivo de espesor e y área A lo multiplicamos por su densidad y por su calor específico, obtenemos la capacitancia térmica de dicho elemento.

Este valor da la cantidad de calor requerida para elevar en una

D La masa es la cantidad de materia que tiene un cuerpo y esta dada en kilogramos o gramos.

unidad la temperatura de un elemento cualquiera (para cálculo de balances térmicos los elementos serán muros, losa, o piso) de área igual a la unidad y de un espesor determinado. Todos estos parámetros: conductividad térmica (k), calor específico (C), densidad (d) y espesor son muy importantes porque tienen intervención en el proceso de transmisión de calor por conducción en el régimen variable, ya que con ellos se obtiene el retraso térmico.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: La conducción es una forma de propagación de calor en un medio sólido, líquido o gaseoso y se realiza por contacto directo de las moléculas de los cuerpos. Ocurre principalmente en los sólidos. A la propiedad fundamental de un material para transmitir calor por conducción se le denomina conductividad térmica k , y expresa la cantidad de calor transmitido a través de un cuerpo considerado homogéneo (se considera a un material como homogéneo cuando la conductividad térmica no varía con el espesor o el área de la muestra), en un régimen estacionario, por unidad de espesor, unidad de área y unidad de tiempo.

La velocidad a la cual se propaga el calor a través del material varía con cada material, por lo que, basandonos en esta propiedad podemos clasificarlos como buenos y malos conductores de calor.

Es común relacionar a la densidad como indicador de la conductividad térmica, porque normalmente los materiales de mayor densidad tienen una conductividad más alta, sin embargo no es siempre así, esto se debe a que los materiales ligeros son en su mayoría porosos, con alto contenido de aire en su interior. Como el aire es un elemento liviano y mal conductor del calor su conductividad suele ser muy baja. Sin embargo si se sustituye el aire de los poros del material por agua, la conductividad térmica aumentará en función del contenido de agua del material. Al absorber agua el material, obviamente su densidad también aumenta modificando así su propiedad de transmitir calor por conducción. Cuanto más poroso es un material, mayor será el incremento de conductividad al estar saturado[31].

II METODOLOGIA

En este capítulo se describe la metodología seguida para determinar las propiedades físicas de materiales de acuerdo con los objetivos particulares que se plantean en el capítulo anterior. Se explican las consideraciones que se tomaron para clasificar los materiales y después se define la zona geográfica que abarca este estudio. Se hace una descripción general de como se consiguieron y prepararon las muestras, y por último se hace una descripción de la metodología seguida para determinar las propiedades.

II.1 - CLASIFICACIÓN DE MATERIALES.

De acuerdo con los objetivos fijados en el capítulo anterior, se plantea como primer paso definir la zona geográfica de estudio, para lo cual, se procedió a realizar una encuesta con el objeto de hacer una lista de materiales más solicitados para la construcción de CASAS-HABITACIÓN en la ciudad de Cuernavaca Morelos y sus alrededores. Esta encuesta consistió en consultas a casas expendedoras de materiales de construcción, miembros del Colegio de Arquitectos del estado de Morelos y personas relacionadas con el ramo de la construcción.

La encuesta reveló que una gran parte de las casas expendedoras de materiales están ubicadas en zonas conurbadas de la ciudad de Cuernavaca, por lo que se definió un área de estudio que abarca las siguientes zonas: la ciudad de Cuernavaca en su totalidad, al norte y oeste de esta misma ciudad se consideró el poblado de Ahuatepec del municipio de Tepoztlán, al sur abarcó varias localidades del municipio de Temixco y finalmente al suroeste las colonias Calera, Calera Chica y Tlahuapan del municipio de Jiutepec. El mapa de la zona de estudio y la lista final de materiales se presentan en el anexo A de acuerdo con la clasificación comercialmente manejada por las mismas casas expendedoras y por arquitectos e ingenieros civiles.

Una vez preparada la lista de materiales se procedió a la clasificación de los mismos. En la lista original que se presenta en el anexo A, se consideraba, en un principio la idea de clasificar los materiales de acuerdo con su uso dentro de la obra, pero debido a la

versatilidad de muchos de ellos, se clasificaron finalmente por sus características ópticas en: opacos y translucidos. Esta clasificación facilita la división de los materiales en solo dos grupos de una forma sencilla y práctica. Dentro del grupo de los opacos se consideran los siguientes materiales agrupados por sus características naturales: Piedras, Concretos-Morteros, Maderas y Metales. Por el otro lado en el grupo de los translucidos se tienen 2 grupos: Vidrios y Acrílicos.

II.2 - MEDICIÓN DE PROPIEDADES.

A continuación se describe el proceso general de obtención, selección y preparación de muestras para realizar las pruebas correspondientes.

Después de haber hecho la clasificación de materiales y definir el área geográfica de estudio el siguiente paso es caracterizar las muestras para conocer sus propiedades en los rangos descritos en el capítulo anterior y de acuerdo con los objetivos planteados en este trabajo.

Primero se consiguieron muestras provenientes de diferentes lotes de casas de materiales de construcción de la ciudad de Cuernavaca Morelos y sus alrededores. Las muestras de materiales que se obtuvieron directamente de las casas expendedoras fueron los siguientes: piedras, maderas, metales, vidrios y acrílicos. Se puso un especial cuidado en la selección para que fueran las más representativas del material, eliminando porciones que no estuvieran bien cocidas (como es el caso del tabique de barro), dañadas o con algún defecto de fabricación para obtener un resultado promedio de las muestras elegidas. En el caso de los morteros y concretos se hicieron en obra en moldes de 30 x 30cm, conservando las proporciones generalmente usadas, seleccionándose un concreto y un mortero que por su uso son los más comunes, como se marca en la lista de materiales del anexo A. Finalmente se procuró en los más posible que todas las muestras de materiales estuvieran lo más limpias de polvo y de grasa.

Con el objeto de conocer el porcentaje de humedad de cada uno de los materiales se hizo lo siguiente: porciones de muestras elegidas para experimentación, antes de ser sometidas a las pruebas fueron

pésadas en una balanza analítica para conocer su masa y después introducidas a un horno durante 40 minutos a una temperatura de 30°C para eliminar parte de su contenido de humedad, sin llegar a deshidratarlas. Después de haberlas introducido al horno se colocaron las muestras en un lugar seco y sombreado para que estabilizaran su temperatura con la del ambiente. Finalmente fueron pesadas otra vez en la balanza para conocer su nuevo peso. Este proceso se repitió hasta que no se observó una variación significativa en su peso, y así obtener finalmente el contenido de humedad de la diferencia entre el primer peso y el final.

Se encontró que el contenido de humedad en los materiales fue en un rango de 1.5 a 2.9% en el caso de maderas y de 0.10 a 5% en el caso de los materiales pétreos, como se explica en la tabla 1 del anexo B.

II.2.1 DENSIDAD

En estos puntos siguientes se describe la metodología experimental que se siguió en forma particular para determinar cada una de las propiedades. Se describe primero el método aplicado, después se hacen comentarios del equipo usado para realizar las pruebas y por último se describe el procedimiento seguido para cada prueba en particular.

MÉTODO.- La densidad de todos los materiales se determinó por medio del método de desplazamiento de Arquímedes que es frecuentemente usado para medir la densidad de todos los materiales. En este método, la densidad de un material se obtiene primero: conociendo su masa (peso en gramos o kilogramos), después se determina su volúmen (en mililitros o litros) sumergiéndolo en un líquido de densidad y peso conocidos, para finalmente obtener su densidad dividiendo su masa entre su volúmen como lo indica la ecuación 1 del apéndice B.

EQUIPO.- Para obtener la masa de las muestras se utilizó una balanza analítica Bosh S-200 cuyo resultado permite tener una precisión de diezmilésimas de gramo, con lo cual se logra gran certidumbre en la obtención de este dato. Para determinar el volúmen de las muestras se utilizó una probeta de vidrio graduada de 100 mililitros. de capacidad. Para sellar las muestras de materiales porosos se utilizó laca comercial con el objeto de prevenir la absorción de agua al sumergirlos

en ésta.

PROCEDIMIENTO.- El procedimiento para determinar la densidad de los materiales fue el siguiente: se recortaron pedacitos de material de aproximadamente 4 x 4 cm. y espesor variable según el material. Se recortaron 8 muestras por material en el caso de materiales sólidos y 10 en el de los porosos. Posteriormente fueron pesados individualmente en la balanza analítica para obtener su masa. Finalmente se introdujeron en la probeta graduada para determinar su volumen.

Para obtener la densidad de materiales porosos y evitar que absorbieran agua se procedió a hacer lo siguiente: primero se pesaron las muestras de cada material para tener su peso original y después se sumergieron totalmente en laca selladora, se pesaron otra vez para obtener su nuevo peso con la capa de laca. Finalmente se sumergieron las muestras en la probeta para conocer el nuevo volumen y obtener finalmente la densidad según la ecuación 2 del apéndice B, en la cual la densidad final será obtenida restando el peso original menos el peso del material con laca, entre el volumen desplazado originalmente menos el nuevo volumen con laca.

En el caso de materiales como los vidrios de colores y de los bloques huecos de cemento o de tezontle que no se encuentran comúnmente reportados las pruebas para determinar su densidad se ampliaron de 8 a 10 y así poder tener un margen de seguridad y confiabilidad más amplio en los resultados. Los resultados finales se presentan en las tablas 1 y 2 del apéndice B.

II.2.2 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

MÉTODO.- La medición de la conductividad térmica se hizo por el método conocido como "placa de calor" según la norma ASTM C-518[8], que permite medir la conductividad de los materiales en el régimen permanente. El método consiste en colocar una muestra de material en contacto con dos placas, una de ellas a una temperatura más alta que la otra, y por diferencia de temperaturas se produce un flujo de calor a través del material de la parte más caliente a la más fría. El flujo se mide por medio de termopares colocados en las placas que están en contacto con las caras del material. Los registros finales de

temperatura se miden cuando la relación entre el flujo de calor y la diferencia de temperaturas ($Q/\Delta T$) no varía más de un 1% en un lapso de 15 minutos. El método permite determinar las propiedades térmicas del material con un rango de $\pm 3\%$ con respecto al método C-177, cuando la temperatura ambiente es muy cercana a la temperatura media de la prueba. Los resultados finales se obtienen substituyendo los valores en milivolts. en la ecuación 4 del apéndice B.

EQUIPO.- Para determinar la conductividad térmica se utilizó un conductivímetro Rapid-K marca DYNATECH R/D. empleado en el Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM. Este conductivímetro mide la conductividad térmica de materiales en un rango de 0.015 a 0.43 W/m °C con bastante precisión aunque también puede obtener valores cercanos a 1 W/m °C. Para ello se substituyen los valores de la ecuación 4 del apéndice B. La muestra patrón fue una placa semirígida de fibra de vidrio de 30 x 30cm. y 2.08cm de espesor.

El conductivímetro permite conocer el flujo de calor por conducción que pasa a través de un material midiendo la diferencia de temperaturas de sus caras. El flujo de calor que pasa a través de la muestra se mide por medio de un transductor, el cual está ubicado en la cara que está en contacto con la cara inferior de la muestra. Se utilizan cuatro termopares tipo constantán-cobre en las paredes laterales de la muestra para poder medir el flujo de calor que pasa por el material. Uno de los termopares se localiza en la superficie de la placa superior (placa caliente) y el otro en la placa inferior (placa fría). La diferencia de temperaturas entre los dos lados de la muestra se obtiene de estos dos termopares.

El conductivímetro permite fijar valores por medio de su tablero de control, con el objeto de tener un gradiente de temperaturas (ASTM C-518 [8] sugiere un ΔT no menor de 20 °C). Estos valores en el tablero no indican directamente temperatura sino un dato fijo en milivolts. correspondiente a un valor de temperatura. Los datos tabulados de registros en milivolts. con sus correspondientes valores de temperatura se presentan en el tabla 9 del manual del equipo[53].

PROCEDIMIENTO.- Las muestras para las pruebas de conductividad se hicieron con las dimensiones requeridas por la cámara del conductímetro que son de 30 x 30cm., tomando en cuenta la tolerancia recomendada por el manual[53] que es de $\pm 2.5\text{mm}$. En cuanto al espesor máximo, el mismo manual considera un espesor de 10cm. de acuerdo con la norma ASTM C-518 [8], mientras que el mínimo lo establece como dependiente de la conductancia del material según el manual[53] no debe exceder de $2 \text{ BTU/hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}$ ($0.352 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$) fijando el espesor mínimo mayor a 1.3cm.

Como todas las muestras se deben recortar con las dimensiones requeridas por la cámara y tener un espesor mínimo de 1.3cm., materiales como la piedra, metales y algunos prefabricados no pudieron ser incluidos en estas pruebas. En el caso del tabique el cual tiene unas dimensiones que no se ajustan a las requeridas por la cámara del conductímetro, se substituyó por una muestra de cuarterón de 30 x 30 x 4.5cm. cuyo proceso de fabricación y componentes son los mismos que el del tabique.

El procedimiento para obtener la conductividad térmica de materiales es el siguiente: primero se calibra el aparato utilizando para ello la muestra patrón. No se requiere un calentamiento previo por parte del aparato ni preparación alguna de las muestras, a excepción de las recomendaciones sobre las dimensiones requeridas descritas con anterioridad. El tiempo de estabilización de lecturas tanto para la calibración como para las pruebas depende de las características de los materiales (espesor, densidad, conductividad térmica y calor específico). El proceso de calibración del aparato se describe con detalle en el apéndice B.

Después de calibrar el aparato se procede a hacer las pruebas de los materiales; se introduce la muestra en la cámara del aparato, y se sube una palanca que permite mover la placa inferior de la cámara para recibir la muestra, con esto se logra sujetar firmemente en el interior de la cámara y garantiza un buen contacto entre las caras del material y las placas del conductímetro, por último se cierra la cámara. Después se enciende el aparato y se fijan los valores de operación en el panel frontal del aparato, que como ya se mencionó antes, permite

establecer una diferencia de temperaturas calentando la placa superior del conductivímetro (ASTM sugiere un ΔT mínimo de 20 °C[53]) que origina un flujo de calor de la placa superior a la inferior. En este mismo panel se puede leer en una pantalla digital el espesor de la muestra que se introduce a la cámara.

Finalmente se espera a que el conductivímetro alcance el equilibrio térmico para tomar las lecturas finales de Q , T_h , T_c y Δx del panel frontal. El equilibrio se alcanza cuando la relación entre el flujo de calor y el gradiente de temperaturas ($Q/\Delta t$) no varía en más de un 1% en un periodo de 15 a 20 minutos. Los valores finales se obtienen al substituir los datos de Q , T_h , T_c y Δx en la ecuación 4 del apéndice B. En este mismo apéndice se describe el proceso seguido para obtener la conductividad térmica y se presentan los datos estabilizados de las muestras analizadas.

II.2.3 TRANSMITANCIA Y REFLECTANCIA.

MÉTODO.— El método para obtener las propiedades ópticas de los materiales fue el espectrofotométrico de acuerdo con la norma ASTM E-903. Este método considera la determinación de la transmitancia, reflectancia y absortancia espectral de materiales usando espectrofotómetros equipados con esferas integradas, y se aplica a materiales que tienen tanto propiedades especulares como difusas.

La medición de propiedades ópticas se lleva a cabo exponiendo muestras de materiales a un haz de luz proveniente de las fuentes (lámparas) de luz del aparato, con lo cual se mide la cantidad de luz que transmite o refleja la muestra con respecto a una longitud de onda.

EQUIPO.— Para las pruebas de transmitancia y reflectancia se utilizó un espectrofotómetro UV-VIS-NIR UV-365 marca SHIMADZU utilizado en el Laboratorio de Energía Solar del Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM para realizar sus pruebas ópticas.

El sistema óptico de este instrumento consta de dos fuentes de luz compuestas de: una lámpara de tungsteno-iodo "W" para el visible (VIS) y el infrarrojo cercano (NIR), y una lámpara de deuterio "D2" para el ultravioleta (UV). La precisión de este espectrofotómetro para las

diferentes longitudes de onda es de ± 0.3 nanómetros para 185 a 400 nanómetros^E, de ± 0.4 para 400 a 800 nanómetros y de ± 0.7 de 800 a 2500 nanómetros [54]. El error sistemático al correr la línea base (calibración) y la prueba es de $\pm 0.20\%$ [53]. El equipo del espectrofotómetro viene equipado con un graficador que permite tener una curva de transmitancia para cada longitud de onda al momento de correr la prueba.

PROCEDIMIENTO. - Para realizar las pruebas de transmitancia, reflectancia y absortancia se recortaron 3 piezas de 3 x 3cm y de un espesor variable por cada uno de los materiales, que en el caso de los vidrios se hicieron pruebas del vidrio doble (espesor de 6mm.) porque es el más usado comercialmente en la construcción. En el caso de vidrio con grabado de color empleado comúnmente para baños se tomó el espesor más común que es el de 3.5mm. Por otro lado las muestras de los acrílicos fueron de acrílico claro de 3 y 10mm.

Para la obtención de la reflectancia se utilizaron muestras nuevas sin exponerlas a la interperie ni someterlas a ningún tipo de recubrimiento, (solo en el caso de las maderas se obtuvo un resultado final con y sin barniz), con las mismas dimensiones especificadas en el párrafo anterior.

El procedimiento para obtener la transmitancia con el espectrofotómetro SHIMATZU es la siguiente: Se corre primero la línea base, con esto se calibra el espectrofotómetro y se logra limpiar la memoria del aparato midiendo la transmitancia de una muestra patrón.

La muestra patrón para la transmitancia es el aire que equivale al 100% de transmitancia y la muestra patrón para la reflectancia es un espejo común muy limpio, cuya reflectancia es un poco menor al 100%. Una vez que ya se corrió la línea base, el aparato está listo para determinar la transmitancia o la reflectancia de cualquier muestra, según sea el caso.

En principio el espectrofotómetro registra solo la transmitancia a

^E 1 nm = 1 nanometro = 10^{-9} metros

incidencia normal de la muestra, sin embargo fue posible colocarle unas bases a las muestras para medir a diferentes ángulos de incidencia (a 30, 45 y 60 grados) utilizando unas calzas de madera para poder obtener el ángulo deseado. El máximo posible fue a 60 grados como se muestra en las graficas 3 y 4 del anexo B.

Por otro lado la medición de reflectancia se realiza corriendo la línea base como en el caso de la transmitancia, pero con la única diferencia que la muestra patrón es un espejo limpio. Desafortunadamente la medición de esta propiedad a diferentes ángulos de incidencia no fue posible debido a que el aditamento interno de colocación de la muestra es muy diferente al de la transmitancia.

La gráfica de transmitancia y reflectancia del espectrofotómetro nos da una transmitancia o una reflectancia relativas a una longitud de onda sin relacionarla a una cantidad de energía, por lo tanto se necesita hacer una curva normalizada. La curva normalizada es una curva de transmitancia (τ) o de reflectancia (ρ) relacionada con valores de energía de un espectro, y se obtiene multiplicando los valores de la gráfica de transmitancia de la muestra para cada longitud de onda (λ), por valores de una curva de un espectro de energía correspondientes a cada longitud de onda.

Esta curva de energía corresponde a un espectro de energía en los que se presentan las condiciones promedio, como se explicó en el capítulo I.2 de este trabajo, por lo que la operación a realizar es la siguiente: se multiplican cada uno de los valores la curva de τ vs λ de la gráfica de la muestra, por cada uno de los valores de una curva de energía e vs λ (la masa promedio AM2 de la gráfica 2 del anexo B). Para ello se introducen los datos de gráficas de transmitancia y reflectancia para cada uno de los materiales en un programa (utilizado en Laboratorio de Energía Solar para este fin) que realiza esta operación.

Los resultados finales se presentan en las tablas 1 a 3 y en las gráficas del anexo B que se obtienen integrando el área bajo la curva de cada de los valores para los rangos del ultravioleta, visible e infrarrojo de las gráficas de transmitancia y reflectancia para cada

uno de los materiales.

II.2.4 - ABSORTANCIA.

Para medir la absorptancia de materiales existen varios métodos como el calorimétrico ASTM E-434[8] y el espectrofotométrico ASTM E-903[8], pero para este trabajo la absorptancia se obtuvo de una forma indirecta, haciendo una resta aritmética. Primero se midieron la reflectancia y la transmitancia con la metodología descrita en el punto anterior, después se obtiene la absorptancia mediante dicha resta. A continuación se explica el procedimiento:

PROCEDIMIENTO.- La absorptancia en el caso de los materiales opacos se obtuvo de la siguiente manera: primero se determinó la reflectancia por el método espectrofotométrico, como se menciona en el punto anterior. Para determinar finalmente la absorptancia del material restando la reflectancia menos uno como se explica en las ecuaciones 7 y 8 del anexo B. Por el lado de los translúcidos la forma como se obtuvo la absorptancia es la siguiente: primero se miden los valores de transmitancia y reflectancia. Una vez teniendo éstas, se suman sus valores y después el resultado se resta de uno como lo muestra la ecuación 8 del apéndice B. Los resultados finales de estas operaciones para cada rango de longitud de onda se presentan en las tablas 3 y 4 del anexo B.

II.2.5 - EMITANCIA.

MÉTODO.- El método usado para medir la emitancia de diferentes materiales en este trabajo está basado en la ley de Kirckhof y mide la emitancia de acuerdo con la norma ASTM E-408[8] método B. Con dicho método se mide la energía radiante emitida por una muestra a temperatura ambiente y se compara con la energía radiante emitida por una muestra patrón (cuerpo negro). La mayoría de emisómetros que miden la emitancia con el método B registran un valor de emitancia intermedio entre la total normal y la total hemisférica como lo describe la norma ASTM E-408.

Este método mide la emitancia de la siguiente manera: se establece un intercambio de energía entre dos cuerpos negros, debido a una diferencia de temperaturas, los dos cuerpos negros son: la cavidad del

emisómetro y el otro la muestra patrón, después se comparan este intercambio con el que se presenta entre la cavidad del emisómetro y una muestra. La diferencia de temperaturas se produce al calentar una termopila colocada en la cavidad del emisómetro estableciendo un intercambio radiativo entre la cavidad y la muestra patrón. Una vez que la lectura en milivolts del emisómetro se estabilizó, es decir cuando se llegó al equilibrio radiativo, se obtiene una lectura correspondiente a un registro de una temperatura de referencia. Finalmente se repite la misma operación, pero esta vez en lugar de la muestra patrón se coloca una muestra de otro material. El registro de la referencia será más alto que el de las demás muestras. Los resultados finales para cada material se obtienen substituyendo los valores en la ecuación 11 del apéndice B.

EQUIPO.- Para realizar las pruebas de emitancia se utilizó un emisómetro modelo AE serie No 26 Devices & Services Co., usado en Laboratorio de energía solar para medir la emitancia de diferentes materiales. Las pruebas de emitancia se realizaron a temperatura ambiente y el rango de emitancia que el emisómetro permite obtener es de 1 a $10\mu\text{m}$. Para determinar la ϵ de calibración (muestra de referencia) se utilizó una lámina metálica pintada de negro mate marca NEXTEL, que es una superficie altamente emisora.

PROCEDIMIENTO.- Las muestras para determinar la emitancia de materiales fueron las mismas usadas para determinar la conductividad. Aunque el emisómetro requiere un mínimo de 6 x 6cm para todas las muestras, también se requiere saber la emitancia del material por las dos caras por lo que la medida de las muestras de conductividad los hace apropiados para medir la emitancia en diferentes áreas de la muestra.

El procedimiento para obtener la emitancia de los materiales fue el siguiente: Se conectó el emisómetro a un multímetro digital marca Keithley modelo 179A TRMS para tomar la ϵ de calibración de la prueba patrón o cuerpo negro.

El registro del multímetro para la prueba patrón debe ser aproximadamente igual a 2.7 milivolts. De esta forma el sensor del

emisómetro se ajusta para tener un registro de referencia correspondiente al de un cuerpo negro cuya emitancia es igual a 1. Finalmente se obtienen las emitancias de todos los diferentes materiales utilizando para ello la ecuación 11 del anexo B.

Los resultados obtenidos de estas pruebas se obtuvieron al sacar el promedio de 3 pruebas realizadas a cada uno de los materiales para tener un rango de emitancia promedio de los mismos. Los resultados finales se presentan en la tabla 5 del anexo B.

III RESULTADOS

En este capítulo se discuten los resultados finales de las mediciones realizadas a diversos materiales de construcción, obtenidos de acuerdo con la metodología descrita en el capítulo anterior. La discusión de resultados se presenta siguiendo la clasificación de materiales que se describe al inicio del capítulo II.1, finalmente se comparan los valores obtenidos experimentalmente con datos sobre propiedades físicas reportados en la literatura. Las listas con los rangos de propiedades y sus respectivas referencias se presentan en el apéndice A y en las tablas 3.1 y 4.1 del anexo B.

Los rangos con los valores experimentales de las pruebas se presentan en las tablas de 1 a la 5 del anexo B, así mismo en estas mismas tablas, se presentan los rangos correspondientes reportados en la literatura. A continuación se describen los resultados finales y se comparan con los rangos existentes. La discusión de resultados se presenta en el siguiente orden: Densidad, Conductividad térmica, transmitancia, reflectancia y absortancia y por último emitancia.

DENSIDAD.— En la tabla 1 del anexo B se presentan los rangos y promedios experimentales de las pruebas de densidad. Para los materiales opacos se tuvieron los siguientes resultados: en cuanto a las Rocas el rango experimental de la piedra de mina se ajusta al reportado en la literatura, pero no así el del tezontle, cuyo resultado promedio es más alto en un 23% que el reportado. En caso de los materiales porosos la densidad obtenida fue la densidad aparente ya que todos ellos se recubrieron con laca antes de introducirlos a la probeta con agua, como ya se explicó en el capítulo II, por lo tanto el medir el volumen de las muestras, el aire que queda atrapado en el interior contribuye a medir un volumen mayor al real.

En el caso de los Morteros y concretos casi todos caen en los rangos reportados excepto en los casos del adóbe y del mortero cal-arena. El resultado promedio final del adóbe es menor en un 24% con respecto a los datos reportados, y el del mortero cal-arena el resultado promedio es mayor en un 50% que el reportado, como se muestra

en la tabla 1. Como en la literatura no se reportan las proporciones volumétricas con las que fueron hechos estos materiales es difícil hacer comparaciones exactas, sin embargo en forma general se puede decir que las diferencias resultantes se deben a que todos los concretos y morteros en México son hechos en obra y de forma completamente manual, esto significa que su proporcionamiento volumétrico varía al hacer cada mezcla, y que por lo tanto la densidad también variará dependiendo del contenido de los aglutinantes (arena, cal, arcilla y agua) que se usen para elaborar el material.

Los rangos finales del grupo de las Maderas se ajustan a los reportados en la literatura, con la única observación de que aunque el novopán es un conglomerado su densidad media resultó ser un poco mayor que la del pino, esto indica se explica por el tipo de resina que se usa para aglutinar este material.

Finalmente dentro del grupo de Metales la lámina galvanizada, metálica y fierro estructural también cayeron dentro de los rangos reportados en la literatura, solo en el caso del aluminio su promedio resultó ser un poco menor (6%) con respecto a la media reportada que para efectos de comparación resulta ser una diferencia pequeña. En el grupo de los materiales translúcidos; todos caen dentro de los rangos reportados, pero cabe recalcar que el resultado promedio de los vidrios y cristales resultó ser un 5% mayor que el dato que más comúnmente se maneja que es el de 2500 kg/m^3 . Al final de las tablas 1 y 2 se incluye información complementaria de otras pruebas realizadas a varios materiales cuyo uso específico no es el de la construcción, pero que en ocasiones se llegan a emplear como elementos constructivos, como es el caso del poliestireno y poliuretano, el concreto aligerado tipo SIPOREX y cuyos rangos de densidad corresponden a los encontrados en la literatura. Se presentan también los casos de materiales de construcción en los que la comparación no es posible por no haber suficientes datos disponibles, como es el caso específico del tezontle y de la loseta de barro comprimido (para uso industrial), la lámina galvanizada y el azulejo.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.- Los resultados finales de las pruebas de conductividad se presentan en la tabla 2 del anexo B, en donde los se

obtuvieron los siguientes resultados: por el lado de los materiales opacos el grupo de Concretos y morteros se obtuvieron los siguientes resultados; la densidad promedio del concreto cae dentro del rango reportado, pero no así el mortero cal-arena, el de cemento ni la pasta de yeso. En el caso del mortero cal-arena su conductividad promedio resultó mucho mayor que el rango reportado y la de la pasta de yeso fue mucho menor que la de la literatura. Al resumir los resultados de este grupo, se observa que la conductividad del concreto tiene un 7% más que el dato mínimo reportado, mientras que la del mortero es un 31% menor que el dato mínimo reportado, y por último la conductividad de la pasta de yeso es un 3% menor que el dato mínimo reportado. Para estos materiales se debe tomar en cuenta que la medición de la conductividad, por requisito del conductímetro, tenía que ser con materiales secos o con un bajo contenido de humedad, como lo indica el pie de página de la tabla 1, por lo que las diferencias encontradas se pueden deber al poco contenido de humedad en las muestras, mientras que en el caso del mortero de cal arena su resultado promedio de conductividad es mayor en un 30% que el dato máximo encontrado en la literatura.

Por lo que corresponde a la loseta de barro su conductividad promedio resultó ser mayor en un 23% que la máxima encontrada en la literatura, aunque como también se puede observar en la tabla 1 su densidad es muy alta (2220 Kg/m^3), porque es un material comprimido, lo que lo hace ser un material muy compacto. La conductividad del tabique de barro común resultó ser la que más diferencia tuvo con respecto al rango reportado, ya que su resultado promedio es mucho menor que el dato mínimo reportado como se puede ver en la tabla 2. Esta diferencia se puede deber a que el tabique fue uno de los materiales a los que más fácilmente se le quitó parte de su humedad, que fue de 3 al 5.5%, por lo que sus pruebas de conductividad son de un material casi seco.

Los resultados finales de las Maderas caen casi todos dentro de los rangos esperados, como se puede ver en la tabla 2, solo como comentario el resultado final del triplay fue mayor en un 12% que el máximo reportado.

Por el lado de los materiales translúcidos los resultados obtenidos fueron los siguientes: la conductividad promedio del vidrio común está dentro del rango reportado en la literatura, así como

también en el caso de los vidrios tipo filtrazol y vitrosol. Como se puede observar en la tabla 2 del anexo B, en donde se puede observar que la conductividad del vidrio común es mayor en un 17% que la del tipo filtrazol y vitrosol. Finalmente se presentan los resultados finales de la espuma de poliestireno y de la fibra de vidrio en placa semirígida cuyos rangos también están dentro de los reportados.

TRANSMITANCIA, REFLECTANCIA Y ABSORTANCIA. - Los resultados finales de las propiedades ópticas se presentan en las tablas 3 y 4 del anexo B y los rangos de los rangos encontrados en la literatura se presentan en las tablas 3 y 4 del mismo anexo.

Los resultados experimentales de propiedades ópticas de materiales opacos se presentan en la tabla 4, los valores finales de reflectancia y absortancia para estos materiales fueron los siguientes: con respecto a Concretos y morteros se obtuvo una reflectancia menor en un 60% para todas las muestras comparadas con los datos reportados, sin embargo, esto se debe a que todas las muestras que se usaron para realizar las pruebas eran nuevas y limpias, solo en el caso del aluminio y del asbesto se usaron muestras sucias, y en las maderas que se usaron muestras cubiertas de barniz. Por otro lado como la absortancia de todos los materiales se obtuvo mediante una resta aritmética como se explica en el capítulo II.2, los valores para absortancia para concretos y morteros son mucho más altos que los reportados.

En cuanto a las Maderas la reflectancia medida concuerda con los datos reportados, que son de un rango de 0.10 a 0.30, y comparado con los obtenidos de 0.08 a 0.13 se encuentra que la reflectancia es en general más baja que la reportada, y por lo tanto la absortancia, por los motivos expuestos en el párrafo anterior resultó ser mayor. En el grupo de Metales el valor de reflectancia fue mucho menor que el reportado ya que el valor reportado en la literatura para la lámina galvanizada fue de 0.35 a 0.44, experimentalmente se obtuvo un resultado de 0.19 a 0.33, como se muestra en la tabla 4. El rango experimental para el aluminio fue un caso similar al de la lámina galvanizada ya que su reflectancia promedio fue de 0.23 a 0.30 mientras que la reportada es de 0.80 a 0.90 de reflectancia. Como en los casos anteriores la absortancia de los metales obtenida experimentalmente fue

mayor, variando en un rango de 0.66 a 0.81 tanto para el visible como para el infrarrojo.

Con respecto a los valores experimentales de materiales translúcidos se encontró que el valor máximo obtenido es menor en un 2.3% que el valor mínimo reportado, mientras que el del cristal está dentro de los rangos reportados en la literatura. Si bien en la literatura se pueden encontrar mucha información relacionada a vidrios, estos corresponden a valores muy altos de transmitancia debido a que son empleados para captadores solares en los cuales se maneja un porcentaje de transmitancia bastante alto. Los resultados finales de vidrios opácos como el filtrazol y el vitrosol también están dentro de los rangos reportados como se puede ver en la tabla 3. En cuanto a los valores finales de transmitancia de vidrios de colores se tienen transmitancias al visible que van desde 0.12 hasta 0.43 y del 0.14 al 0.38 en el infrarrojo, pero debido a la poca información existente no se puede hacer una comparación de resultados. Con el acrílico se obtuvo experimentalmente una transmitancia al visible de 0.85 a 0.88 que es un poco menor a la reportada de 0.88 a 0.93 como se puede ver en las tablas 3 y 3.1,

EMITANCIA.- Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5 del anexo B, así como los respectivos rangos reportados en la literatura. Dentro del grupo de los opácos se observa que el resultado final de emitancia en todos los materiales están dentro de los rangos reportados en la literatura tanto como para las Rocas, Concretos-morteros y Maderas, pero no así en cuanto a los metales se refiere. En el caso de las rocas su emitancia promedio y su rango total caen dentro del encontrado en la literatura, mientras que el de los concretos y morteros el rango más bajo fue para el azulejo y el mosaico liso de pasta de cemento que fue de 0.79, debido a su superficie lisa. Los promedios más altos fueron para el tabique, concreto, lámina de asbesto, adóbe, concretos y morteros, cuyo rangos estuvieron entre 0.878 y 0.963. Por el lado de las maderas se encontró que los resultados obtenidos también están dentro de los rangos reportados, siendo el más alto el del pino amarillo con 0.935 de emitancia.

En el caso de los Metales, se tuvieron los siguientes resultados:

se encontró que la emitancia promedio final de la lámina galvanizada sucia está dentro del rango de la literatura, mientras que en el caso del aluminio sucio es mayor en un 56% que el máximo dato reportado y en el caso de estos mismos materiales pero nuevos se tiene que el dato promedio final es mayor en un 9% que el dato encontrado, aunque nunca se pudo obtener un valor menor a 0.30 con el emisómetro, mientras que en la literatura se reportan datos menores a 0.10 para superficies pulidas y muy pulidas. Por último para el grupo de los materiales translúcidos se tiene que todos los resultados obtenidos caen dentro de los rangos reportados teniendo un rango de emitancia que va desde 0.835 a 0.895. Al final de la tabla se presentan en el grupo de materiales varios resultados de diferentes materiales como es el caso del poliestireno, poliuretano, concreto aligerado tipo SIPOREX, y de las pinturas cuyos rangos experimentales y comparativos se presentan en la misma tabla.5.

Como conclusión a este capítulo se puede decir que se encontraron varias diferencias entre los resultados finales obtenidos y los reportados, sobre todo en las propiedades ópticas y en los resultados finales de conductividad térmica. sin embargo se debe tomar en cuenta que los valores de las propiedades físicas existentes en la literatura corresponden, en su gran mayoría, a materiales de otros países, mientras que las muestras de materiales sometidas a experimentación en este trabajo fueron en su gran mayoría de materiales existentes en área de Cuernavaca Morelos y alrededores. Se debe considerar a la vez, que muchos materiales como es el caso de los concretos, morteros y adóbe, son materiales que se hacen manualmente en obra con materia prima disponible en la región, por lo que se espera una variación en los resultados con respecto a los ya existentes. Otro punto importante a recalcar es el hecho de que las pruebas de conductividad fueron realizadas a muestras cuyo contenido de humedad es muy bajo, esto por requerimientos específicos del aparato como ya se explicó en la metodología, por lo que se espera también un coeficiente de conductividad más bajo.

IV CONCLUSIONES

En este capítulo final se discuten en forma general los resultados obtenidos en ese trabajo, resumiendo las características más importantes de cada aspecto. Primeramente se destaca el hecho de haber cumplido el objetivo principal del trabajo y después se hacen observaciones y conclusiones generales.

A lo largo de este trabajo se ha mencionado la importancia que tienen las propiedades físicas de materiales en un análisis térmico de edificaciones, así como también se ha enfatizado que el conocimiento de las mismas, hace posible tener un mejor entendimiento de los procesos térmicos que se presentan en las construcciones.

El objetivo primordial de este trabajo ha sido compendiar en un solo documento, lo más relevante sobre propiedades ópticas, térmicas y físicas de materiales de construcción relacionados con los análisis térmicos. Por lo tanto, después de haber realizado este trabajo se concluye que: el objetivo principal se logró cumplir mediante la realización de cada uno de los siguientes objetivos particulares consistentes en:

- a.- Búsqueda de información sobre propiedades ópticas, térmicas y físicas de materiales reportados en la literatura. La lista de varias propiedades de materiales se presenta en el apéndice A.
- b.- Hacer una lista de materiales comúnmente usados en la construcción de CASAS-HABITACIÓN en la ciudad de Cuernavaca Morelos. La lista final de materiales se presenta en el anexo A.
- c.- Medición de cada una de las propiedades físicas de estos materiales de acuerdo con los objetivos planteados en el capítulo I.
- d.- Comparación de resultados experimentales con datos reportados en la literatura. Las tablas comparativas se presentan en el anexo B.

Como conclusión final se pueden agregar las siguientes observaciones:

- 1.- que en el caso de los resultados finales de conductividad se obtuvieron de muestras de materiales cuyo porcentaje de humedad fue considerablemente bajo, por lo tanto el coeficiente de conductividad

térmica medido corresponde a materiales casi secos.

2.- Que la transmitancia, reflectancia y absortancia se obtuvo finalmente de materiales cuya superficie estaba perfectamente limpia y sin ningún tratamiento superficial, salvo en los casos en que se menciona lo contrario.

3.- Que el resultado final de emitancia de los materiales se obtuvo a temperatura ambiente

Por lo tanto, una vez hechas estas observaciones se debe hacer un juicio de las condiciones en las que se encuentran los materiales y de sus características, antes de hacer la elección de cualquier valor, con el fin de asegurar un valor más cercano a lo real.

Si bien en este trabajo se ha vertido el mejor esfuerzo y conocimiento, también se trata de un documento que puede ser enriquecido en la medida en que nuevos equipos y sistemas de medición se perfeccionen.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]- ACEROS MONTERREY, MANUAL Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S. A., 1978. Tablas pag. 408-424.
- [2]- AGENDA DEL CONSTRUCTOR, Editorial Agenda del Abogado, México D. F. 1986.
- [3]- Anderson B. y Wells M. "PASSIVE SOLAR ENERGY" HOMEOWNER'S GUIDE TO NATURAL HEATING AND COOLING. Brick House Publishing Co. Andover Mass., USA 1981. Tabla pag. 45.
- [4]- Anderson B., "SOLAR ENERGY: FUNDAMENTALS IN BUILDING DESIGN" Total environmental Action Inc., Harrisville New Hampshire, USA. Mc Graw-Hill Co. 1977 apéndice D pag 349.
- [5]- ANIPAC, MANUAL DE LOS PLÁSTICOS, publicación editada por la (Asociación Nacional de la Industria del Plástico S.A. México, D.F., 1979. pag. 9 a 100.
- [6]- ASHRAE FUNDAMENTALS HANDBOOK. (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). Atlanta Georgia USA, 1981. Tabla 29, cap 27.39, tabla 3A, cap 23.14 a 3.18.
- [7]- ASHRAE APPLICATIONS HANDBOOK. 1981 , cap. 58.7-58.9.
- [8]- ASTM STANDARDS (Anual Book of American Society of Testing Materials) 1984.
- [9]- Barbará Zetina Fernando, "MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN", edit. Herrero S.A., México 1977. Tomo 1 pag. 164-336 y tomo 2, Apéndice tabla de propiedades físicas de materiales.
- [10]- Baumeister T., Avallone E., Baumeister T. III, "MANUAL DEL INGENIERO MECÁNICO" MARKS, octava edición (segunda edición en español). Edit. Mc Graw-Hill, México 1982. tablas 15 y 17 cap. 4-9, tabla 1 cap. 4-60. tabla 2 cap. 4-62, tabla 3 cap. 4-63, tablas 4, 5 y 6 cap. 4-64, tabla de densidades cap. 6-7 a 6-10.
- [11]- CARRIER HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN (Carrier Air Conditioning Company), edit. Mc Graw-Hill, New York, USA, 1965. Tabla 16 cap. 1-51 a 1-52, tabla 21 cap.1-66 a 1-77, tabla 34 cap. 1-78 a 1-80.
- [12]- CENSOLAR, CURSO DE PROYECTISTA-INSTALADOR DE ENERGÍA SOLAR, promovido por el Centro de Estudios de la Energía Solar. Editado por Promotora General de Estudios S.A., Sevilla España, 1990. Tomo I tablas 1, 2 y 4 pag. 28 a 30. Tomo VI tabla en apéndice.
- [13]- CHEMISTRY AND PHYSICS HANDBOOK, CRC Press Inc., Florida USA, 1985.
- [14]- Dufflé & Beckman, "SOLAR ENGINEERING OF THERMAL PROCESSES" Wiley Interscience Publication, 1976. cap. 4 y esquema 4.5.1 apéndice E.
- [15]- Estrada-Cajigal Vicente, "MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA RADIACIÓN

SOLAR" Notas del curso de actualización en energía solar LES-IIM-UNAM. México, 1990. pag. 77.

[16]- Fine H. A., Kenneth V. H., Comey R. H., "THE THERMAL PROPERTIES OF ADOBE", ASHRAE publication, 1977.

[17]- García Díaz Rafael "MANUAL DE FORMULAS DE INGENIERÍA", edit LIMUSA, México 1989. cap. 10-2 a 10-6, 15-1 a 15-3.

[18]- Gay, Fawcett, McGuinness y Stein. "MANUAL DE LAS INSTALACIONES EN LOS EDIFICIOS" edit. Gustavo Gili, México 1988. Tomo II tabla 20.2 pag. 273.

[19]- Gillam Scott Robert, "FUNDAMENTOS DEL DISEÑO" edit Victor Leru, México, 1975. Pags. 88-89 y 97-104.

[20]- "GUIDE TO PLASTICS PROPERTY AND SPECIFICATION CHARTS", edit. McGraw-Hill Inc., New York, USA 1975.

[21]- Hollman J.P., "HEAT TRANSFER" fifth edition, Mc-Graw Hill USA, 1981. tablas 8.3 pag 384 y 8.4 pag 388.

[22]- Holtz Michael J. "STANDARDS FOR PASSIVE SOLAR HEATING AND COOLING" Passive technology Branch, Solar Energy Research Institute. (Second National Conference on Standards), New York, USA, 1978.

[23]- Iqbal Muhammad, "AN INTRODUCTION TO SOLAR RADIATION", Academic Press Canada. Ontario Canada, 1983. pag 152, tablas 9.4.1.y 9.4.2 pag 288-290.

[24]- Kern Donald Q., "PROCESS HEAT TRANSFER" International Student Edition Mc Graw-Hill, 1950. Tabla 4.1, pags.70-73, apéndice tablas 2 a 4. pag 795-800.

[25]- Kreider and Kreith , "SOLAR ENERGY HANDBOOK", Mc Graw-Hill, USA 1981. Tabla 4.8 cap. 4.96, tabla, 5.4 cap. 5-17, tablas 5.5 y 5A1 cap 5-15, 5-25.

[26]- Kreider & Kreith " SOLAR PRINCIPLES OF SOLAR ENGINEERING" MacGraw-Hill, USA.

[27]- Malloy John F. & Van Nostrand Reinhold, "MECHANICAL ENGINEER" Charleston West Virginia. Environmental Engineering Series, 1976. apéndice B, pag. 517.

[28]- "MANUAL DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO" (traducido al español de la primera edición en Inglés REFRIFERATION AND AIR-CONDITIONING) ,Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1987. Tomo I cap.1 figuras 2-8 y 2-10, cap 2 figuras 3-5 y 3-6.

[29]- Mazria Edward, "THE PASSIVE SOLAR ENERGY BOOK", Rodale Press, Emmaus, Pa. USA, 1979.

[30]- Morales R. José Diego, "CLIMATIZACIÓN DE EDIFICIOS EN CLIMA CÁLIDO" Tesis de maestría. Facultad de Arquitectura UNAM, México, 1989.

[31]- Morillón Gálvez David "DISEÑO DE DISPOSITIVO Y MÉTODO PARA MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN". Tesis

de maestría en diseño bioclimático, Facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima, 1990. Cap. I y II.

[32]- Mosqueira Salvador R., "FÍSICA GENERAL" CURSO COMPLETO. edit patria, México 1974. Tablas VI y VII pag. 122-140.

[33]- Mota R. A. y Valderrama O. "EVALUACIÓN DEL RECURSO SOLAR" Notas del curso de actualización en energía solar LES-IIM-UNAM, México. 1988. pags. 392-413.

[34]- Narottam P. Bansal and R. H. Doremus. "HANDBOOK OF GLASS PROPERTIES" Materials Engineering Department, Rensselaer Polytechnic Institute, New York, USA 1986.

[35]- Neufert Ernst, "ARTE DE PROYECTAR EN ARQUITECTURA" edit. Gustavo Gili S.A. Barcelona España 1979. Tabla 3 pag. 81 y tablas I, II y III pag. 432.

[36]- Ochoa de la Torre José Manuel, "ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO DE LA ARQUITECTURA VERNÁCULA EN OCOTEPEC MORELOS". Tesis de Especialización en Heliodesiño. Laboratorio de Energía Solar, Temixco Morelos. 1990

[37]- PASSIVE SOLAR HANDBOOK. California Energy Commission, California Energy Resources Conservation and Development Commission. Publicado y promovido por el de Estado de California. Sacramento USA, 1980. Cap. 1-1 a 1-7 y cap. 2-11 a 2-44.

[38]- Perry Robert H. & Green Don, "PERRY'S CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK" MacGraw-Hill, sixth edition, International Student edition, cap 3-75 a 3-272 tablas 3-28, 3-205, 3-313, 3-320, 3-321, 3-325, 3-326 y 3-327. Cap 10.51 Tabla 10-17.

[39]- Rivero Roberto, "ARQUITECTURA Y CLIMA" ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO NATURAL PARA EL HEMISFERIO NORTE". Dirección Gral. de publicaciones UNAM, 1988 cap. 2.1-2.4, 4.1-4.3 y 5.1-5.5.

[40]- Resnick R. & Halliday David, "FÍSICA" PARTE 1, edit continental, México, 1980. pag 382-385.

[41]- Rohsenow W., Hartnett J. "HANDBOOK OF HEAT TRANSFER", McGraw-Hill Co., USA 1973.

[42]- Sámano D. Alfonso , Vázquez B. "CARGAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS" Notas del curso de actualización en energía solar LES-IIM-UNAM. Temixco Morelos, 1986.

[43]- Sámano D. Alfonso , Morales D., "HELIOARQUITECTURA URBANA" Notas del curso de Heliarquitectura Urbana, Morelia Michoacán, México, 1989.

[44]- Sámano D. Alfonso , Vázquez B., "SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN" Notas del curso de actualización en energía solar LES-IIM-UNAM. Temixco Morelos México, 1986.

[45]- Sámano D. Alfonso , Vázquez B., Morales D. "TECHO ESCUDO A LA RADIACIÓN SOLAR" Notas de la II reunión nacional sobre la energía y el confort. Mexicali, B.C., 1990.

[46]- Siegel Robert & Howell John F. "THERMAL RADIATION HEAT TRANSFER"

Series in Thermal and Fluids Engineering. Second Edition cap.5.

[47]- Szokolay S. V., "THERMAL DESIGN OF BUILDINGS", RAIA Education Division, Canberra Australia. 1987. pag. 63 a 66 tablas T1 a T4.

[48]- Tedeschi Enrico, "TEORÍA DE LA ARQUITECTURA". edit. Nueva Vision, México 1977, pags 30 a 50.

[49]- Van Geem M. G., Florato A. E., Musser D. H. "CALIBRATED HOT BOX TESTS OF THERMAL PERFORMANCE OF CONCRETE WALLS". ASHRAE/DOE conference, Las Vegas Nevada, 1982.

[50]- Vansant James H., "CONDUCTION HEAT TRANSFER SOLUTIONS" Lawrence Livermore National Laboratory, 1983. cap 18.1-18.9.

[51]- Vázquez N. Bernardo, "ESTUDIO NUMÉRICO BIDIMENSIONAL DE LA CONVECCIÓN NATURAL Y FORZADA EN ESTADO PERMANENTE EN UN AUDITORIO" tesis de maestría, CCH-UNAM Laboratorio de Energía Solar, Temixco Mor., 1991. Cap. I, pag 1-15.

[52]- VITRO VIDRIO PLANO, MANUAL TÉCNICO. México, 1989.

[53]- USER'S MANUAL RAPID-K, HEAT FLOW METER THERMAL CONDUCTIVITY INSTRUMENT. DYNATECH Corporation, Cambridge Massachusetts USA 1981.

[54]- SHIMADZU DOUBLE-MONOCROMATOR RECORDING SPECTROPHOTOMETER UV-365. SHIMADZU Corporation, Kyoto Japan 1985.

A N E X O

A

LISTA DE MATERIALES COMUNMENTE USADOS EN LA
CONSTRUCCION DE CASAS-HABITACION

MATERIALES COMÚNMENTE EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS-HABITACIÓN
EN LA CIUDAD DE CUERNAVACA MORELOS Y SUS ALREDEDORES

I.- AGLUTINANTES:

- Cemento normal y blanco.
- Calhídra y mortero blanco.
- Mortero gris.
- Yeso.

II.- AGREGADOS:

- Grava y Arena de mina.
- Grava triturada.
- Cero fino y grueso.
- Piedra de mina y de texcal.
- Tezontle rojo y negro.

III.- MATERIALES DE USO GENERAL:

- Tabique y ladrillo rojo recocido de barro común de 6 x 13 x 26cm y 2 x 13 x 26cm respectivamente.
- Teja roja de barro común de 2 x 15 x 30cm.
- Tabique y bloque rojo hueco de barro comprimido (tipo Santa Julia, perforado vertical) de 6 x 10 x 20cm, 6 x 12 x 24cm, 10 x 10 x 20cm, 6 x 14 x 20cm y de 10 x 14 x 20cm.
- Ladrillo de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia perforado vertical) de 2 x 12 x 24cm.
- Baldosa de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia) de 1.8 x 15 x 15cm y de 2 x 15 x 30cm.
- Loseta de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia) de 1.5 x 10 x 10cm, y de 1.5 x 20 x 10cm.
- Cintilla de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia) de 2 x 6 x 24cm.
- Celosía roja octogonal y romboidal de barro comprimido de 14 x 10 x 10cm y 10 x 14 x 20cm.
- Mosaico y loseta de pasta de cemento liso, marmoleado y de granito de 2 x 20 x 20 y 2 x 30 x 30cm.
- Loseta de terrazo de #9 de 3 x 30 x 30cm, 3 x 40 x 40cm y #12 de 3 x 40 x 40cm.
- Azulejo para recubrimiento; blanco, de color y talavera de 11 x 11cm.

-Bloque de cemento-arena ligero y pesado de 10 x 20 x 40cm, 20 x 20 x 40cm y de 15 x 20 x 40cm.

-Adoquín rosa tipo Queretaro de 20 x 40 y 40 x 40cm y hexagonal de 40 x 40cm.

-Lámina acanalada de asbesto-cemento.

-Lámina enchapopotada.

-Adobe: hecho en obra y comercial de 8 x 28 x 42cm, 8 x 40 x 56cm y de 8 x 38 x 38cm.

III.1.- MATERIALES HECHOS EN OBRA:

-Concreto hecho en obra:	f'c = kg/cm ²	proporción	agua
Para firmes, muros y pisos	100	1:6:8	2 botes
Cadenas y castillos	150	1: 5 1/4 : 5	2 "
* Zapatas, losas y trabes	200	1: 4 1/2 : 5	1 1/2 "
Columnas y techos	250	1: 3 1/2 : 4	1 1/4 "
-Mortero	sacos de mortero	arena	
Para plantillas y revestimientos ligeros	1	6	
* Aplanados y junteo de mampostería	1	5	
Junteo de muros de carga	1	4	
Recubrimiento de pisos y mosaicos	1	3	
Alta resistencia	1	2	

* Estos materiales se eligieron por su uso común dentro de la obra.

III.2.- METALES Y ACEROS DE REFUERZO:

-Varilla de acero de refuerzo diámetros 5/16", 3/8", 1/2", 5/8" y 3/4" con un fy= 4200 kg/cm².

-Malla de acero electrosoldada de alta resistencia tipos 6-6/8-8, 6-6/10-10 y 10-10/10-10 con un fy= 5000 kg/cm².

-Lámina metálica en hojas calibres del 14 al 18.

-Varillas de hierro forjado para herrería tipos: redonda de 2 a 4", octogonal de 3/4 a 1 1/2" y cuadrada de 1/4 a 3".

-Perfiles angulares de lados iguales de 3/4" x 1/8" a 2 1/2" x 3/8" , y de lados desiguales de 3" x 1/4" a 6" x 25.4mm.

-Perfil de acero MON-TEN series tipo "C" y "Z" en diferentes medidas.

-Lámina lisa y corrugada de aluminio calibres # 4 (6 mm) al # 22 (0.711mm).

-Perfiles y Molduras de aluminio de diferentes diámetros y formas. 38 x 38cm.

III.3.- VIDRIOS Y ACRILICOS:

- Cristal flotado de 5mm.
- Vidrio medio doble de 3 mm y vidrio triple de 6mm.
- Vidrio flotado tipo bronce (vitrosol) de 3 y 6mm.
- Vidrio flotado tipo gris (filtrasol) de 3 y 6mm.
- Vidrio grabado tipos: concha, florentino, gota de agua, tapiz y cuadrícula de 3.5mm.
- Vidrio de color: ámbar, verde, champafia, café y azul de 3.5mm.
- Domos de acrílico de varios colores de 3 mm.

III.4- MADERAS:

- Triplay de 3 y 6mm de 3 capas, de 9 y 12mm de 5 capas, de 19mm de 7 capas. Hojas de 1.52, 1.83, 2.13, y 2.4 m de largo por 0.76, 0.91, y 1.22m de ancho.
- Madera aglomerada tipo Novopán hojas de 0.91 x 1.83-4.88, de 1.22-1.83-4.88 y de 1.83 x 1.83-4.88, de 9 y 12mm de espesor.
- Tabla y tablón de madera de pino (amarillo), cedro y caoba.
- Madera para cimbra: duela de 1 1/2 x 2" y de 1 X 4", polín de 4 x 4", tablón de 2 x 12", vigas de 4 x 8" y hoja de triplay de 16mm.

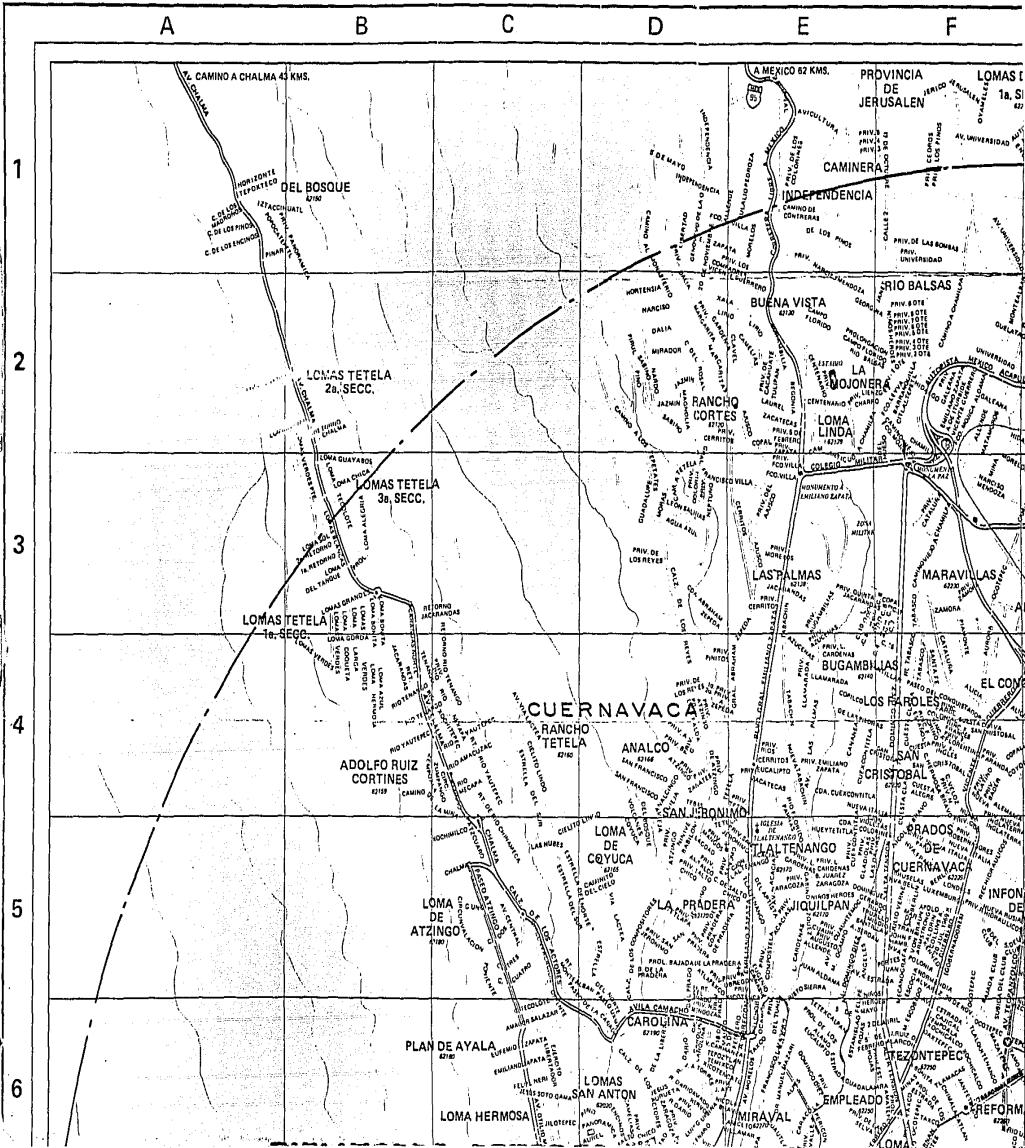
III.5- PREFABRICADOS:

- Vigueta y bovedilla: de un peralte de 19 a 30 cm para cubrir claros de 3 a 7 m de distancia, espaciamientos entre viguetas de 50 a 80cm.
- Concreto tipo Siporex: bloque aligerado para muros de 7.5, 10, 15 y 20 cm de espesor, 25 o 50cm de altura y 50cm de longitud. Losas para muro de 2.5 a 25cm de espesor, ancho de 50cm y largo de 1 a 5.5m. Losas normales para techo de 7.5 a 20cm y 50cm de ancho, 1.75 a 2.75 de longitud.
- Panel tipo "W" para muros, entrepiso y techo.
- Panel de fibrocemento Pamacón para losas y muros.
- Casetón de poliestireno expandido de diferentes medidas.

FUENTES DE CONSULTA:

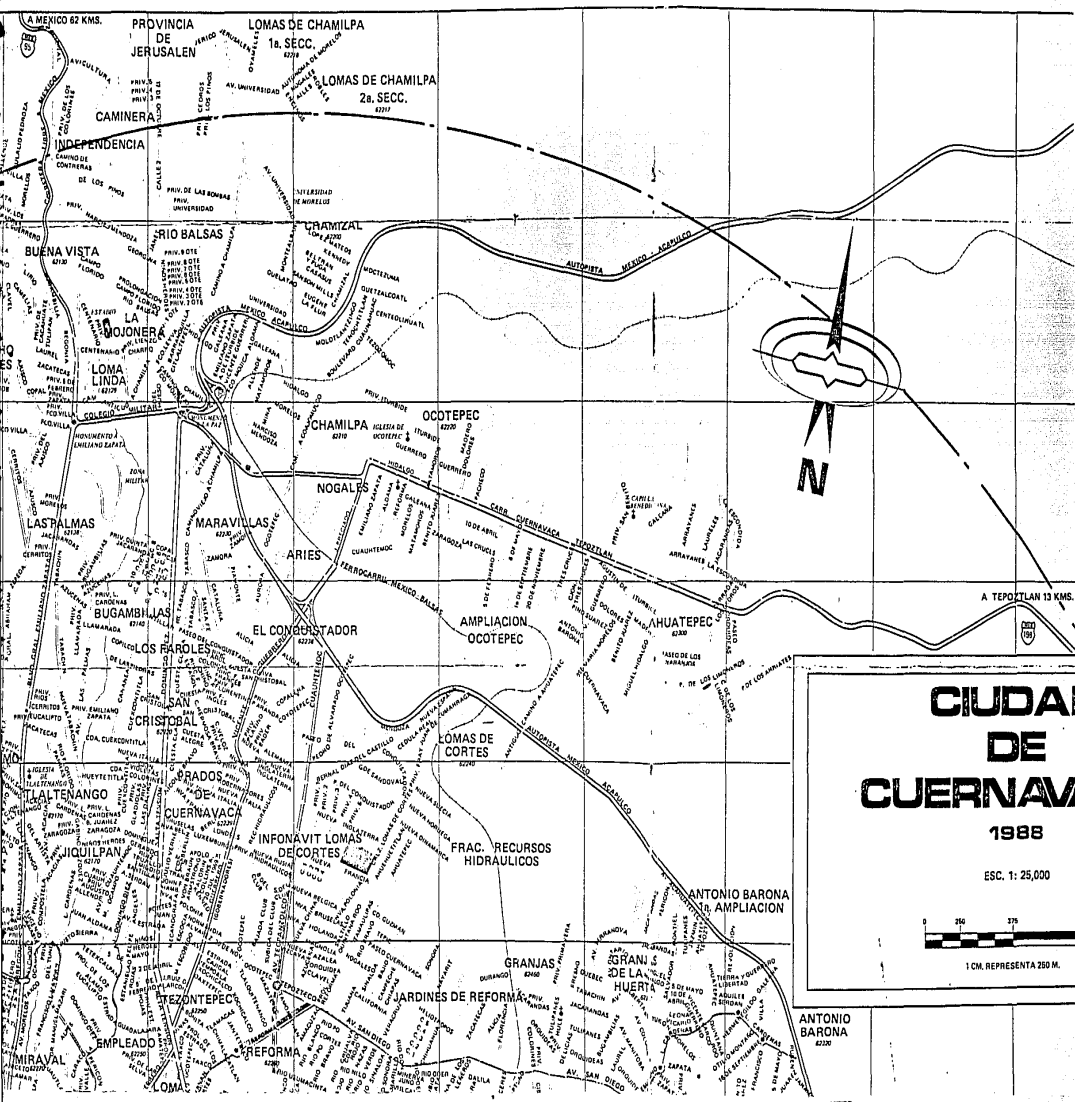
- *.- *Diferentes casas expendedoras de materiales de construcción en las ciudades de Cuernavaca, Jiutepec y Ocoatepec en el estado de Morelos.*
- **.- *Consulta directa a diferentes miembros del Colegio de Arquitectos del estado de Morelos A.C.*

ZONA GEOG



ZONA GEOGRAFICA DE ESTUDIO

E F G H I J K



CIUDAD DE CUERNAVACA
1988
ESC. 1: 25,000

1 CM. REPRESENTA 250 M.

DE ESTUDIO

H J K L

MILPA

A MEXICO 69 KMS.

1

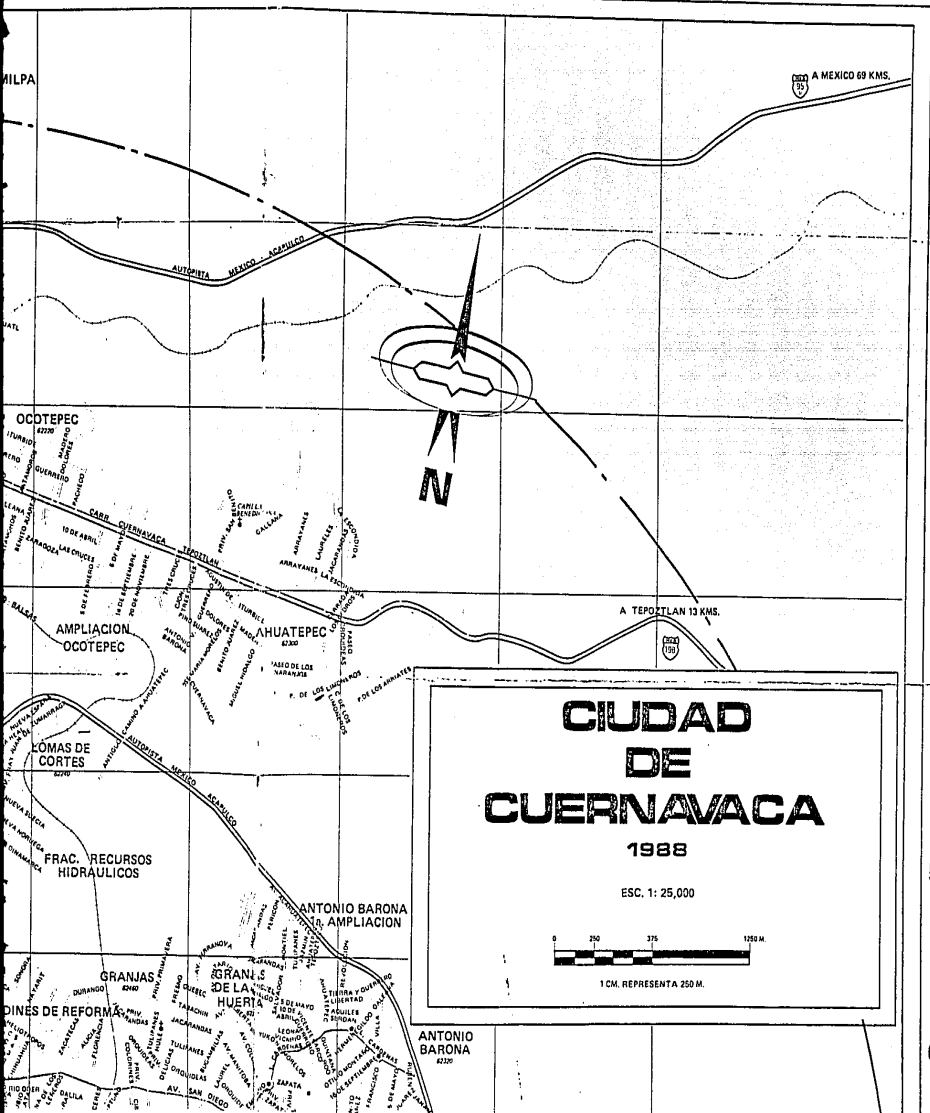
2

3

4

5

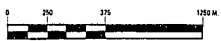
6



CIUDAD DE CUERNAVACA

1988

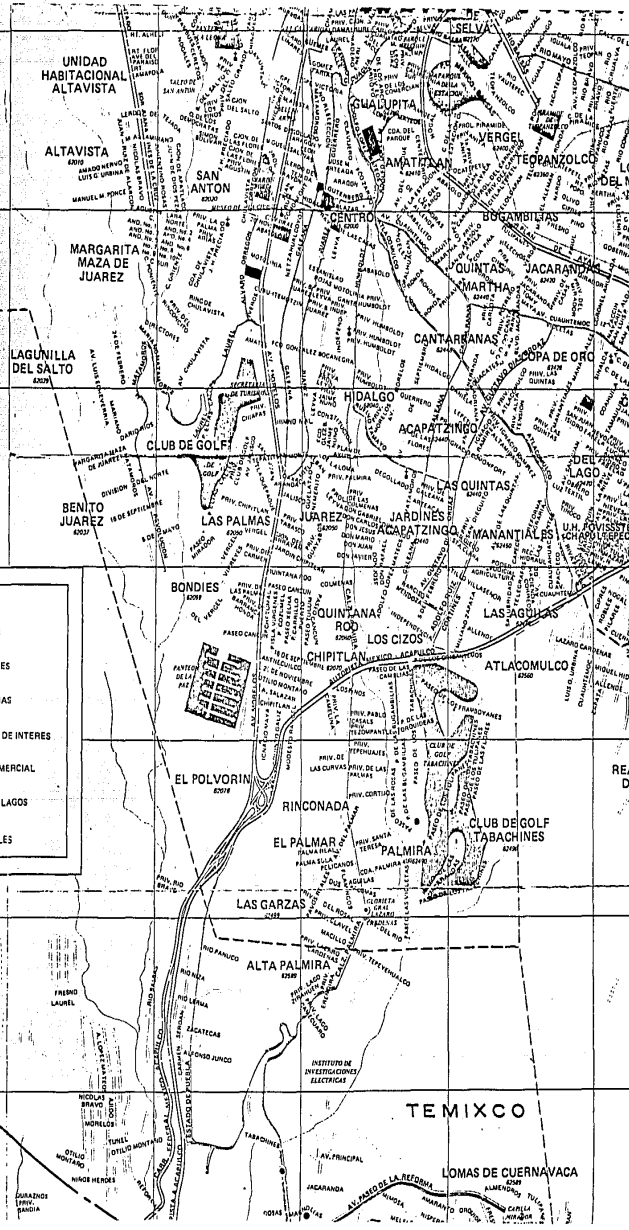
ESC. 1: 25,000



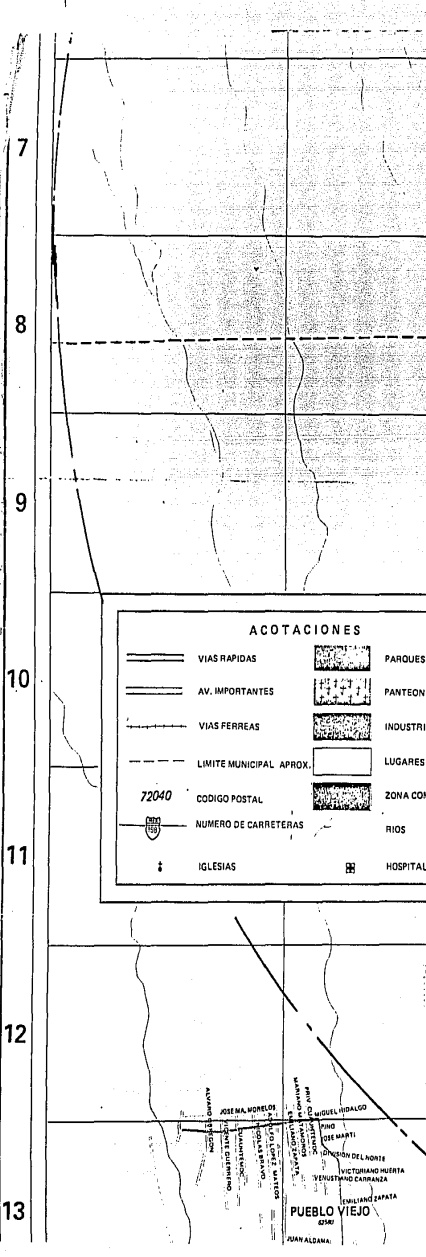
1 CM. REPRESENTA 250 M.

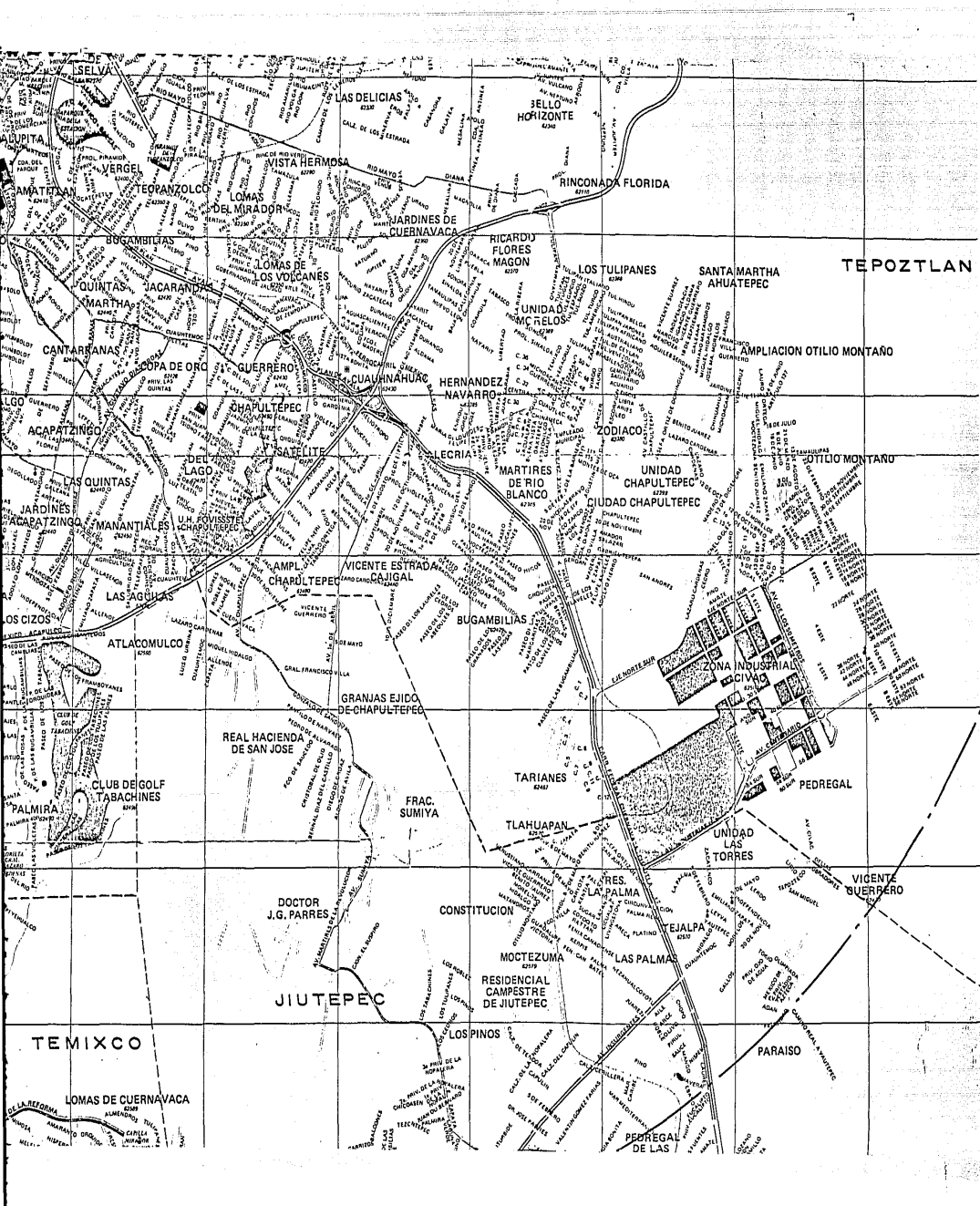
ANTONIO BARONA
2236

7
8
9
10
11
12
13



ACOTACIONES	
VIAS RAPIDAS	PARQUES
AV. IMPORTANTES	PANTEONES
VIAS FERREAS	INDUSTRIAS
LIMITE MUNICIPAL APROX.	LUGARES DE INTERES
72040 CODIGO POSTAL	ZONA COMERCIAL
NUMERO DE CARRETERAS	RIOS LAGOS
IGLESIAS	HOSPITALES





TEPOZTLAN

AMPLIACION OTILIO MONTAÑO

OTILIO MONTAÑO

ZONA INDUSTRIAL
GÓMEZ

PEDREGAL

VICENTE
GUERRERO

PARAISO

JUTEPEC

CONSTITUCION

RESIDENCIAL
CAMPESTRE
DE JUTEPEC

LOS PINOS

TEXICO

LOMAS DE CUERNAVACA

LAS DELICIAS
8230

VISTA HERMOSA
8400

JARDINES DE
CUERNAVACA
8280

LOMAS DE
LOS VOLCANES
8200

CUAUIHUAHUC
8200

SHAPULTEPEC
8200

VICENTE ESTRADA
CHARULTEPEC
8200

GRANAS EJIDO
DE CHAPULTEPEC

FRAC. SUMIYA

REAL HACIENDA
DE SAN JOSE

DOCTOR
J.G. PARRES

TARIANES
8240

TLAHUAPAN
8200

RES. LA PALMA

MOCTEZUMA

LAS PALMA

PEOREGAL DE LAS

PEOREGAL DE LAS

RINCONADA FLORIDA
8200

RICARDO
FLORES
MAGON
8270

UNIDAD
VIC RELOJ

HERNANDEZ
NAVARRO

LECRIA

MARTIRES
DE RIO
BLANCO
8290

ZODIACO
8200

UNIDAD
CHAPULTEPEC
8290

CIUDAD CHAPULTEPEC

BUGAMBILIAS
8200

CAE MORELOS

UNIDAD
LAS TORRES

RES. LA PALMA

LA PALMA

RESIDENCIAL
CAMPESTRE
DE JUTEPEC

LOS PINOS

PEOREGAL DE LAS

SANTA MARTHA
AHUATEPEC

AMPLIACION OTILIO MONTAÑO

OTILIO MONTAÑO

UNIDAD
CHAPULTEPEC
8290

CIUDAD CHAPULTEPEC

BUGAMBILIAS
8200

CAE MORELOS

UNIDAD
LAS TORRES

RES. LA PALMA

LA PALMA

RESIDENCIAL
CAMPESTRE
DE JUTEPEC

LOS PINOS

PEOREGAL DE LAS

AMATEPECA

TEORANZOLCO

QUINTAS
MARTHA

COOPA DE ORO

ACAPATZINGO

JARDINES
ACAPATZINGO

LOS CIZOS

ATLACOMULCO

CLUB DE GOLF
TABACHINES

PALMIRA

DOCTOR
J.G. PARRES

CONSTITUCION

RESIDENCIAL
CAMPESTRE
DE JUTEPEC

LOS PINOS

PEOREGAL DE LAS

VERGEL

LOMAS
DEL MIRADOR

JACARANDA

QUINTAS

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

VERGEL

LOMAS
DEL MIRADOR

JACARANDA

QUINTAS

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

VERGEL

LOMAS
DEL MIRADOR

JACARANDA

QUINTAS

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

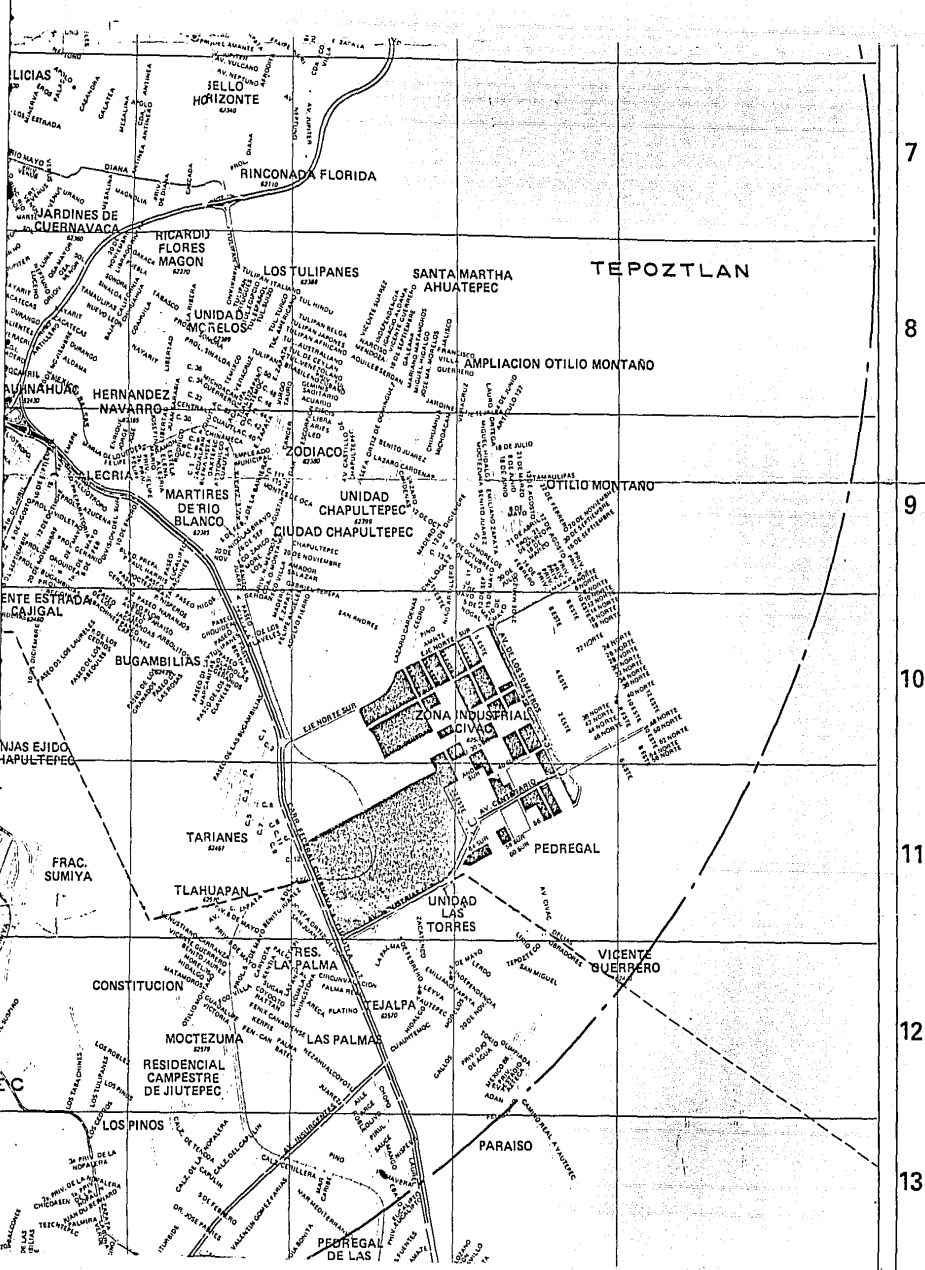
DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO

DEL VINO



7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

A

B

C

D

E

F

MORELOS
EPI. VICENTE
RANCHO LA CRUZ
SANTA LA CATOLICA
S. C. DE

PROF. ALONSO PALACIOS
NECOMANIZOTLA

PILCAYA

GUADALUPE

AZTECA

LOS ARCOS

VILLA DE LAS FLORES

TEMIXCO

BURGOS

BRISAS

TRES DE MAYO
1900

LOS FERRINOS

LEYES DE NEPESIN

A TAYACO 76 KMS.
A IGUALA 111 KMS.
A CHILPANCIINGO 219 KMS.
A ACAPULCO 349 KMS.

A IGUALA 83 KMS.
A CHILPANCIINGO 199 KMS.
A ACAPULCO 331 KMS.

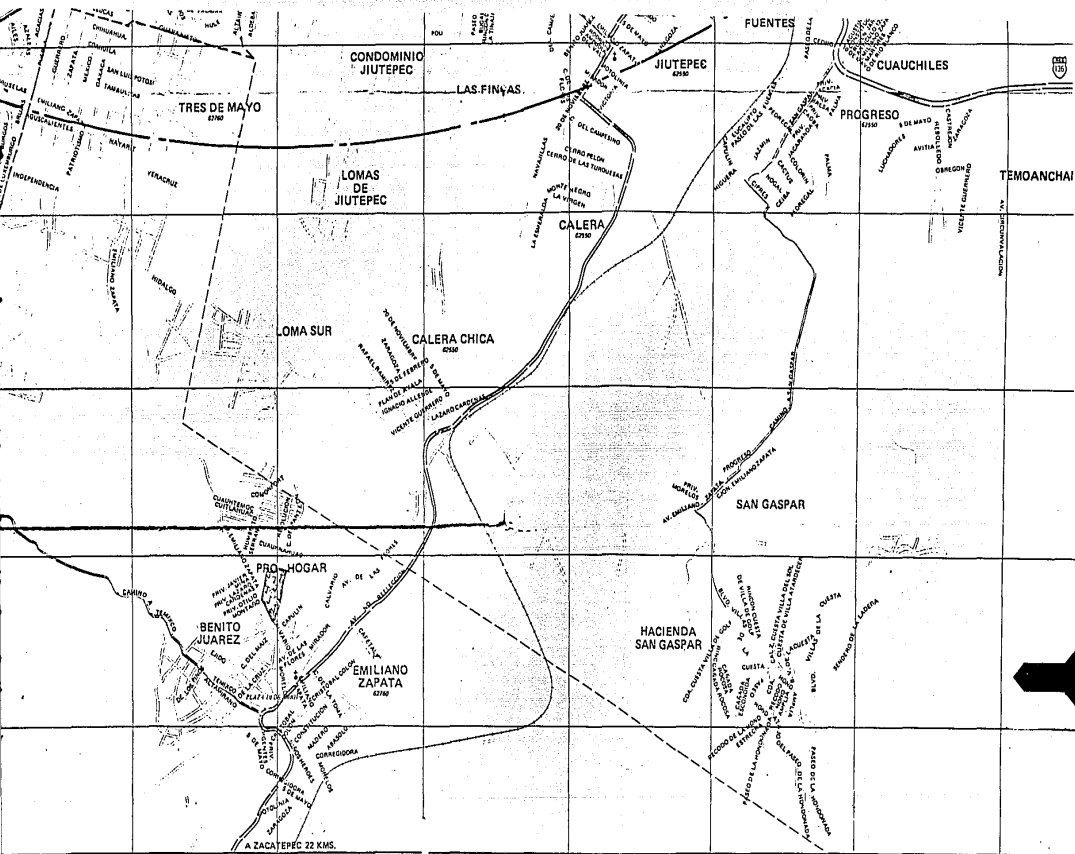
PRO-HO

BENITO JUAREZ

A ZACATEPEC

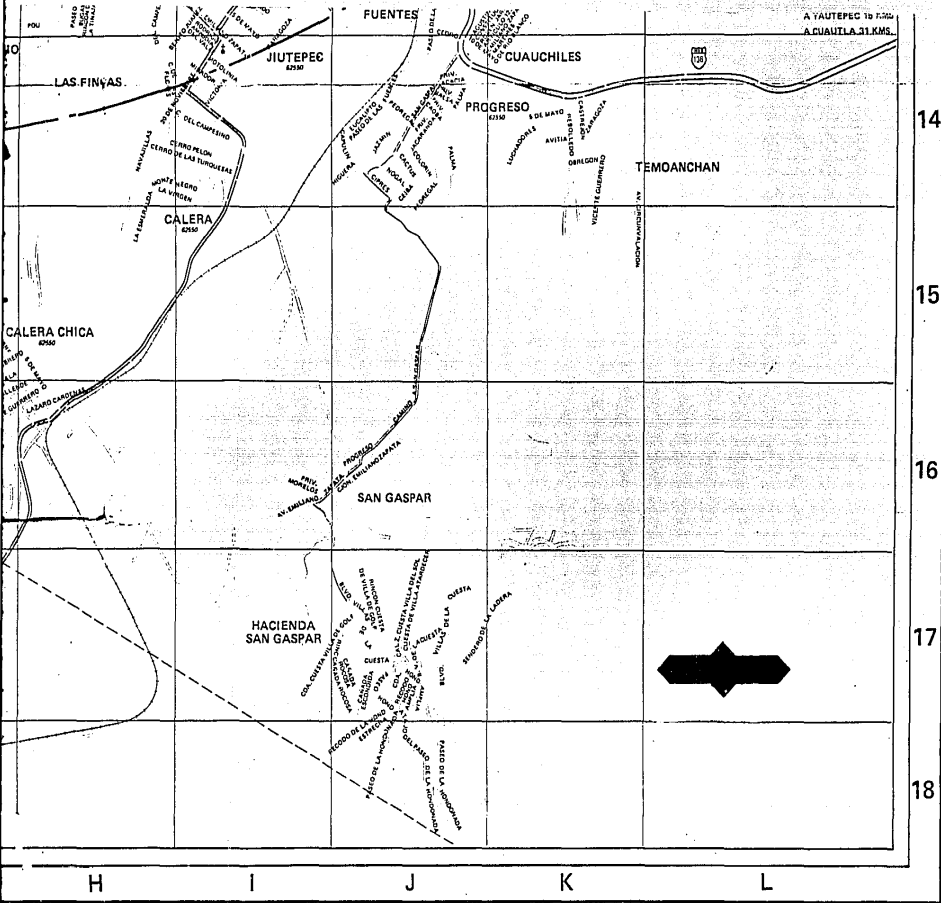
6





E F G H I J K





APENDICE

A

PROPIEDADES FISICAS DE MATERIALES REPORTADOS EN LA LITERATURA

PROPIEDADES TÉRMICAS Y FÍSICAS DE MATERIALES
DE CONSTRUCCIÓN REPORTADOS EN LA LITERATURA

MATERIAL	densidad		Calor	conductividad
	referencia	Kg/ m ³	Específico Kj/ Kg °C	térmica W/ m °C
Acero	[1,9]	7800-7900	----	----
	[2]	7830	0.45	47
	[3,4]	7834	0.502	----
	[6]	7830	0.50	45.3
	[10,39]	7833	0.502	----
	[12]	7780	0.465	46-52
	[13]	7800	----	74.4
	[17]	7870	0.502	45.31
	[21]	7833	0.465	54
	[27]	7881	0.544	62.3
	[28]	7800	----	----
	[29]	7834	0.502	----
	[31]	7760	0.45	50
	[33]	7600-7800	----	----
	[36]	7850	----	----
	[48]	7900	0.437	78
	rangos	7700-7900	0.437-.544	45-78
Acrílico	[3,4]	1180	----	----
		1120	----	----
	[20]	1190	1.464	0.201
	[39]	1100-1190	1.465	0.207
		1180-1200	1.465	0.207
	[51]	1180	1.460	0.160
	rangos	1180-1190	1.46-1.465	0.16-.207
Adobe	[1]	1600	----	----
	[2]	1400	----	----
	[3,4]	1800	1.005	----
	[9]	1600	----	----
	[16]	----	----	0.516
	[29]	1698	1.004	0.578
	[31]	1500	1.480	0.580
	rangos	1440-1800	1.00-1.48	0.409-.58
Agua	[1]	1000	----	----
	[2]	999.80	4.183	0.613
	[3,4]	998.37	4.183-4.186	----

[10, 39]	999.69-995.64	4.184	0.610
[12]	997.7-995.3	4.187	----
[13]	999.96-995.64	----	----
[17]	1000	----	----
[27]	999.65	4.184	----
[28]	1000	4.184	----
[29]	999.65	4.184	----
[31]	1000	4.190	0.580
[40]	1000	4.190	0.620

rangos 999.65-1000 4.183-4.19 0.58-.62

Aire

[2]	1.20	1.013	0.025
[3,4]	1.20-1.28	1.005	----
[10,39]	1.29	1.046	0.026-.03
[12]	----	----	0.0238
[27]	----	----	0.025
[28]	----	1.004	----
[29]	1.201	1.004	----
[31]	1.18	----	0.026
[33]	1.293	0.992	0.019-.024
[40]	1.20	1.000	0.024

rangos 1.20-1.293 1.004-1.18 0.0238-.0262

Aluminio

[1]	2550-2750	----	----
[2]	2720	0.895	213
[3,4]	2740	0.896	----
[6]	2740	0.896	221
[9]	2700	----	----
[10,39]	2640	0.837	273
[12]	2700	0.908	205-207
[13]	2700	----	237
[17]	2670	0.930	----
[21]	2707	0.896	273
[27]	2690-2723	0.899	201
[28]	2700	0.902	----
[31]	2700	0.910	200
[33]	2700	0.940	201
[36]	2700	----	----
[48]	2700	0.877	----
[51]	2700	0.800	----

rangos 2670-2740 0.830-.940 200-273

Arcilla

seca	[1]	1010	----	----
humeda		1280	----	----
	[4]	1009	0.921	----
	[6,51]	1000	0.920	----
	[9]	1010	----	----
	[10,39]	1009	0.938	----
		1460	0.880	1.300
	[13]	1800	----	----
seca	[17]	1000	0.921	----

	humeda	1800	----	----
	seca [27]	----	----	0.519
	humeda	----	----	2.320
	[42]	1460	0.879	----
<hr/>				
	rangos	1000-1460	0.88-.938	0.519-1.3
<hr/>				
Asbestos				
	tableros [6]	327	1.004	0.700
	y	480	----	0.070
		800	0.800	0.160
	tablas	1920	----	----
		1920	----	0.084
		1920	----	0.838
		1970	----	0.475
		2400	0.836	----
	fibra	1050	1.050	0.170
		800	0.800	0.160
	tablas [10,39]	577	----	0.167
		704	----	0.233
		464	----	0.154
		890	----	0.096
		470	----	0.087
		577	----	0.111
		697	----	0.135
		1922	----	0.430
		2451	1.046	----
	tabla [27]	1040	----	0.865
		1920	----	0.745
	[36]	----	----	0.546
	Laminas	[1]	801	----
		[3,4]	2400	1.047
	aislante		577	0.837
		[12]	1400-1800	----
		[13]	2000	----
	ligera	[21]	470	0.816
	media		570	----
	Lamina ligera	[31]	----	0.216
	" media		1500	0.360
	" pesada		----	0.570
		[40]	1900	0.760
		[42]	1900-2300	0.879
				0.810-1.40
<hr/>				
rangos:	ligera en hojas	470-1050	0.80-.816	0.0845-.167
	y tablas aislantes.			
	Laminas y hojas corrugadas	1000-1920	0.84-1.05	0.430-.865
<hr/>				
Asfalto				
	[6]	2110	0.920	0.740
	[13]	1100-1500	----	----
	[10]	1100-1500	----	----
	[31]	1700	1.140	0.580
		1940	----	0.580
	[39]	----	0.921	----
	[42]	2100	0.920	0.740
	[48]	1700	1.000	0.500
	rangos:	1100-2100	0.92-1.14	0.500-.740

Bloque de cemento-arena

	[2]	1200	----	----
Pesado				
hueco ovalado de 10cm	[6]	----	0.920	0.987
" " " 20 "		----	0.920	1.269-1.353
" " " 30 "		----	"	1.353-1.65
Ligero				
hueco ovalado de 7.5cm		----	0.878	0.420
" " " 10 "		----	"	0.472
" " " 15 "		----	"	0.645
" " " 20 "		----	"	0.705
" " " 30 "		----	"	0.930
hueco ovalado	[11]	1218	----	1.320
Pesado		1105	----	0.990
		1025	----	1.16-1.26
		1009	----	1.650
" " " 7.5cm		270	----	0.230
" " " 10 "		320	----	0.282
" " " 20 "		590	----	0.451
" " " 30 "		850	----	0.655
Alligerado	[12]	600	----	0.350
		800	----	0.440
		1000	----	0.442-.56
		1200	----	0.490-.698
		1400	----	0.560
	[26]	----	----	0.807
		----	----	1.038
		----	----	1.350
de 20 x 20 x 40cm	[27]	----	----	1.211-1.26
de 30 x 20 x 40cm		----	----	1.650
Ligero	[48]	600	1.00	0.190
		1400	1.00	0.510
Pesado		2300	1.00	1.630
rangos:	Bloque ligero	500-960	0.878	0.23-.655
	" pesado	1000-1400	0.92-1.00	0.51-1.65

Concreto

	[1]	2300	----	----
	[2]	2200-2400	----	----
	[3]	2307-2400	0.65-0.840	----
(simple y reforzado)	[6]	2300	0.653	0.930
	[9]	2300	----	----
	[10,39]	2300	0.65-0.92	0.930
		----	----	0.540
	[11]	2240	----	1.60-2.20
	[12]	2200	----	0.83-1.512
	[17]	2300-2400	0.653	----
	[18]	----	----	1.66-1.775
	[21]	1900-2300	0.88	1.370
	[26]	----	----	1.730
	[27]	2195	0.653	1.890
		2320-2340	----	1.86-1.90
	[29]	2240	0.840	0.578

	[31]	2400	----	1.500
	[36]	2400	----	1.28-1.86
	[40]	2200	1.00	1.74-1.90
	[48]	2000-2100	0.84-1.00	1.13-1.40
concreto normal, seco	[50]	2240	----	1.960
" " , humedo		2290	----	2.930
con agregado ligero, seco		1500	----	0.610
" " " , humedo		1580	----	0.870
de baja densidad seco		770	----	0.220
de baja densidad humedo		900	----	0.440
	[51]	2280	0.670	1.800

rangos 2100-2400 0.653-1.00 0.54-1.9

Concreto aligerado

	[9]	400	----	0.098
		500	----	0.116
		650	----	0.145
losas de 7.5 y 10cm.		500	----	0.112-.119
" de 12.5 y 15cm.		"	----	0.125-.129
" de 17.5, 20cm		"	----	0.132-.134
" de 20 y 25		"	----	0.136
	[11]	320	----	0.123
		480	----	0.160
		640	----	0.205
		960	----	0.298
		1280	----	0.440
		1600	----	0.630
		1920	----	0.930
	[12]	400	----	0.140
		500	----	0.186
		600	----	0.230
		800	----	0.290
		1000	----	0.340
		1200	----	0.465
		1400	----	0.581
		1600	----	0.756
		1700	----	0.810
		1800	----	0.930
	[36]	1600-1800	----	0.465

rangos muy ligero 400-800 ---- 0.098-.29
de densidad media 800-1920 ---- 0.298-.93

Fibra de vidrio

	[6]	64-144	0.962	0.044
tabla	[11]	152	----	0.038-.044
	[12]	----	----	0.0334
tabla	[31]	100	0.650	0.042
manta	[48]	12	0.84	0.040
tabla	[51]	180	----	0.040
manta		50	----	0.038

rangos manta y tabla 12-100 0.65-.962 0.038-.044

Hierro

colado [1] 7800-7900 ---- ----

	[3,4]	7210	0.502	----
	[6]	7210	0.50	48
	[9]	7860	----	----
	[10,39]	7080	----	----
	[12]	7870	0.465	46-58
	[17]	7900	0.490	60
	[21]	7897	0.452	73
	[27]	7881	0.544	62
	[29]	7834	0.502	----
	[36]	7850	----	58
	[33]	7000-7700	0.498	----
fundido	[2]	7600	0.500	55
	[17]	7220	----	----
	[28]	7200	0.418	----
forjado	[1]	7600-7900	----	----
	[3,4]	7770	0.500	----
	[6]	7770	----	60
	[9]	7600-7900	----	----
	[10,39]	7769	----	----
	[21]	7850	0.460	59
	[33]	7800-7900	0.481-.50	60-88
rangos	colado	7080-7900	0.465-.544	46-62
	fundido	7200-7600	0.418-.500	55-73
	forjado	7600-7900	0.46-0.500	59-88

Maderas

duras

	[1]	721	----	----
	[3]	800	2.390	----
	[6]	370-1100	1.90-2.70	0.11-.25
		720	1.260	0.194
		750	2.390	0.176
	[10,39]	----	1.88-2.72	----
	[11]	721	----	0.194
	[12]	600-750	----	0.232
		800-1000	----	0.290
	[18]	----	----	0.114
	[26]	----	----	0.158
	[27]	541	2.385	0.19-.36
	[28]	800	----	0.158
	[29]	753	2.385	----
	[31]	600	1.210	0.140
	[36]	----	----	0.14-.21
	[40]	800	1.340	0.190
	[51]	670	2.380	0.170
pino amarillo	[1]	610-670	----	----
	[2]	600	----	----
	[3]	460	2.810	----
	[6]	512	1.381	0.141
	[9]	610	----	----
	[10,39]	525	2.750	0.120
		544-551	----	0.200
	[11]	513	----	0.141
	[12]	600	----	0.151
	[13]	370-600	----	----
	[17]	----	1.88-2.72	----
		710	----	----

	[27]	415-480	----	0.106-.109
	[40]	600	1.340	0.150
	[42]	415-420	2.720	0.138
pino blanco	[1]	430-480	----	----
	[6]	430	----	0.110
	[9]	410	----	----
	[10,39]	432	----	----
	[12]	450	----	0.151
	[13]	350-500	----	----
	[17]	410	----	----
	[26]	----	----	0.115
	[27]	448	2.800	0.107-.25
	[28]	550	2.800	0.115
	[36]	600	----	----
	[40]	400	1.340	0.100
	[51]	400	2.800	0.100
		430	----	0.110
caoba	[6]	----	0.55	0.130
	[9]	560-1060	----	----
	[13]	580	----	----
	[17]	560-850	----	----
cedro	[1]	320-380	----	----
	[12]	350-450	----	0.116
	[13]	490-570	----	----
	[17]	350	----	----
rangos madera en general		540-1000	1.21-2.70	0.14-.255
pino blanco y amarillo		400-710	1.34-2.80	0.10-.250
caoba y cedro		350-450	----	0.116-.13

Madera aglomerada

triplay de 6mm	[6]	545	----	0.141
		545	1.210	0.800
" de 1.5cm		545	----	0.142
	[9]	600-800	----	0.081
	[10,39]	540	1.220	0.120
" de 6mm	[11]	545	----	0.141
" de 9mm		"	----	"
" de 12mm		"	----	"
panel de fibra de		416	----	0.074
madera de 19mm		497	----	0.088
madera de 19mm		497	----	0.088
		1040	----	0.245
	[12]	320-410	----	0.083
		410-500	----	0.104
		550-650	----	0.163
		500-600	----	0.116
		600-700	----	0.140
	[31]	560	1.400	0.140
		800	1.400	0.150
	[40]	400	2.300	0.100
		600	2.300	0.140
		660	1.300	0.108
		800	2.300	0.170
		1000	"	0.200
	[48]	620	1.300	0.138

rangos	triply	400-800	1.21-1.40	0.08-.141
	madera aglomerada	400-1000	1.30-2.30	0.080.20

Morteros

cemento-arena	[2]	2000	----	----	
	[4]	2115	----	----	
	[6]	1858	----	0.881	
	[10]	2080-2250	----	----	
	[11]	1858	----	0.880	
	[12]	2100	----	1.396	
	[21]	----	----	1.160	
	[26]	----	----	0.721	
	[27]	1874	----	0.53-2.33	
	[31]	2130	0.890	1.400	
	[40]	2100	1.000	1.400	
	mortero cal-arena	[2]	1500	----	----
		[6]	2100	----	0.740
[10,39]		1650	----	----	
[36]		1700	----	----	
mortero de yeso	[12]	1900	----	0.872	
	[2]	1500	----	0.698	
	[12]	1000	----	----	
	[36]	1200	----	----	

rangos	cemento-arena	1860-2130	0.89-1.00	0.721-2.33
	cal-arena	1500-2100	----	0.740-.820
	de yeso	1000-1500	----	0.698

Piedra

" de granito	[1,9]	2630-2643	0.775	2.790	
	[3]	2600-2700	0.840	----	
	[6]	----	----	1.73-3.90	
	[10]	3070	0.880	----	
	[10,39]	2450-2547	0.837	----	
	[13]	2400-2700	----	----	
	[17]	2600	0.820	2.300	
	[18]	2700	1.030	1.920	
	[21]	2800	0.840	3.350	
	[27]	2400	0.840	----	
	[31]	2400-3200	----	----	
	[36]	2800	----	2.900	
	[40]	----	----	1.775	
	[42]	2640-2760	----	2.420	
	[48]	2640	0.820	1.73-3.98	
	[51]	2600	0.790	3.400	
	" caliza	[1,9]	2500-2850	----	----
		[3,4]	1650	0.908	----
		[10,39]	2355-2480	0.908	----
[11]		2400	----	2.2	
[12]		----	----	2.330	
[13]		2680-2760	----	1.190	
[17]		2100-2860	0.921	----	
[21]		2500	0.900	1.26-1.33	
[27]		1650	0.909	0.930	
[31]		2500	0.910	1.530	
[36]		2480-2595	0.908	0.692-.706	
	2800	----	1.740		

Piedra arenisca	[1]	2200-2500	----	----
	[2]	1800	----	----
	[9]	2000-2200	----	----
	[10]	2290	0.921	1.32
	[13]	2140-2360	0.620	----
	[27]	2260	----	1.32
	[35]	2600	----	0.920
	[41]	2160-2306	----	----
rangos	arenisca	2000-2600	0.620-0.92	0.92-1.32
	granito	2450-2800	0.775-1.03	1.00-3.98
	caliza	2500-2850	0.795-0.92	0.706-2.30

Pinturas

de esmalte blanco	[4]	1009	----	----
laca negra y pintura de aluminio		1009	----	----
laca negra	[6]	1000	----	0.260

rangos		1009	----	0.260
--------	--	------	------	-------

**Poliestireno
(espuma)**

[6]	29	1.213	0.044
	29-56	"	0.035
	16-32	----	0.035-.04
[12]	----	----	0.042
[20]	16	----	0.036
	32	----	0.033-.035
	80	----	0.035
[26]	29	----	0.036
[28]	----	----	0.036
[31]	30	1.700	0.033
[40]	20	1.420	0.035
[48]	25	1.400	0.035
[51]	80	----	0.038

rangos		16-80	1.21-1.70	0.033-.044
--------	--	-------	-----------	------------

**Poliuretano
(espuma)**

[5,20]	20-48	----	0.0152-.024
	"	----	0.033
	64-128	----	0.0216-.030
	"	----	0.0302-.042
[6]	24-40	1.589	0.0246-.028
[10,39]	70	1.050	0.030
[12]	----	----	0.0209
[26]	16	----	0.0245
[28]	----	----	0.023
[29]	24	1.590	----
[48]	30	1.400	0.0250

rangos		20-128	1.05-1.59	0.021-.033
--------	--	--------	-----------	------------

**Tabique
comun**

[1,9]	1900	----	----
[2]	1500	----	----
[3,4]	1970-2400	0.840	----
[6]	1790	0.829	1.000
	1920	0.795	0.880

		2083	----	1.590
	[10, 39]	1650	0.750-.83	----
		1794	----	----
		1840	----	0.620
		1925	0.835	0.720
	[11]	1280	----	0.578
		1390	----	0.677
		1920	----	0.655
		2080	----	1.600
	[12]	1600	----	0.698-.872
		1800	----	0.930-1.05
	[18]	----	----	0.709
	[21]	1600	0.840	0.690
		2000	----	1.320
		2300	0.960	1.280
	[26]	----	----	0.721
		----	----	1.298
	[27]	----	0.836-.92	0.720
		----	----	0.620
	[29]	1920	0.840	0.726
	[40]	1300	0.920	0.650
		1600	"	1.000
Fire clay	[1]	1201	----	----
(refractario)	[4]	1790	0.830	----
	[6]	1790	0.830	1.000
	[10, 39]	2050	----	----
		2640	0.960	1.000
	[42]	1760-1800	0.837	0.380-.520

rangos	ligeros	1300-1800	0.795-.80	0.581-.93
	pesados	1800-2600	0.829-.96	0.72-1.60

Tabique de barro de barro comprimido (prensado).

	[1]	2250	----	----
	[2]	1800	----	----
	[9]	2250	----	----
	[12]	1000-1200	----	0.465-.58
	[17]	----	0.837	----
	[31]	----	----	1.150
	[36]	1500	----	----
		1900	----	----

rangos		1000-2250	0.837	0.465-1.15
--------	--	-----------	-------	------------

Tezontle

	[1]	1400	----	----
	[2]	1300	----	----
	[9]	1400	----	----

rangos		1300-1400	----	----
--------	--	-----------	------	------

Vidrio y cristal

	[1, 9]	2900-3000	----	----
	[6]	----	0.834	1.760
	[10, 39]	2595	----	----

		2950	----	----
	[12]	2700	----	0.931-1.16
	[13]	2400-2800	----	----
	[17]	2400-2800	0.67-.840	----
	[21]	2700	0.840	0.780
	[28]	2800	0.836	----
	[31]	2600	0.920	0.720
	[36]	----	----	0.755
	[40]	2600	0.840	1.200
	[42]	2700	0.837	0.760
	[48]	2500	0.840	1.100
	[58]	2500-2520	----	----
soda-lime	[4]	2460	0.754	----
	[6]	2470	0.750	1.000
	[10,39]	----	----	0.300-.44
	[27]	2580	0.502-.795	0.712
	[51]	2520	0.660	0.900
borosilicato	[6]	2230	0.840	1.000
	[10,39]	2226	0.787-.854	0.630
		----	0.837	1.400
		2250	0.835	0.980
	[42]	2200	----	1.900
	[51]	2210	0.710	1.100
		2210	1.000	1.400
rangos	vidrios y cristal	2400-3000	0.670-.90	0.720-1.16
	borosilicato	2210-2260	0.710-1.0	0.630-1.40
	soda lime	2470-2580	0.660-.79	0.440-1.00

Yeso y Cal

	yeso	[1]	801	----	----
	cal		849	----	----
yeso y cal		[1,9]	1040-1200	----	----
		[3]	1330	1.090	----
	yeso	[4]	1250	1.084	----
	yeso	[6]	1200	1.080	0.430
	cal		1650	0.909	----
		[10,39]	850-1025	1.080	----
	yeso		1250	----	0.250
	cal		1650	----	0.540
	cal	[13]	1300-1400	----	----
		[21]	1440	0.840	0.480
		[26]	----	----	0.240
		[31]	700	0.840	0.280
	cal	[36]	1000	----	----
	yeso		1250	----	----
		[40]	1200	1.090	0.640
aplanado de yeso		[6]	720	----	0.275
con agregado ligero			720	----	0.294
		[10,39]	800	0.910	0.170
tabla de aplanado		[11]	800	----	0.320
con yeso			800	----	0.450
		[12]	600	----	0.290
			700	----	0.320
			900	----	0.407
			1000	----	0.465
			1200	----	0.581

con agregado	[26]	----	----	0.239
con arena		----	----	0.810
	[27]	740-840	----	0.310-.410
		839-740	1.083	0.255-.334
		990	----	0.250
rangos	yeso y cal	850-1440	0.804-1.09	0.240-0.64
	aplanados	600-1200	0.910-1.08	0.170-0.58

**PROPIEDADES ÓPTICAS DE MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN ENCONTRADOS EN LA LITERATURA**

MATERIAL	referencia	transmitancia	reflectancia	absortancia
		τ %	ρ %	α %
Acero				
colado	[13] (SOL)	----	----	20
	[21] (SOL)	----	----	94
	(NIR)	----	----	21
	[23] (SOL)	----	80	----
hoja sin oxidar	[25] (SOL)	----	72-76	----
	[31] (SOL)	----	57	43
rangos (SOL)		----	57-80	20-43
"	(fierro colado)	----	----	94
"		----	----	21

Acrilico				
claro (3mm)	[3] (VIS)	92-93	----	----
claro	[6] (SOL)	85	----	----
	(VIS)	92	----	----
claro (3mm)	(SOL)	82	----	----
	(VIS)	88	----	----
rangos (SOL)		82-84	----	----
(VIS)		88-93	----	----

Agua				
	[21]	----	0.03- 40	----
rangos (SOL)		----	0.03- 40	----

Aluminio				
brillante	[6] (SOL)	----	----	30-50
"	"	----	----	40-65
pulido	"	----	----	10-40
hoja	"	----	80-95	----
pulido	"	----	75-84	----
lamina pulida	[10] (SOL)	----	92-97	----
" sucia	(SOL)	----	80-95	----
	[13] (SOL)	----	----	15
aluminio puro (nuevo)	[14] (SOL)	----	91	9-10
expuesto un ano al sol		----	85	----
sup. pulida	[21] (SOL)	----	----	15
	(NIR)	----	----	4
brillante	[23] (SOL)	----	85	----
"	"	----	----	40-65
pulido	"	----	----	10-40
hoja	"	----	80-95	----

pulido	"	----	75-84	----
hoja pulida	[31] (SOL)	----	91	9
aluminio oxidado	"	----	85	15
	(NIR)	----	92	8
aluminio pulido	[40] (SOL)	----	----	10-40
lamina nueva	"	----	----	40-65
lamina sucia	"	----	----	70-90
pulido	[42] (SOL)	----	----	10
laminado	"	----	----	20
muy pulido	[47] (SOL)	----	----	10
pulido	"	----	----	20
aluminio oxidado	[48] (SOL)	----	80	----

rangos:

pulido y nuevo	(SOL)	----	85-97	9-40
" " "	(NIR)	----	92	4-8
vieja y oxidada	(SOL)	----	80-95	40-90

Arcilla

arcilla seca	[23] (SOL)	----	23	----
" humeda	"	----	16	----
	[47] (SOL)	----	----	39

rangos:

seca	(SOL)	----	23	----
hume	(SOL)	----	16	----

Arena

oscura seca	[21] (SOL)	----	14	----
" humeda "	"	----	9	----
arena amarilla	"	----	35	----
" blanca "	"	----	34-40	----
" de rio	"	----	43	----
arena amarilla	[23] (SOL)	----	35	----
" blanca	"	----	60	----
" de rio	"	----	43	----
" humeda	"	----	9	----
arena humeda	[31] (SOL)	----	10	90

rangos:

amarilla, blanca y de rio secas	(SOL)	----	34-60	90
oscura seca	"	----	14	----
" humeda	"	----	9	----

Asbestos

viejo	[23] (SOL)	----	25	----
blanco nuevo	"	----	39	----
lamina	[31] (SOL)	----	96	4
asbesto-cemento 1 ano	"	----	29	71
	(NIR)	----	5	95
laminas nuevas	[40] (SOL)	----	----	45-60
laminas sucias	"	----	----	70-80

rangos:

laminas nuevas	(SOL)	----	39-96	45-60
" viejas y sucias	"	----	25-29	70-80
laminas nuevas	(NIR)	----	5	95

Asfalto			
asfalto negro desgastado	[6] (SOL)	----	85-98
"	"	18	----
"	[21] (SOL)	----	90
"	(NIR)	----	90
nuevo pavimento	[23] (SOL)	----	9
"	"	15	----
pavimento	[25] (SOL)	13-16	----
"	[31] (SOL)	5	95
"	[47] (SOL)	----	93
"	[48] (SOL)	10	----

rangos:			
nuevo	(SOL)	----	9-16
viejo y desgastado	"	----	18
nuevo	(NIR)	----	90

Bloque de cemento			
de arcilla color morado	[23] (SOL)	----	18
de concreto	"	----	35
de concreto color cafe	"	----	15

rangos:			
de concreto sin color	(SOL)	----	35
morado y cafe	"	15-18	----
rojo	"	33	----

Concreto			
andador de concreto	[6] (SOL)	----	65-80
"	[25] (SOL)	18-25	----
"	[31] (SOL)	32	68
concreto claro	"	42	58
"	[40] (SOL)	----	65-70

rangos			
	(SOL)	----	18-42
			65-80

Hierro			
pulido	[6] (SOL)	----	40-65
"	"	70-80	----
galvanizado pulido	[10] (SOL)	70-80	----
fierro colado	[14] (SOL)	44	----
"	[21] (SOL)	----	94
"	(NIR)	----	21
FIERRO GALVANIZADO:			
galvanizada nueva	[23] (SOL)	35	----
" sucia	"	8	----
nuevo	[31] (SOL)	35	65
oxidado	"	20	80
oxidado	"	10	90
"	(NIR)	72	28
lamina nueva	[40] (SOL)	----	40-65
lamina sucia	"	----	70-90
pulido	[47] (SOL)	----	36
muy pulido		----	75
rangos:			

fierro	(SOL)	----	44	94
	(NIR)	----	----	21
galv. nuevo	(SOL)	----	35	40-65
" muy pulido	(SOL)	----	70-80	----
" sucio y oxidado	(SOL)	----	8-20	70-90
	(NIR)	----	72	28

Maderas

	[6](SOL)	----	5-15	----
en general	[10](SOL)	----	5-15	----
en general	[23](SOL)	----	22	----
de pino	[25](SOL)	----	26-30	----
de pino	[31](SOL)	----	10	90
clara en general	"	----	30	70
	(NIR)	----	5	95

rangos: en general	(SOL)	----	5-30	70-95
	(NIR)	----	5	95
de pino	(SOL)	----	10-30	70-90

Morteros

aplanado blanco	[4](NIR)	----	----	7
aplanado	[6](SOL)	----	----	30-50
	"	----	5-15	----

rangos: aplanado	(SOL)	----	5-15	30-50
------------------	-------	------	------	-------

Pasto

verde	[21](SOL)	----	26	----
verde muy denso	"	----	18-20	----
verde	[23](SOL)	----	26	----
" humedo sin rad. directa	"	----	14-26	----
" humedo con "	"	----	33-37	----
seco	"	----	15-25	----
seco sin rad. directa	"	----	19-22	----
hierba seca	[31](SOL)	----	30	70
	[47](SOL)	----	----	70-80

rangos:

hierba seca	(SOL)	----	30	70
pasto verde seco	"	----	15-26	----
pasto verde humedo	"	----	14-26	----

Piedra y roca

	[6](SOL)	----	----	50-70
	[21](SOL)	----	12-15	----
caliza	[23](SOL)	----	40-64	----
granito(rojizo)	"	----	45	----
pared de caliza gris	[25](SOL)	----	18	----
" " caliza blanca	"	----	40	----
caliza	[31](SOL)	----	43	57
	(NIR)	----	5	95

rangos:

en general	(SOL)	----	12-15	50-70
caliza	"	----	40-64	36-60
"	(NIR)	----	5	95

Pinturas y lacas

color verde,rojo,

cafe, etc.	[6] (SOL)	----	----	65-80
sup. pintadas de blanco	"	----	----	23-49
negra	"	----	----	85-98
de aluminio	(SOL)	----	30-70	----
en general	"	----	5-15	----
blanca	[13] (SOL)	----	----	25
crema claro	"	----	----	35
amarillo claro	"	----	----	45
verde claro	"	----	----	50
gris	"	----	----	75
negro mate	"	----	----	97
pintura negra	[14] (SOL)	----	----	98
blanca acrilica	"	----	----	26
laca negra	[21] (SOL)	----	----	96
	(NIR)	----	----	95
pinturas blancas varios	(SOL)	----	----	12-16
	(NIR)	----	----	90-95
aluminio o bronce	[23] (SOL)	----	46	----
de aceite color crema	"	----	70	----
" verde " "	"	----	50	----
de color crema	[25] (SOL)	----	75	----
" " amarillo	"	----	65	----
" " verde claro	"	----	60	----
negra	"	----	6-8	----
pintura blanca	[31] (SOL)	----	80	20
verde claro	"	----	52	48
	(NIR)	----	5	95
crema	(SOL)	----	59	41
negra	"	----	7	93
negro mate	"	----	3	97
	(NIR)	----	5	95
de aluminio nueva	"	----	80	20
	(NIR)	----	45	55
" " vieja	(SOL)	----	50	50
de bronce	"	----	50	50
color gris	(SOL)	----	25	75
	(NIR)	----	5	95
con alquitran	[40] (SOL)	----	----	85-98
con pigmentos metalicos	"	----	----	30-50
negra vinilica	[42] (SOL)	----	----	93
" de silicon	"	----	----	89
gris " "	"	----	----	53
blanca	"	----	----	26
de aluminio	[47] (SOL)	----	----	55
de aceite: verde claro	"	----	----	50
" " gris claro	"	----	----	75
" " negra	"	----	----	90
blanca	[48] (SOL)	----	70	----
negro mate	"	----	4	----
rangos:				
DE COLOR:	(SOL)	----	----	----
verde	"	----	50-60	40-60
crema (vinilica)	"	----	35-59	41-65

"	"	(de aceite)	----	70-75	25-30
amarillo	"	"	----	45-65	35-55
gris	"	"	----	25-47	53-75
"	"	(NIR)	----	5	95
blanca	"	(SOL)	----	70-80	20-26
negra	"	"	----	3-8	92-97
"	"	(NIR)	----	5	95
con pigmentos metalicos	"	(SOL)	----	40-80	20-50

Tabique

rojo	[6]	(SOL)	----	----	65-80
rojo	[21]	(SOL)	----	----	75
"	"	"	----	----	93
rojo	[23]	(SOL)	----	32	----
de arcilla color crema	"	"	----	64	----
pared (tabique rojo)	[25]	(SOL)	----	30	----
"	"	" obscuro	----	20	----
tabique y ladrillo					
rojo	[31]	(SOL)	----	44	56
ladrillo rojo	"	"	----	23-30	70-77
ladrillo y tabique	[40]	(SOL)	----	----	65-80
"	[47]	(SOL)	----	----	75
de color obscuro	[48]	(SOL)	----	20	----
"	"	claro	----	60	----
blanco	"	"	----	75	----
rangos:					
tabique rojo		(SOL)	----	20-44	56-80
tabique de arcilla color crema		"	----	64	36

Teja

roja	[6]	(SOL)	----	----	65-80
"	[23]	"	----	33	----
"	[31]	"	----	32	68
de concreto color	[47]	(SOL)	----	----	73
cafe obscuro	"	"	----	----	91
negro	"	"	----	----	91
"	[48]	(SOL)	----	35	----

rangos:

roja	(SOL)	----	32-35	67-68
------	-------	------	-------	-------

Vidrio y cristal

vidrio flotado (3mm)	[3]	(VIS)	84	----	----
vidrio claro (3mm)	[6]	(SOL)	86	5-15	----
"	"	(6mm)	78	5-15	----
opaco	"	(3mm)	64	----	----
"	"	(6mm)	46	----	----
cristal flotado (3mm)	"	(VIS)	86-91	5-15	----
gris (filtrazol de 3mm)	"	"	31-71	----	----
"	"	" 6mm	52	----	----
bronce (vitrosol de 6mm)	"	"	49	----	----
vidrio comun	[11]	"	86	8	6
de (6mm)	"	"	77	8	15
cristal comun	[18]	(VIS)	87	----	----

crystal absorente al calor		41	----	----
a incidencia normal [25] (VIS)				
vidrio comun AM1.2	"	92	----	----
" " am3.8	"	89	----	----
crystal de 6mm (<0.01% Fe2 O3)		98	----	----
vidrio absorbente al calor de 6 mm		20-46	----	----
vidrio en general (SOL)		----	5-15	----
vidrio (3mm)		90	----	----
vidrio comun [40] (SOL)		85	8	7
absorbente claro	"	52	7	41
vidrio claro de 6mm [48] (SOL)		76	----	----
opaco de 6mm		52	----	----
" " 10mm		42	----	----
crystal flotado [53]				
claro (3mm) (VIS)		97	----	----
" (3mm) (NIR)		87	----	----
" (6mm) (VIS)		92	----	----
" (6mm) (SOL)		83	----	----
tipo filtrosol (3mm) (VIS)		67	----	----
" " " (NIR)		73	----	----
tipo vitrosol (6mm) (VIS)		53	----	----
" " " (NIR)		62	----	----
tipo plata (6mm) (VIS)		8	38	----
" " " (NIR)		6	32	----
" bronce oro (6mm) (VIS)		10	21	----
" " " (NIR)		7	24	----
" celeste (6mm) (VIS)		30	15	----
" " " (NIR)		21	14	----
florentino concha y gota de agua				
color claro (3.5mm) (VIS)		84-87	----	----
tapiz (3.5mm) (VIS)		88	----	----
concha ambar	"	22-23	----	----
" jade	"	51-57	----	----
" champana	"	70-76	----	----
" agua	"	36-42	----	----

rangos:

vidrio y cristal				
comun de 3 y 6 mm (SOL)		86	5-8	6-15
" " 3 y 6 mmm (VIS)		84-92	5-15	----
opacos a la radiacion				
de 3 y 6mm (SOL)		46-67	5-15	----

Yeso y Cal

[31] (SOL) ---- 80-92 8-20

rangos:

(SOL) ---- 80-92 8-20

Varios

ALBEDO:

areas densamente				
urbanizadas [21]	----	15-25	----	----
sup. reflejantes [29] (SOL)	----	----	----	20
" blancas lisas	----	----	----	25-40
" grises claras y oscuras	----	----	----	40-50
" verdes, rojas y cafes	----	----	----	50-70

"	cafe y azul obscuro	----	----	70-80
"	azul obscuro y negras	----	----	80-90
nieve	[31] (SOL)	----	89	11
superficies oscuras	[40] (SOL)	----	----	65-80
superficies claras	"	----	----	25-50
tierra oscura seca	"	----	13	----
"	" humeda	----	8	----

MATERIAL		referencia	Temperatura	Emitancia
			°C	ε
		TIPO DE EMITANCIA		%
Acero				
oxidado	[4]	Total Normal	10-38	85-95
pulido o galvanizado			"	20-30
galvanizado			----	25
templado			----	12
	[13]	Total	90	95-98
oxidado			50	88
colado pulido			750-1050	52-56
pulido	[21]	Total Normal	100	7
templado			230	20
con herrumbre			20	61
oxidada			24	80
galvanizado	[25]		----	90
hoja de acero galvanizado oxidada			----	28
hoja nueva y limpia			----	13
pulido	[27]		38-538	7-14
rugoso			38-370	94-97
oxidado			----	79
	[31]		----	45
	[41]	Normal	----	3
hoja pulida	[46]	Total	-17-150	8-14
templado pulido			260	27
oxidada			21	81
rangos:				
Acero pulido			10-540	7-30
" oxidado o con herrumbre			10-50	61-95

Acrílico				
mica	[27]		93	84
	[41]	Normal	38	75
mica	[46]	Total	38	75
rangos:				
			38-93	75-84

Agua				
	[10]		21	90-92
	[21]	Total Normal	0-100	95-96
	[24]	Total Normal	0-100	95-96
	[25]		----	95-96
	[27]	Total Normal	21	95-90

a 0.1mm de prof.	[41]Normal	38	96
profunda	[46]Total	0-100	96
rangos:		0-100	90-96

Aluminio

	[4] Total Normal	10-38	2-4
hoja	----	----	12
muy pulido	[10]	230-580	4-6
pulido		23	4
rugoso		26	5-7
	[13]Total	----	8
muy pulido		50-500	4-6
sup. rugosa		20-50	6-7
muy oxidado		55-500	20-30
	[14]Hemisferica Total	23	84
		210	72
muy pulido	[21]Total Normal	227-565	4-6
lamina comercial		100	9
muy oxidado		148-504	20-31
placa muy pulida	[24]Total Normal	226	4
placa pulida		23	4
placa rugosa		25	5
muy pulido	[27]Total Normal	227	4-6
pulido		38-540	4-6
pulido		38	3-6
con superficie rugoso		25	6-7
oxidado		38	10-12
pulido	[31]	----	8
oxidado		----	15
lamina pulida	[41]	----	5
" brillante		----	4
	[47]Normal	50	11
rangos:			
en hoja normal		10-100	2-12
muy pulido		23-500	3-6
oxidado		38-500	10-30
rugoso		20-50	5-7

Arena

blanca	[3]	blanca	----	84
"	seca	seca	----	90
blanca	[25]		----	84
seca			----	90
mojada			----	95
rangos:				
			----	84-95

Asbestos

fieltro	[3]	----	50
asbesto cemento		----	96
pizarra		----	96
	[10]	40-370	93-95
tabla	[13]Total	20	96
tabla	[21]Total Normal	23	96
tabla	[24]Total Normal	23	96
tabla	[25]	----	96

pizarra		----	96
tabla	[27] Total Normal	38	96
asbesto cemento	[31]	----	95
tabla	[46] Total	38	96
rangos:			
pizarra		---	96
tabla		20-38	96
asbesto-cemento		---	95-96

Asfalto			
pavimento	[6] Total Normal	10-38	90-98
pavimento	[27] Total Normal	solar	93
	[47] Normal	50	90
rangos:			
Pavimento de asfalto		10-50	90-98

Concreto			
rugoso	[3]	----	97
		----	88
	[4] Total Normal	10-38	85-95
	[25]	----	88
superficie rugosa		----	97
	[27]	----	65
	[31]	----	58
	[41] Total	38	94

rangos:			
		10-38	58-95

Hierro

oxidado	[4] Total Normal	10-38	85-95
galvanizado		"	20-30
colado		----	44
forjado		----	94
forjado pulido	[10]	40-250	28
en hoja lisa		200	55
muy oxidado		40-250	95
FIERRO GALVANIZADO brillante		28	23
" " oxidado		24	28
fierro colado pulido	[13] Total	----	25
" " oxidado		200	64
" " muy oxidado		40	95
" " con herrumbre		25	65
fierro	[14] Hemisferica Total	2	7
		195	11
pulido	[21] Total Normal	427	14
colado		22	44
galvanizado oxidado	[25]	----	28
" limpio y nuevo		----	13
	[27] Total Normal	28	23
brillante		38	6-10
sucio		solar	90
galvanizado		solar	54
" no brillante		38	20-30
galvanizado nuevo	[31]	----	28
" oxidado		----	65

puro pulido	[41]Normal	93	6
con herrumbre		20	61
colado brillante		93	21
" oxidado		93	61
rangos:			
Hierro y fierro galvanizado		2-93	6-30
Fierro colado y forjado		10-250	20-55
Fierro galv. oxidado o con herrumbre		20-200	61-95
Fierro colado y forjado sucio y oxidado		10-250	85-95

Maderas

roble	[3]	----	90
roble sup. cepillada	[24]Total Normal	21	89
	[25]	----	90
en general	[27]Total Normal	38	83-92
madera clara	[31]	----	95
pino		----	90
roble	[41]Normal	38	90
viruta	[46]Total	38	75
roble sup. cepillada		21	90
rango:			
En general		21-38	89-90
Roble y pino		38	83-95
viruta		38	75

Morteros

aplanado	[3]	----	91
aplanado blanco	[4] Total Normal	10-38	85-95
aplanado rugoso		----	91
mortero y aplanado	[41]Normal	20	93
aplanado	[46]Total	38	91

rangos:

10-38 85-95

Pasto

verde	[3]	----	98
seco		----	90
verde humedo	[25]	----	98
seco		----	90

rangos:

Pasto verde		----	98
" seco		----	90

Piedra y roca

	[4] Total Normal	10-38	85-95
caliza		----	36-90
granito	[25]	----	44
	[31]	----	95
piedra caliza	[41]Normal	38	95
piedra arenisca	[46] Total	38-260	83-90

rangos:

En general		10-38	85-95
Caliza y granito		38	44-90
Arenisca		38-260	83-90

Pinturas y lacas

pintura blanca	[3]	----	91
de aceite verde		----	90
" " gris		----	95
" " roja		----	90
rojo, cafe y verde	[4] Total Normal	10-38	85-95
negra		"	90-98
crema claro		"	85-95
color aluminio y bronce		"	40-60
superficie pintada de blanco		"	92
laca blanca		----	80
laca negra en sup. rugosa		----	91
barniz negro		----	91
laca negra brillante	[10]	21	87-91
pintura de esmalte blanco		"	"
pintura de aluminio	[13] Total	----	55
" " bronce		----	80
" verde		----	95
" gris		----	95
" negro brillante		----	90
laca blanca		----	95
barniz negro opaco		40-100	96-98
" " brillante		20	87
pintura negra	[14] Hemisferica Total	189	98
acrilica blanca		25	90
laca negra brillante	[21] Total Normal	24	87
barniz negro brillante sobre acero		21	82
barniz negro mate		75	91
laca negra o blanca		38	80-95
pinura color aluminio		100	52
barniz de esmalte	[24] Total Normal	23	91
laca negra brillante		24	88
barniz negro brillante		21	82
laca negro mate		76	91
laca negra y blanca		38	80
pintura de aceite todos los colores		100	92-96
pinturas de aluminio		100	27-67
pintura blanca	[25]	----	91
" de aceite verde		----	90
" " roja		----	90
" " negro mate		----	90
" " gris		----	90
" " negra sobre aluminio		----	88
" blanca sobre fierro		----	90
negra	[27] Total Normal	solar	90
"		38	90-95
verde		"	65-80
blanca		"	55-70
"		solar	30
gris		38	80-90
pintura verde claro	[31]	----	95
" gris		----	95
" de aluminio		----	55
negro mate		----	95
de vinil negra opaca	[41]	----	84

de silicon gris	----	96
" " blanca	----	75
" aluminio	100	20-40
barniz negro mate	80	97
pintura de aceite [46]Total	100	92-96
todos colores		
laca negra	38	96-98
pintura blanca [47]Normal	50	95
" negro mate	50	96
rangos:		
Pinturas: blanca	10-50	87-95
verde	10-38	85-95
gris	38	80-96
roja	----	90
negra	10-180	84-98
color aluminio y bronce	10-100	20-67
laca negra y blanca	21-38	80-95
barniz negro y de esmalte	20-100	82-98

Tabique

rojo	[3]	----	92
rojo	[4] Total Normal	10-38	85-95
color crema		10-38	85-95
comun		----	93
tabique rojo rugoso	[10]	21	92-90
rojo rugoso	[21]Total Normal	21	93
	[25]	----	92
rojo rugoso	[27]Total Normal	solar	70
ladrillo rojo	[31]	----	94
	[41]Normal	20	93
rojo	[46]Total	38	93
color obscuro	[47]Normal	50	90

rangos:

Tabique rojo	10-50	68-95
--------------	-------	-------

Teja

roja	[4] Total Normal	10-38	85-95
roja	[31]	----	68
roja	[47]Normal	50	85
color claro		50	50

rangos:

Teja roja	10-50	68-95
-----------	-------	-------

Vidrio y cristal

	[4] Total Normal	10-38	90
comun		----	84
soda-lime		----	94
	[10]	21	90-92
	[13]Total	20-100	94-91
	[21]Total Normal	22	94
comun sup. lisa	[24]Total Normal	22	94
	[27]Total Normal	22	94
vidrio	[42]Normal	90	94
cristal		20	96

rangos:

Vidrio y cristal	10-38	84-96
------------------	-------	-------

Yeso y cal

	[4] Total Normal	----	90
aplanado de yeso o de cal	[10]	21	87-91
	[13] Total	20	93
yeso de 0.5 mm de espesor	[24] Total Normal	21	90
aplanado de yeso o cal	[24] Total Normal	10-88	91
	[27] Total Normal	21	90
	[31]	----	8
rangos:			
Apianados de yeso y cal		10-38	85-93

Varios:			
NIEVE	[3]	----	82
particulas finas			
" granulada		----	89
MATERIALES DE CONSTRUCCION EN GENERAL	[4] Total Normal	----	90
HIELO		0	95
Nieve particulas	[25]	----	82
particulas finas			
" granuladas		----	89
HIELO	[41] Normal	0	97
en cristales		0	98
HIELO suave	[46] Total	0	97
en cristales		0	98
NIEVE		-6	82

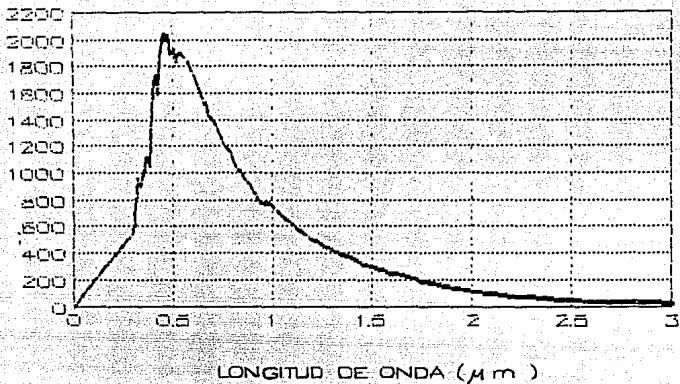
A N E X O

B

TABLAS Y GRAFICAS DE RESULTADOS

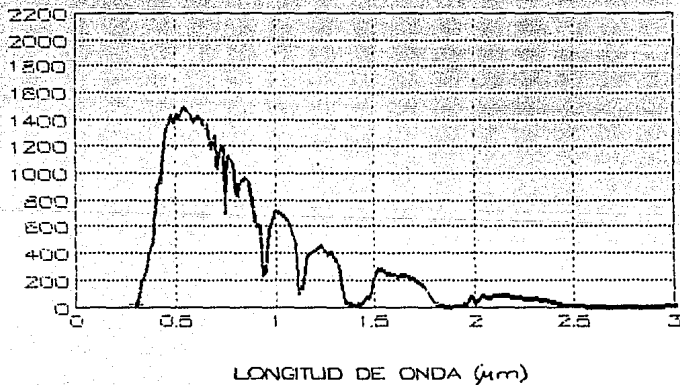
75

IRRADIANCIA (W m⁻²)



Gráfica 1. Espectro solar extraterrestre (AM0).

IRRADIANCIA (W m⁻²)



Gráfica 2. Irradiación solar espectral para una masa promedio (AM2).

TABLA 1
DENSIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

MATERIALES	EXPERIMENTAL		LITERATURA
	RANGO	PROM.	
	Kg./m ³	%	Kg./m ³
ROCAS:			
Piedra de mina.	1866-2560	2250 ⁵⁰	2000-2600
Tezontle (negro y rojo).	1460-1980	1660 "	1300-1400
CONCRETOS Y MORTEROS:			
Concreto simple.	1904-2202	2040 ²²	2100-2400
Block hueco de cemento (ligero).	1086-1209	1180 "	1000-1400
Tablón de cemento (ligero)	1620-2030	1700 "	"
Block hueco y mosaico de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia).	1470-1770	1650 "	1000-2250
Loseta de barro rojo (vitrificado).	1939-2236	2220 "	1800-2250
Azulejo.	1100-1500	1400 "	1800
Mosaico de cemento.	1610-2630	2166 "	2000
Tabique, ladrillo y teja de barro común.	1630-1750	1680 "	1300-1800
Lamina de asbesto.	1640-1835	1730 "	1000-1920
Adobe de Ocotepéc, Morelos.	1120-2215	1900 "	1440-1800
Mortero de yeso y de cal.	1180-1500	1400 "	600-1200
" de cemento-arena.	1904-2060	1975 "	1860-2130
MADERAS:			
Triplay.	520-540	530 ²¹	400-800
Novopan.	640-645	640 "	400-1000
Pino (amarillo).	600-620	610 "	400-710
Cedro (rojo).	380-430	410 "	350-450
Caoba.	400-450	425 "	" "
METALES:			
Lamina galvanizada y metálica No. 14 al 18.	6460-8620	7615 ²⁰	7080-7900
Aluminio.	2490-2620	2550 "	2670-2740
Fierro estructural.	7380-8300	7890 "	7080-7900
VIDRIOS Y ACRILICOS:			
Vidrio.	2000-3090	2625 ²⁶	2400-3000
Cristal.	"	2444 "	" "
Filtrosol (gris) y Vitrosol (bronce).	2516-2815	2695 "	2470-2580
Tipo concha (agua, azul, jade, verde), smbar (café) y champaña.	2000-2190	2190 "	" "
Tapiz y Florentino.	2000-2140	2100 "	" "
Acrílico.	1160-1194	1184 "	1180-1190
VARIOS:			
Concreto ligero (tipo siporex).	535-885	695 ²¹	400-800
Caseton de espuma de poliestireno.	20-29	25 ²	16-80
Espuma de poliuretano.	23-34	27 ²	20-64
Laca seca.			

1.-Las densidades reportadas en esta tabla corresponden a materiales existentes en el area de Cuernavaca Morelos y alrededores, por lo que los resultados no son representativos de todo el estado de Morelos.

2.-El contenido de humedad en materiales fue en un rango de 1.5 a 2.0% para las maderas de 0.50 a 7% para los materiales petreos.

3.-Las densidades fueron medidas a temperatura ambiente y a presión atmosférica constante.

TABLA 2

PROPIEDADES FISICAS Y TERMICAS DE ALCUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

MATERIALES	EXPERIMENTAL		LITERATURA	
	RANGO	PROM.	RANGO	PROM.
	Kg./m ³	%	Kg./m ³	%
VIDRIOS Y ACRILICOS:				
Vidrio común y cristal de 6mm.	2625	226	1.080-1.170	1.118
Filtrosol y vitrosol	2695	226	0.890-1.010	0.950
MADERAS:				
Cedro rojo.	410	211	0.088-0.100	0.070
Pino amarillo.	610		1.171-0.173	0.174
Triplay.	500		0.176-0.178	0.157
Novopan.	640		0.171-0.177	0.176
CONCRETOS Y MORTEROS:				
• Concreto simple	2040	222	0.505-0.730	0.581
• Mortero cal-arena.	1400	222	1.065-1.025	1.079
• Mortero com.-arena	1975	222	0.328-0.495	0.411
Loseta de barro rojo comprimido.			0.160-0.172	0.165
Tabique de barro rojo común.	2220	222	1.160-1.680	1.141
VARIOS:				
Tabique de barro rojo común.	1680	222	0.191-0.330	0.236
Espuma de poliestireno	25	2	0.036-0.051	0.040
Fibra de vidrio.	----		0.034-0.036	0.035

1.-Las proporciones volumétricas de concretos morteros y pastas seleccionados para las muestras se describen con mas detalle en la referencial 1.

2.-La medición de la conductividad termica fue a temperatura ambiente.

3.-El contenido de humedad de las muestras se describen en el pie de pagina de la tabla 1, solo para el caso del mortero cal-arena lo medición se obtuvo con un contenido de humedad del 14%.

4.-El error sistematico del aparato fue de un 4.6%.

TABLA 1
DENSIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

MATERIALES	EXPERIMENTAL		LITERATURA
	RANGO	PROM.	
	Kg./m ³	Kg./m ³	RANGO
			Kg./m ³
ROCAS:			
Piedra de mina.	1866-2560	2250	2000-2600
Tezontle (negro y rojo).	1468-1980	1660	1300-1400
CONCRETOS Y MORTEROS:			
Concreto simple.	1904-2202	2040	2100-2400
Block hueco de cemento (ligero).	1086-1299	1180	1000-1400
Tabique de cemento (ligero).	1620-2030	1780	
Block hueco y mosaico de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia).	1470-1770	1650	1000-2250
Loseta de barro rojo (vitrificado).	1939-2236	2220	1800-2250
Azulejo.	1100-1500	1400	1800
Mosaico de cemento.	1610-2630	2166	2000
Tabique, ladrillo y teja de barro común.	1630-1730	1680	1300-1800
Lamina de asbesto.	1640-1835	1730	1000-1920
Adobe de Ocotepac, Morelos.	1120-2215	1300	1440-1800
Mortero de yeso y de cal.	1180-1500	1400	600-1200
" de cemento-arena.	1904-2060	1975	1860-2130
MADERAS:			
Triplay.	520-540	530	400-800
Novopan.	640-645	640	400-1000
Pino (amarillo).	600-620	610	400-710
Cedro (rojo).	380-430	410	350-450
Caoba.	400-450	425	" "
METALES:			
Lamina galvanizada y metálica No. 14 al 18.	6460-8620	7615	7080-7960
Aluminio.	2490-2620	2550	2670-2740
Fierro estructural.	7380-8300	7890	7680-7900
VIDRIOS Y ACRILICOS:			
Vidrio.	2000-3090	2625	2400-3000
Cristal.	" "	2444	" "
Filtrosol (gris) y Vitrosol (bronce).	2516-2815	2695	2470-2580
Tipo concha; agua (azul), jade (verde), ambar (café) y champaña.	2000-2190	2190	" "
Tapiz y Florontino.	2000-2140	2100	" "
Acrílico.	1160-1194	1184	1180-1190
VARIOS:			
Concreto ligero (tipo siporex).	535-885	695	400-800
Caseton de espuma de poliestireno.	20-29	25 1/2	16-80
Espuma de poliuretano.	23-34	27 1/2	20-64
Laca seca.			

*-Las densidades reportadas en esta tabla corresponden a materiales existentes en el área de Cuernavaca Morelos y alrededores, por lo que los resultados no son representativos de todo el estado de Morelos.

**-El contenido de humedad en materiales fue en un rango de 1.5 a 2.9% para las maderas de 0.50 a 7% para los materiales pétreos.

***-Las densidades fueron medidas a temperatura ambiente y a presión atmosférica constante.

TABLA 2
PROPIEDADES FISICAS Y TERMICAS DE ALGUNOS MATERIALES DE CONSTRUCCION

MATERIALES	EXPERIMENTALES			CONDUCTIVIDAD REPORTEADA
	Kg./m ³	V.M. °C	PROM.	
VIDRIOS Y ACRILICOS:				
Vidrio común y cristal de 6mm.	2625	1.080-1.170	1.118	0.720-1.16
Filtrosol y vitrosol	2695	0.890-1.010	0.950	" "
MADERAS:				
Cedro rojo.	410	0.088-0.100	0.070	0.116-0.13
Pino amarillo.	610	0.171-0.172	0.174	0.100-0.25
Triplay.	530	0.176-0.178	0.157	0.080-0.14
Novopan.	640	0.171-0.177	0.176	0.080-0.20
CONCRETOS Y MORTEROS:				
Concreto simple	2040	0.505-0.730	0.581	0.721-2.33
Mortero cal-arena.	1400	1.065-1.005	1.079	0.740-0.82
Mortero com.-arena	1975	0.328-0.495	0.411	0.541-1.90
Pasta de yeso.		0.160-0.172	0.165	0.698
Loseta de barro rojo comprimido.	2220	1.160-1.680	1.141	0.465-1.15
Tabique de barro rojo común.	1680	0.191-0.330	0.236	0.581-0.93
VARIOS:				
Espuma de poliestireno	25	0.036-0.051	0.040	0.033-0.04
Fibra de vidrio.	----	0.034-0.036	0.035	" "

*-Las proporciones volumétricas de concretos morteros y pastas seleccionados para las muestras se describen con más detalle en la referencial 1.

**.- La medición de la conductividad térmica fue a temperatura ambiente.

***.-El contenido de humedad de las muestras se describen en el pie de página de la tabla 1, solo para el caso del mortero cal-arena la medición se obtuvo con un contenido de humedad del 14%.

****.-El error sistemático del aparato fue de un 4.6%.

TABLE 5
EMITANCIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

MATERIALES	EXPERIMENTAL		LITERATURA %
	RANGO	PROMEDIO X	
ROCAS:			
Piedra de mina.	0.918-0.931	0.925	0.85-0.95
Tezontle (negro y rojo).	0.888-0.923	0.902	" "
CONCRETOS Y MORTEROS:			
Concreto y mortero (acabado pulido).	0.878-0.913	0.901	0.80-0.95
Concreto y mortero (acabado rugoso).	" "	" "	" "
Block hucso de cemento (ligero).	0.888-0.916	0.904	0.85-0.95
Tablón de cemento (ligero).	0.888-0.923	0.905	" "
Block hucso de barro rojo comprimido (tipo Santa Julia).	0.888-0.916	0.904	" "
Loseta de barro comprimido.	0.861-0.911	0.884	" "
Mosaico "	0.871-0.896	0.883	" "
Azulejo y mosaico de pasta de cem.	0.702-0.882	0.790	" "
Tabique, cuarterón de barro comun.	0.919-0.983	0.934	0.85-0.95
Adrillo, teja de barro (nueva).	0.816-0.898	0.887	" "
Lámina de asbesto nueva.	0.910-0.938	0.928	0.90-0.95
Adobe de Ocotepc, Morelos.	0.895-0.920	0.900	" "
Mortero de yeso, de cal y de cemento blanco.	0.919-0.943	0.929	0.85-0.93
MADERAS:			
Triplay.	0.883-0.925	0.906	0.75
Novopan.	0.904-0.914	" "	" "
Pino amarillo.	0.920-0.950	0.935	0.83-0.95
Cedro rojo.	0.882-0.906	0.906	0.89-0.90
METALES:			
Lámina galvanizada y metálica sucia.	0.406-0.516	0.469	0.61-0.95
Aluminio sucio.	0.702-0.812	0.749	0.10-0.30
Lámina galvanizada, aluminio y lámina metálica nuevas.	0.317-0.344	0.327	0.04-0.30
VIDRIOS Y ACRILICOS:			
Vidrio.	0.878-0.895	0.889	0.84-0.96
Cristal.	0.895	0.895	" "
Acrílico.	0.792-0.912	0.835	0.75-0.84
VARIOS:			
Concreto ligero (tipo siporex).	0.661-0.713	0.679	" "
Espuma de poliestireno y poliuretano	0.351-0.413	0.377	" "
Pintura sobre lámina metálica:			
de esmalte color negro mate.	0.926-0.937	0.928	0.84-0.98
" " gris y verde claros.	0.864-0.947	0.904	0.80-0.96
" " blanca, amarilla y marfil	0.840-0.885	0.867	0.87-0.95
vinil-acrílica sobre concreto:			
color blanca, marfil, amarilla, azul	0.860-0.909	0.893	0.87-0.95
oilo y verde marino.			

TABLE 3
PROPIEDADES ÓPTICAS DE MATERIALES TRANSLUCIDOS

MATERIALES	TRANSMITANCIA		REFLECTANCIA		ABSORTANCIA	
	V ₁₂	IR	V ₁₂	IR	V ₁₂	IR
vidrio comun (6 mm)	0.78-0.02	0.69	0.070	0.059	0.122	0.251
cristal	0.83-0.89	0.72	0.021	0.007	0.119	0.273
filtrazol	0.45-0.46	0.76	0.063	0.055	0.482	0.189
vidrosol	0.50-0.51	0.43	0.070	0.053	0.423	0.497
concha agua (1.5 mm)	0.12-0.15	0.14	0.086	0.058	0.779	0.644
concha Ambar	0.12-0.15	0.22	0.011	0.005	0.054	0.054
concha Jade	0.30-0.37	0.43	0.025	0.042	0.335	0.508
concha champaña	0.42-0.46	0.31	0.022	0.010	0.530	0.680
concha y gola	0.43-0.47	0.39	0.030	0.026	0.520	0.594
florantino	0.14-0.17	0.14	0.032	0.028	0.623	0.832
acrílico claro (3mm)	0.83-0.88	0.73	0.140	0.094	0.020	0.176
" (10mm)	0.76-0.81	0.61	0.137	0.103	0.060	0.207

TABLE 4
PROPIEDADES ÓPTICAS DE MATERIALES OPACOS

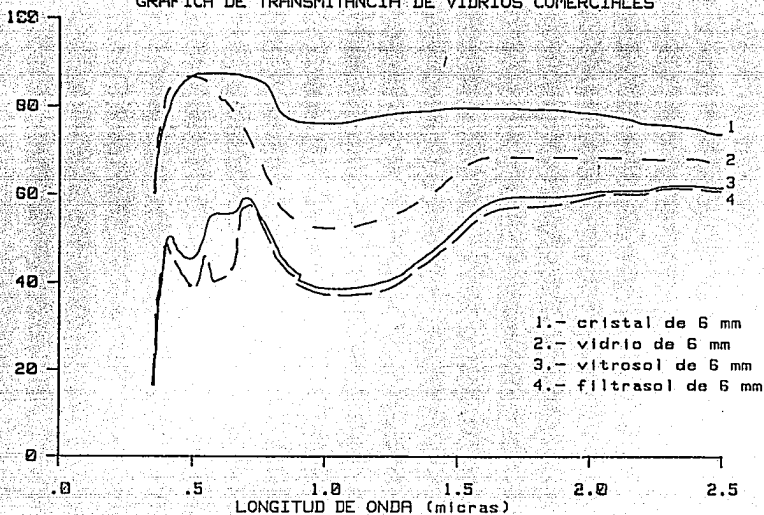
MATERIALES	REFLECTANCIA		ABSORTANCIA	
	V ₁₂	IR	V ₁₂	IR
CONCRETOS Y MORTEROS:				
Concreto simple (rugoso).	0.052-0.11	0.024	0.89-0.95	0.976
Aplanado de cemento (liso).	0.057-0.15	0.028	0.85-0.94	0.972
Block de cemento hucso y tablón de cemento ligero.				
Block hucso de barro rojo y Loseta de barro comprimido.	0.08-0.110	0.045	0.89-0.92	0.955
Tabique, Adrillo y teja de barro comun.	0.08-0.120	0.045	0.88-0.92	0.955
Lámina de asbesto (nueva).	0.08-0.106	0.043	0.91-0.93	0.957
" " 1 año vieja	0.06-0.090	0.037	0.91-0.94	0.963
Adobe de Ocotepc, Morelos.	0.04-0.080	0.024	0.91-0.94	0.963
Aplanados de yeso y de cal.				
MADERAS:				
Triplay y novopan c/barniz.	0.10-0.130	0.055	0.87-0.90	0.945
Triplay y Novopan s/barniz	0.08-0.100	0.045	0.90-0.92	0.955
Pino Amarillo y caoba.	0.08-0.110	0.052	0.89-0.92	0.948
METALES:				
Lámina galvanizada (nueva).	0.22-0.260	0.340	0.74-0.78	0.660
Lámina metálica cal. 14 al 18	0.19-0.330	" "	0.67-0.81	" "
Aluminio (nuevo).	0.340	0.440	0.660	0.560
Aluminio un año vieja	0.230	0.270	0.770	0.730

v.-La transmitancia en el visible (VIS) es de un rango de 0.4 a 0.7 um.
 vv.-La longitud de onda en el infrarrojo (IR) es de 0.7 a 2.5 um.
 vvv.-La reflectancia es especular con un ángulo de incidencia de 5° con respecto a la normal. La absortancia también es a 5° con respecto a la normal.

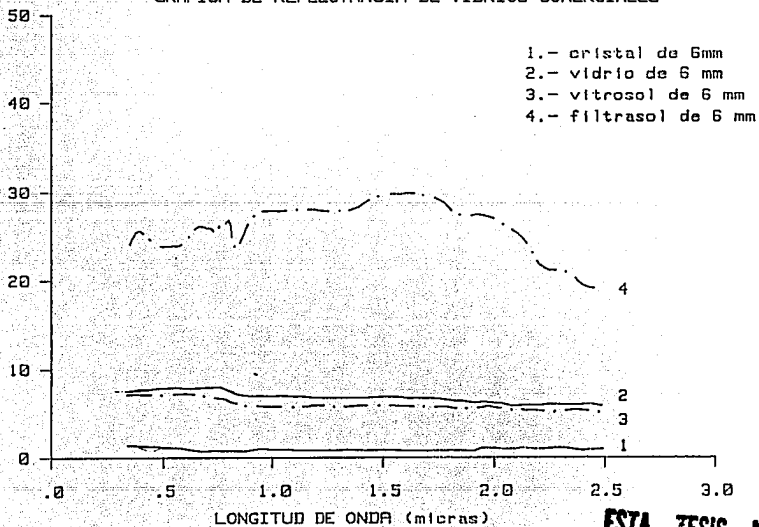
g.- Emitancia normal a temperatura ambiente.

h.- El porcentaje de humedad de las muestras es el mismo que se indica en la tabla 1.

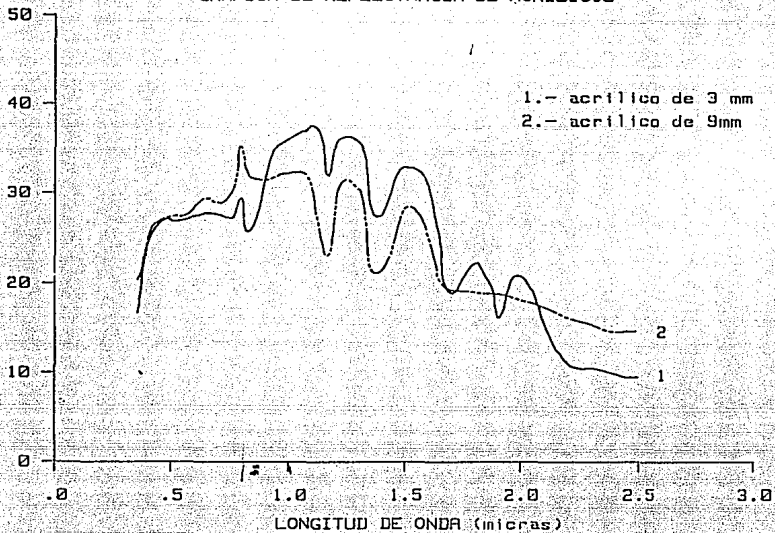
GRAFICA DE TRANSMITANCIA DE VIDRIOS COMERCIALES



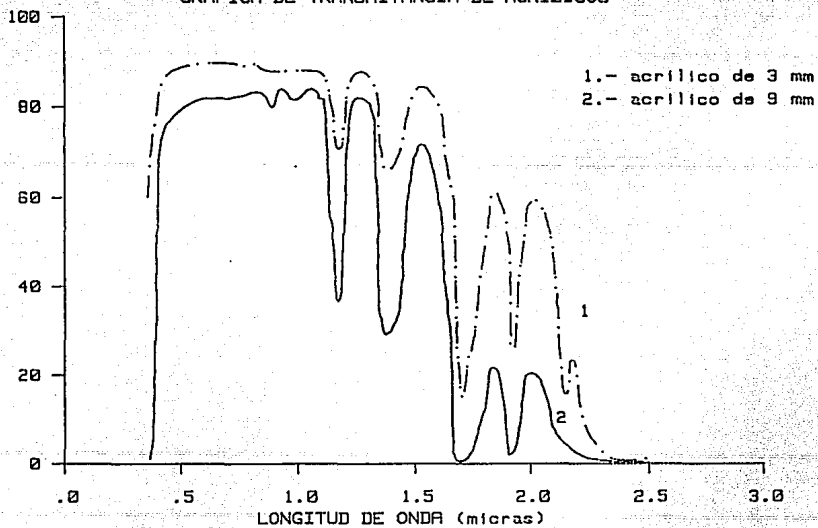
GRAFICA DE REFLECTANCIA DE VIDRIOS COMERCIALES



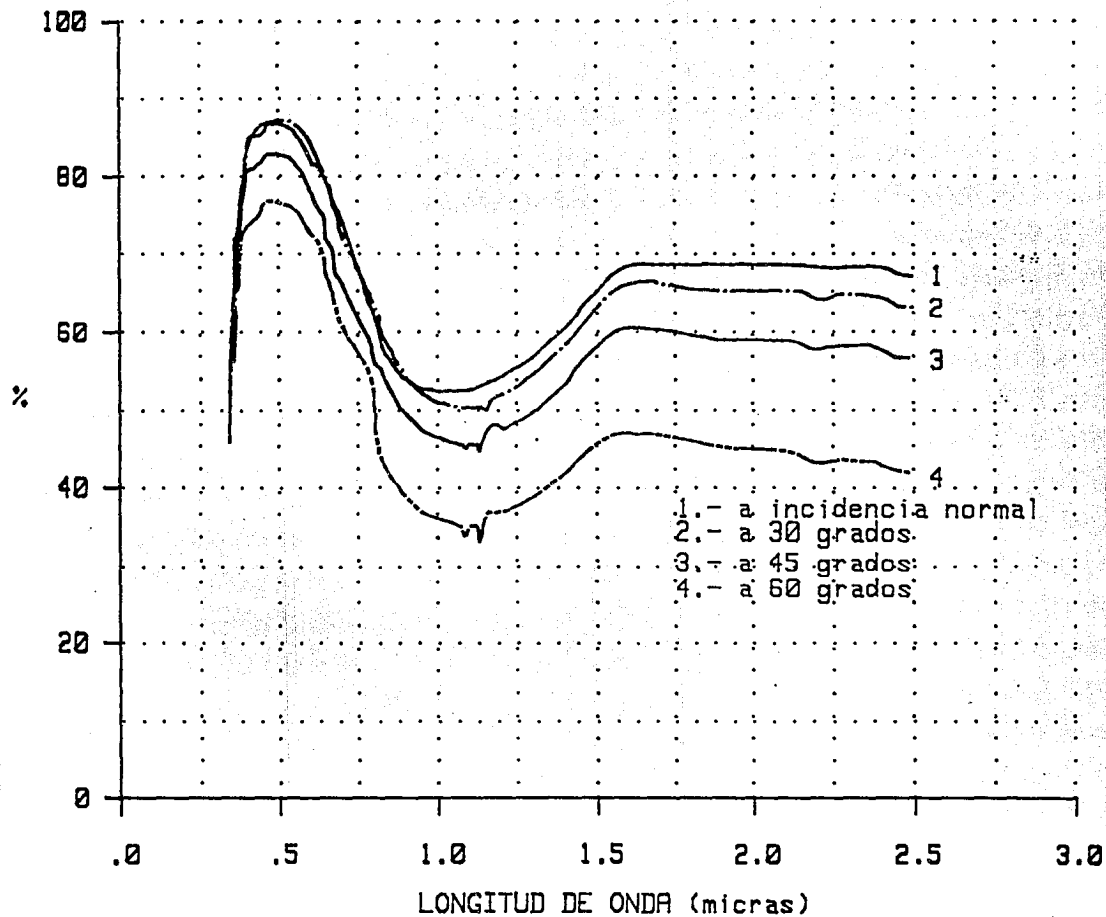
GRAFICA DE REFLECTANCIA DE ACRILICOS



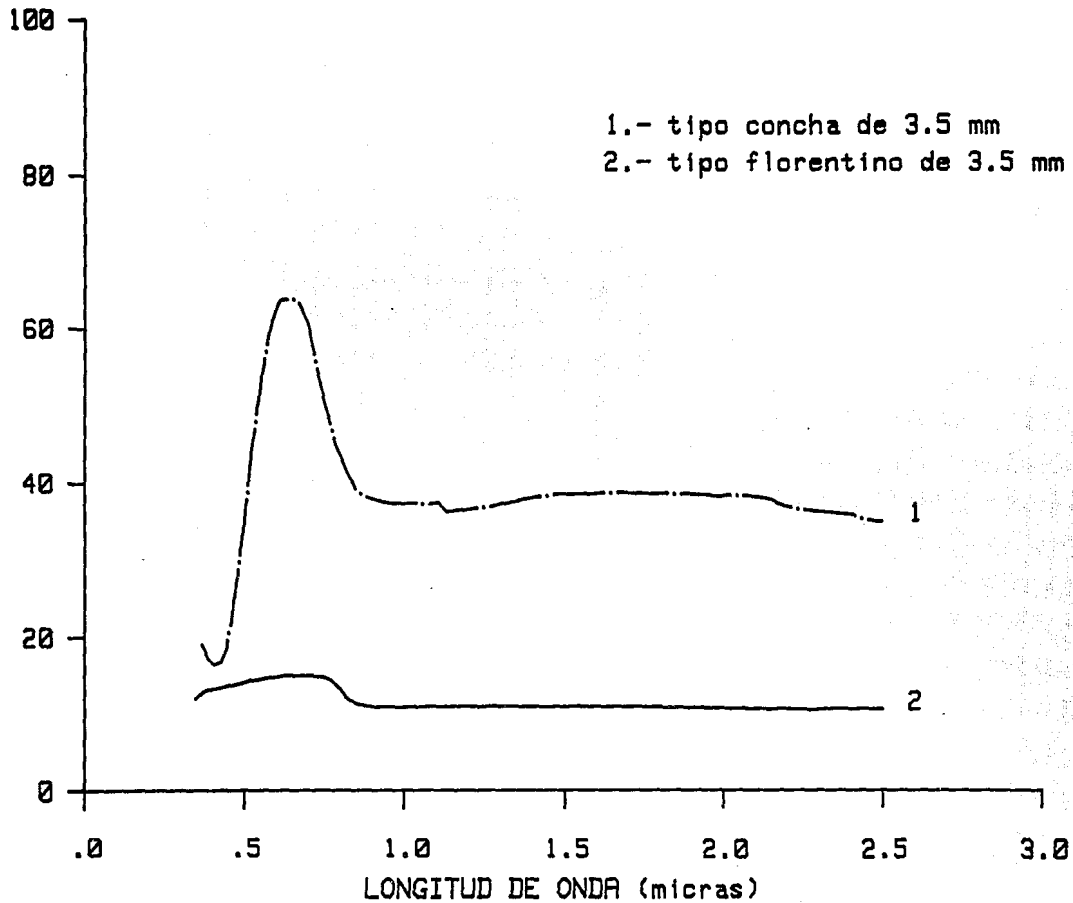
GRAFICA DE TRANSMITANCIA DE ACRILICOS



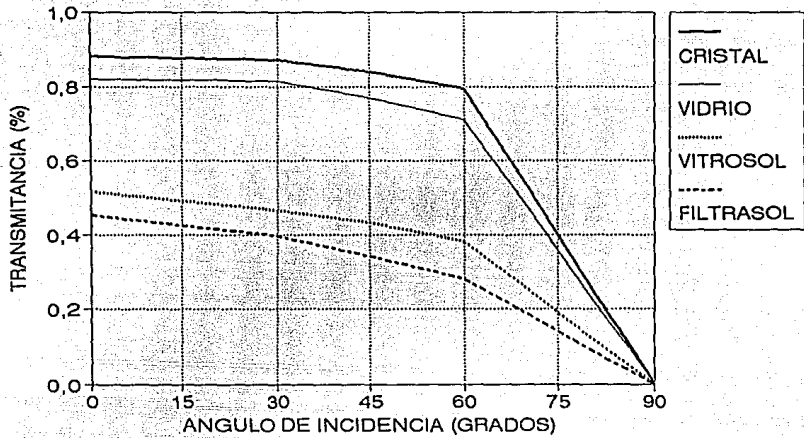
TRANSMITANCIA DEL VIDRIO DE 6 mm



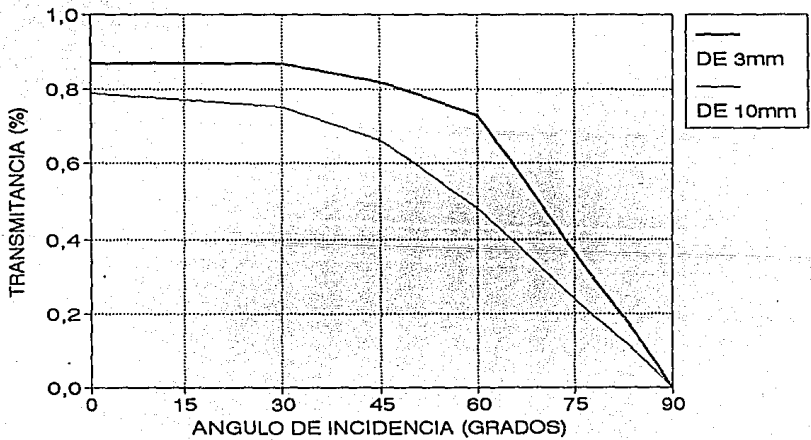
GRAFICA DE TRANSMITANCIA DE VIDRIO IMPRESO



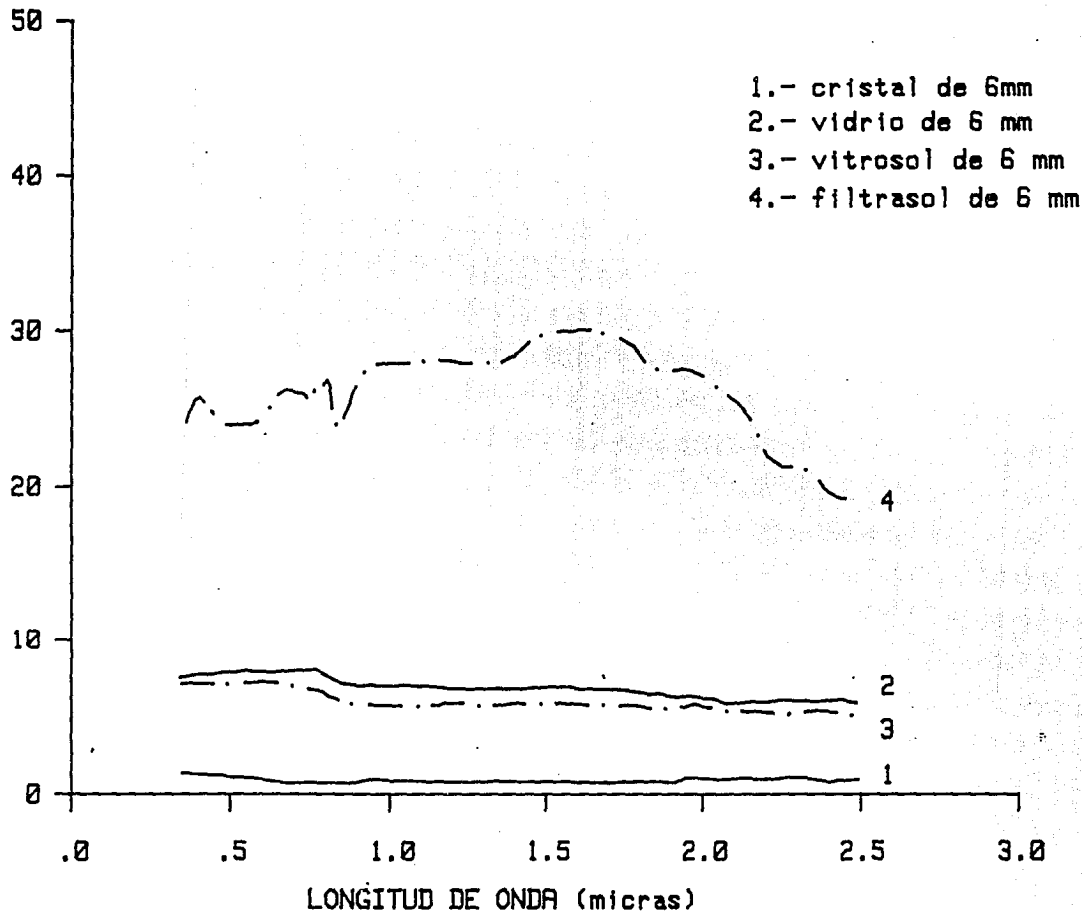
TRANSMITANCIA EXPERIMENTAL DE VIDRIOS DE 6 mm



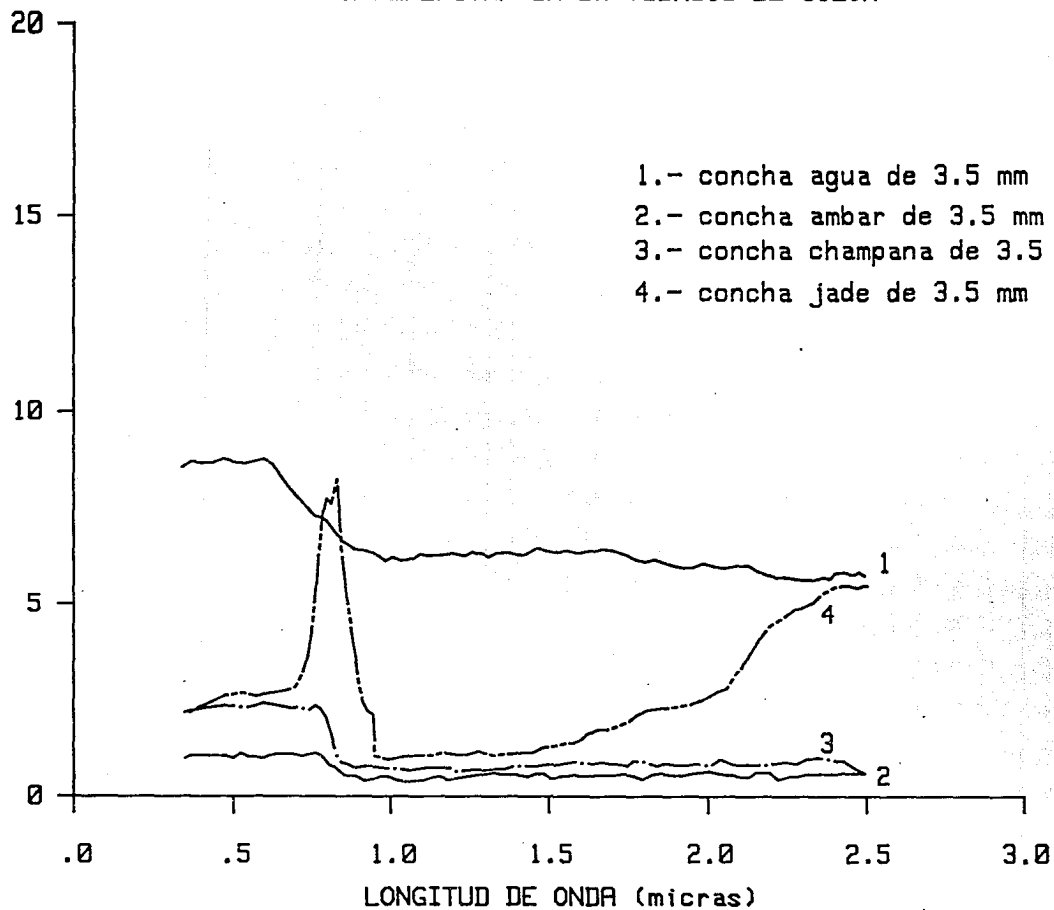
TRANSMITANCIA EXPERIMENTAL DEL ACRILICO CLARO



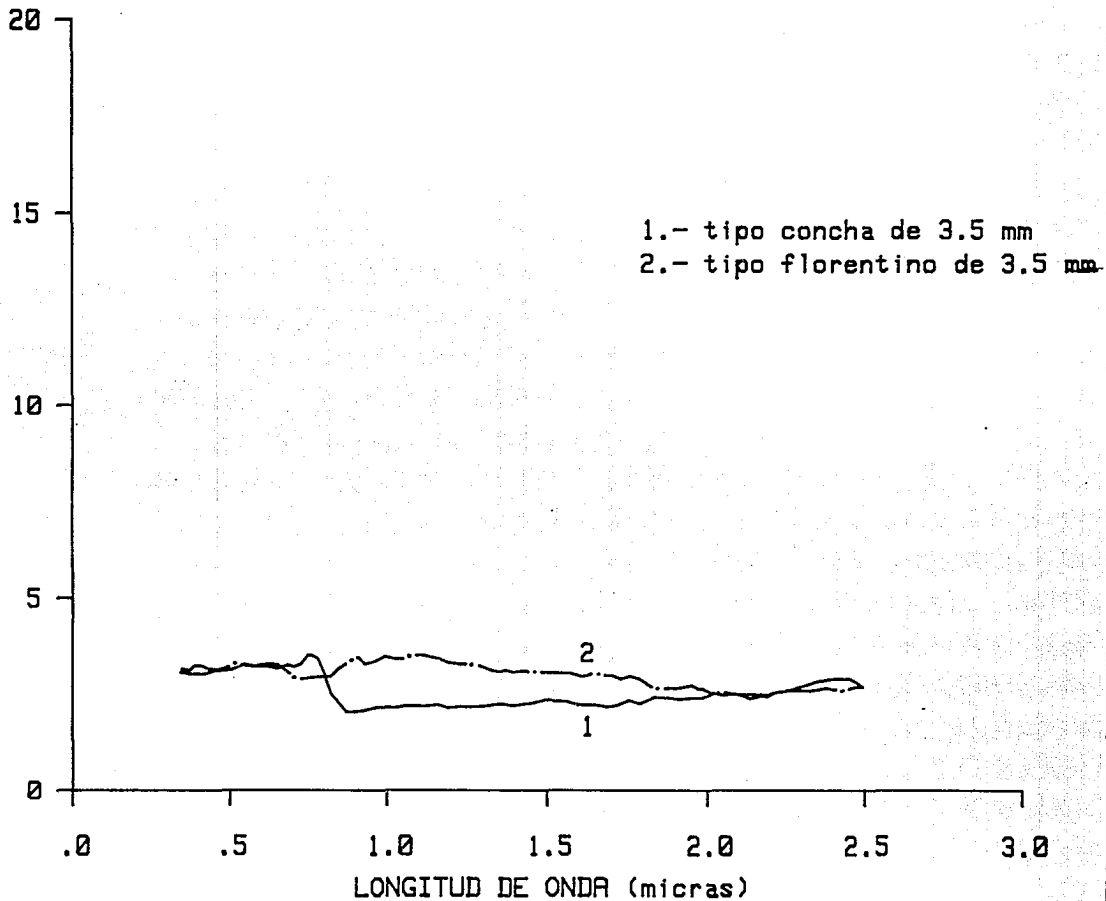
GRAFICA DE REFLECTANCIA DE VIDRIOS COMERCIALES



GRAFICA DE REFLECTANCIA DE VIDRIOS DE COLOR

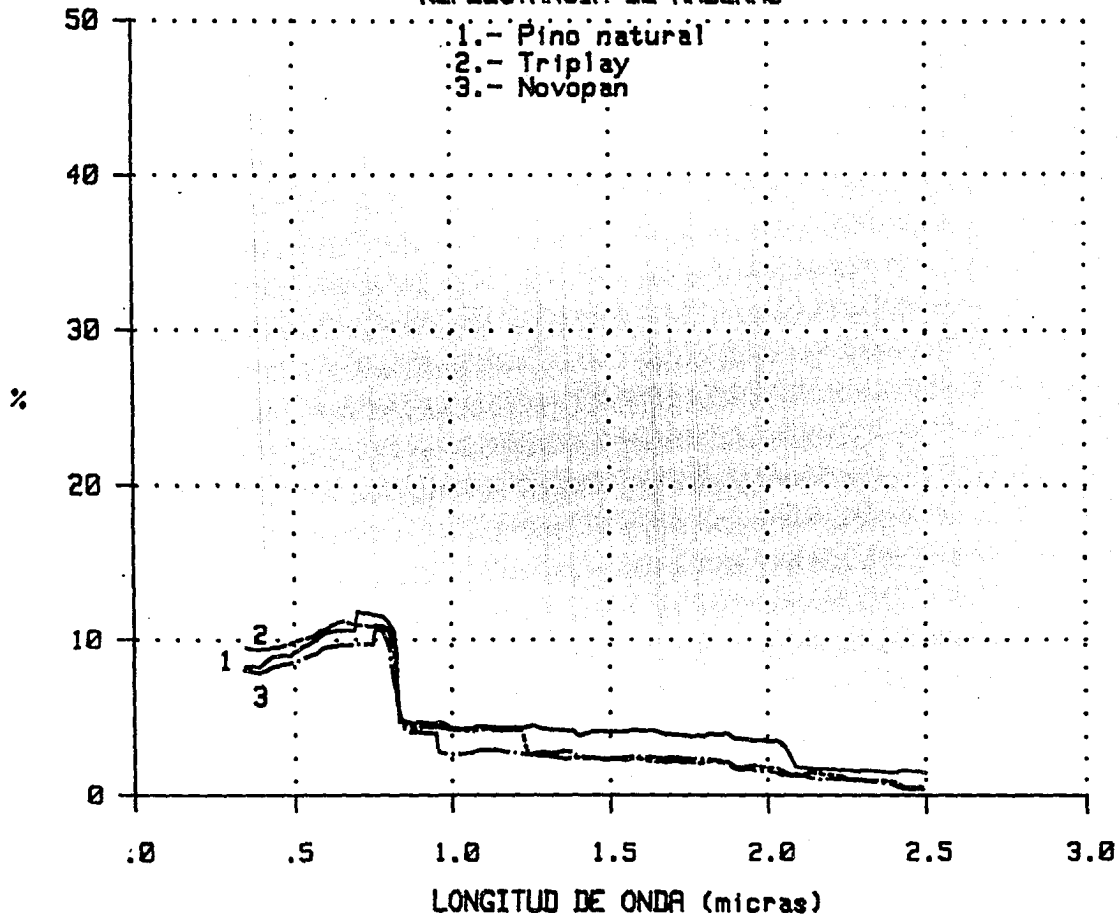


GRAFICA DE REFLECTANCIAS DE VIDRIO IMPRESO



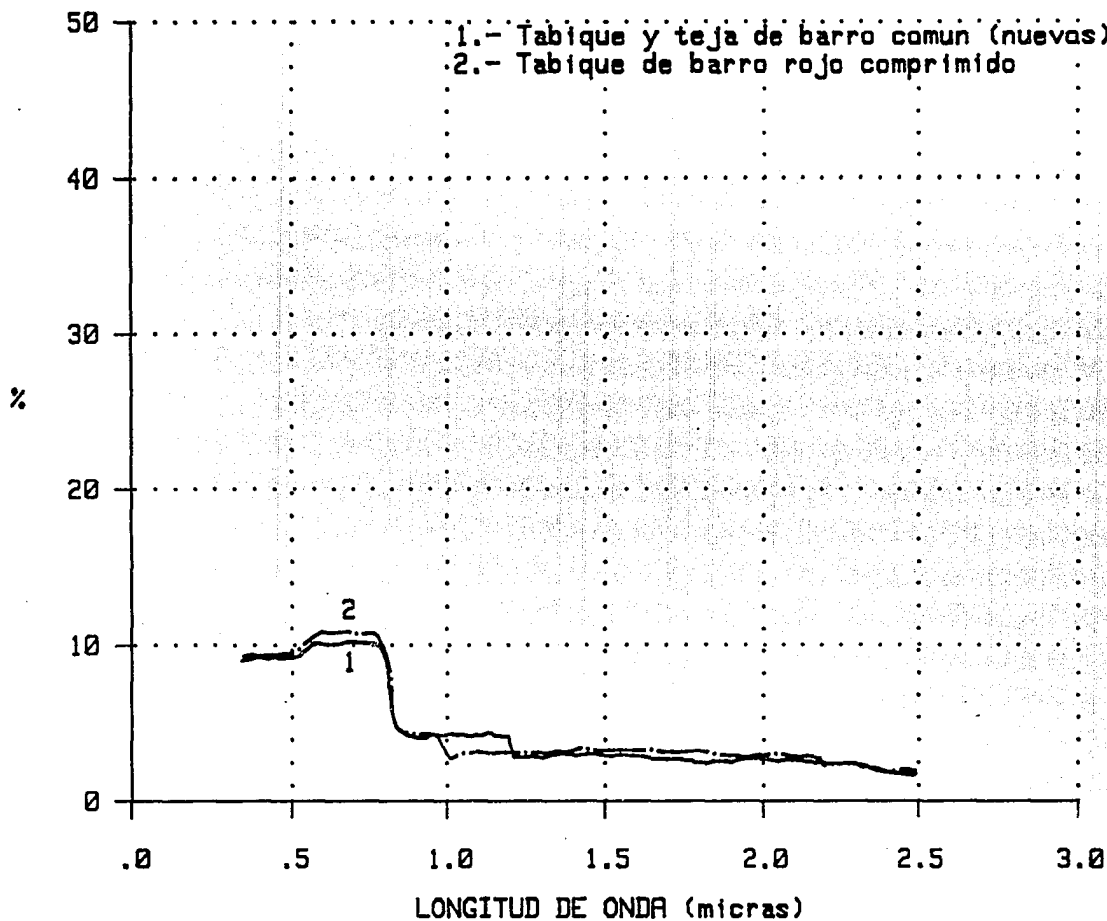
REFLECTANCIA DE MADERAS

- 1.- Pino natural
- 2.- Triplay
- 3.- Novopan



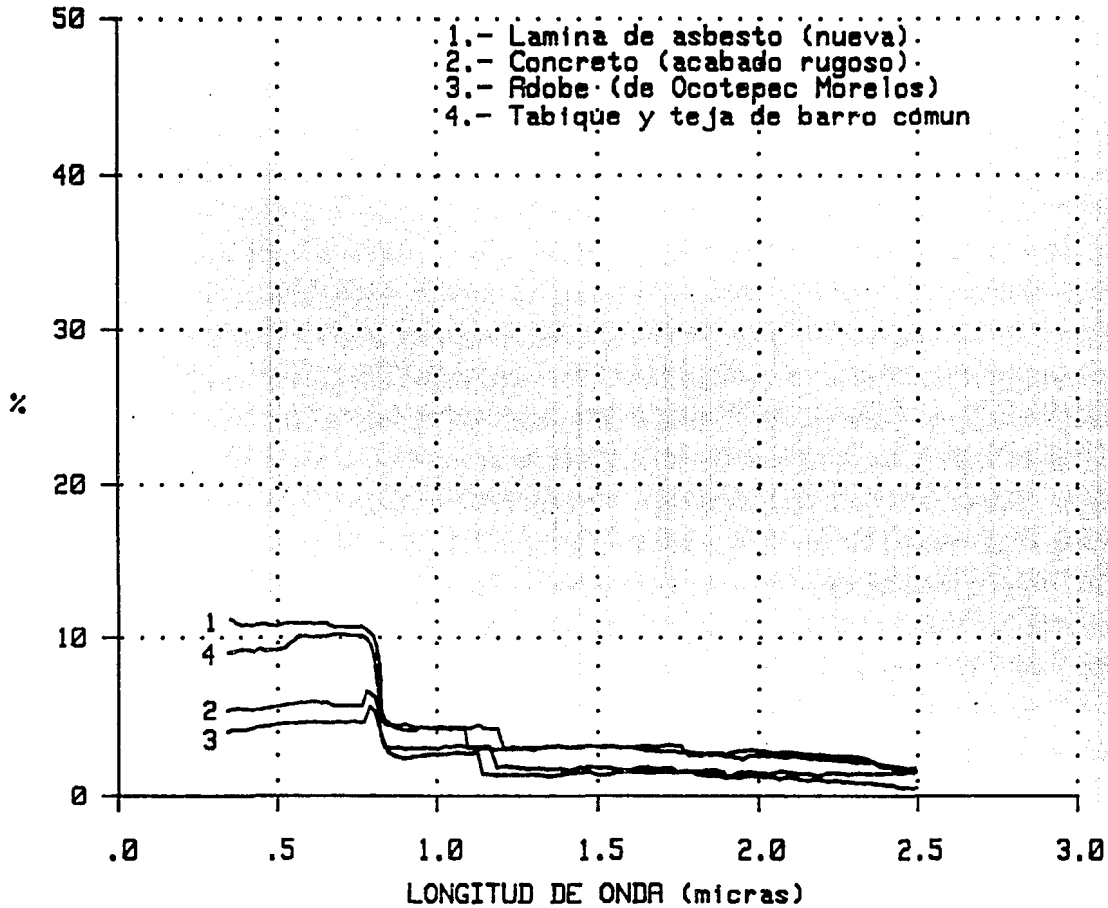
REFLECTANCIA DE TABIQUE Y TEJA

- 1.- Tabique y teja de barro común (nuevas)
- 2.- Tabique de barro rojo comprimido



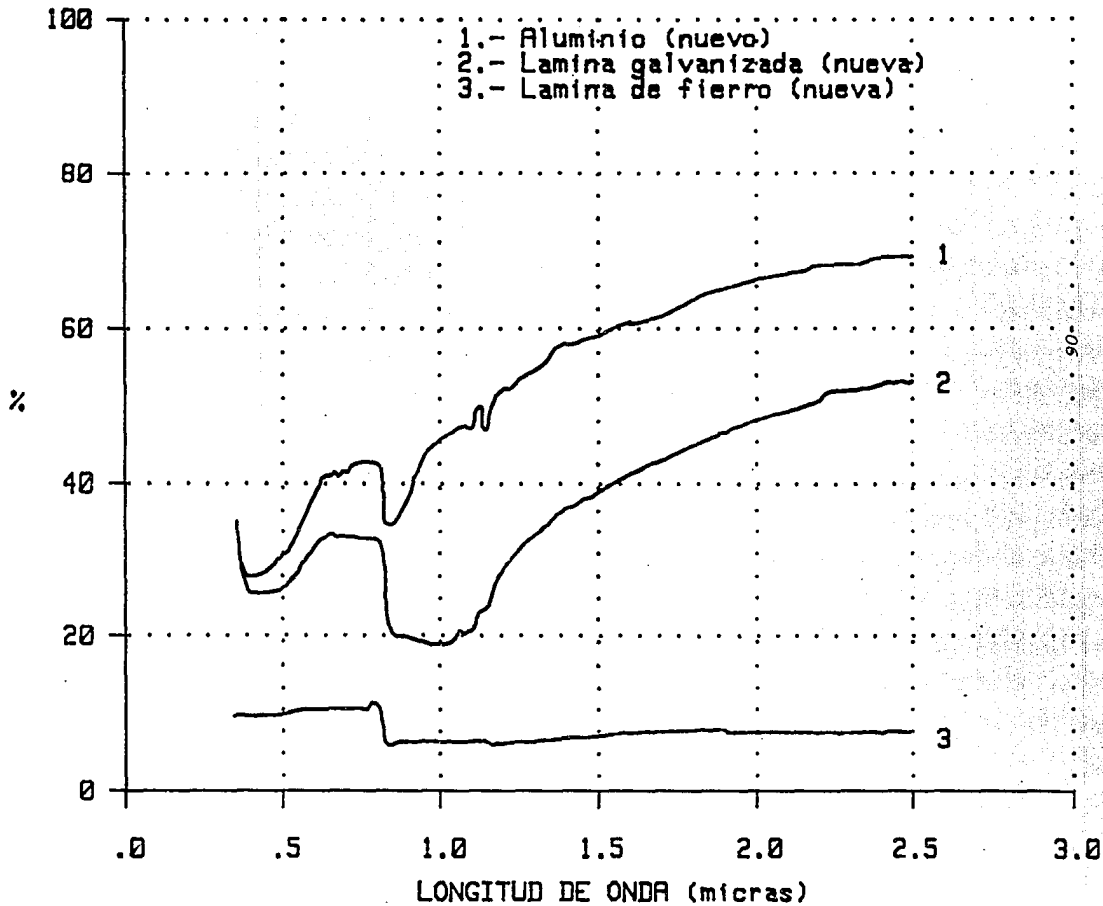
REFLECTANCIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

- 1.- Lamina de asbesto (nueva).
- 2.- Concreto (acabado rugoso).
- 3.- Adobe (de Ocotepac Morelos)
- 4.- Tabique y teja de barro común



REFLECTANCIA DE METALES

- 1.- Aluminio (nuevo)
- 2.- Lamina galvanizada (nueva)
- 3.- Lamina de fierro (nueva)



06

RESULTADOS FINALES DE LAS PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD
TERMICA EN MATERIALES DE CONSTRUCCION

Los resultados finales se obtienen sustituyendo los valores de las lecturas finales que se presentan a continuacion en la siguiente ecuacion:

$$k = k_c \frac{Q}{(T_h - T_c) \frac{dx}{dT}}$$

donde: Q = flujo de calor
 Th = temperatura de la placa superior (placa caliente)
 Tc = temperatura de la placa inferior (placa fria)
 Tt = temperatura del disipador de calor (placa caliente)
 Tb = temperatura del disipador de calor (placa fria)
 dx = espesor de la muestra
 dT = (Th - Tc) de la muestra
 k = conductividad termica en BTU-in / hr-ft²-oF
 kc = (Th - Tc)/2
 (Q)c = Q de calibracion
 (dT)c = (Th - Tc)c para la muestra de calibracion
 (dx)c = espesor de la muestra de calibracion(pulg)
 Factor de conversion de BTU-in/ hr-ft²-oF a W/ m-oC = 0.1442

PRIMERA CALIBRACION: FIBRA DE VIDRIO

HORA	dX = 0.82 pulg.= 2.08 cm						k FINAL									
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC						
12:35	1.521	2.518	1.473	99.81	141.85	97.74	2.001	1.343	0.226	0.0326						
12:50	1.509	2.451	1.476	99.30	139.08	97.87	2.004	1.346	0.240	0.0346						
13:00	1.506	2.440	1.477	99.17	138.95	97.92	2.004	1.347	0.240	0.0346						
13:05	1.504	2.450	1.477	99.08	139.04	97.92	2.004	1.349	0.240	0.0346						
13:15	1.502	2.453	1.482	98.99	139.16	98.13	2.004	1.351	0.240	0.0346						
13:20	1.500	2.453	1.482	98.91	138.81	98.13	2.004	1.353	0.242	0.0349						
13:25	1.499	2.450	1.482	98.86	139.04	98.13	2.005	1.353	0.241	0.0348						
13:30	1.498	2.452	1.484	98.82	139.12	98.22	2.005	1.354	0.241	0.0348						
PROMEDIO CAL. =									1.505	2.459	1.479	99.12	139.38	98.01	0.239	0.034

SEGUNDA CALIBRACION: FIBRA DE VIDRIO

HORA	dX = 0.82 pulg.= 2.08 cm						k FINAL										
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC	Kc						
13:45	2.038	2.865	1.762	122.96	161.19	110.44	0.546	0.943	0.243	0.0350	0.2450						
13:50	2.052	2.864	1.761	124.36	161.14	110.37	0.588	0.962	0.245	0.0353	0.2449						
13:55	2.036	2.862	1.760	122.83	161.03	110.31	0.620	0.977	0.239	0.0345	0.2447						
14:00	2.049	2.861	1.759	123.24	160.97	110.25	0.657	0.994	0.244	0.0352	0.2446						
14:05	2.050	2.858	1.758	123.30	160.80	110.18	0.694	1.011	0.245	0.0353	0.2444						
14:10	2.034	2.859	1.758	122.34	160.85	110.18	0.704	1.018	0.235	0.0339	0.2445						
14:15	2.035	2.858	1.758	122.78	160.80	110.18	0.731	1.028	0.232	0.0335	0.2444						
14:20	2.035	2.857	1.758	122.78	160.74	110.18	0.753	1.038	0.239	0.0345	0.2444						
14:30	2.036	2.853	1.757	122.83	160.52	110.12	0.781	1.054	0.257	0.0371	0.2441						
14:35	2.043	2.854	1.758	122.88	160.58	110.18	0.770	1.050	0.254	0.0366	0.2442						
14:40	2.064	2.853	1.760	124.36	160.52	110.31	0.782	1.054	0.268	0.0386	0.2443						
14:45	2.082	2.855	1.764	124.46	160.63	110.56	0.814	1.067	0.269	0.0388	0.2446						
14:50	2.026	2.852	1.757	121.86	160.46	110.12	0.827	1.074	0.246	0.0355	0.2441						
14:55	2.023	2.852	1.758	122.06	160.46	110.18	0.847	1.082	0.245	0.0353	0.2441						
15:00	2.017	2.851	1.758	121.70	160.41	110.18	0.859	1.089	0.248	0.0358	0.2441						
PROMEDIO CAL. =									2.041	2.857	1.759	122.98	160.74	110.25	0.247	0.0357	0.2444

BTU-inch R A N G O S
 hr-ft²-oF W/m-oC W/m-oC
 PROMEDIO FINAL= 0.243 0.035 0.0326-0.3880

MATERIAL: VIDRIO TIPO FILTRASOL PRIMERA PRUEBA

kx = 0.236 pulg.=6 mm

HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC	k FINAL
14:45	9.058	2.435	1.803	195.67	59.12	44.38	-0.270	-0.470	6.154	0.8874	
14:50	9.097	2.433	1.807	196.51	59.07	44.47	-0.243	-0.489	6.181	0.8913	
14:55	9.105	2.431	1.806	196.68	59.02	44.45	-0.191	-0.509	6.186	0.8920	
15:00	9.071	2.430	1.804	195.95	59.00	44.40	-0.146	-0.529	6.163	0.8887	
15:15	9.055	2.430	1.803	195.65	59.00	44.38	-0.120	-0.531	6.144	0.8860	
15:30	9.054	2.429	1.804	195.63	58.98	44.40	-0.145	-0.536	6.163	0.8887	
15:45	9.039	2.429	1.802	195.34	58.98	44.36	-0.145	-0.528	6.115	0.8818	
16:00	9.037	2.429	1.802	195.31	58.98	44.36	-0.124	-0.539	6.113	0.8815	
16:05	9.037	2.430	1.802	195.31	59.00	44.36	-0.108	-0.544	6.163	0.8887	
16:10	9.036	2.429	1.802	195.29	58.98	44.36	-0.109	-0.543	6.113	0.8815	
										6.150	0.887

MATERIAL: VIDRIO TIPO FILTRASOL SEGUNDA PRUEBA

dx = 0.2362 pulg.=6 mm

HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC	k FINAL
11:45	9.058	2.435	1.803	223.00	60.00	44.38	-0.270	0.470	6.974	1.0057	
12:00	9.097	2.433	1.807	223.90	59.95	44.47	-0.243	0.489	7.069	1.0193	
12:15	9.105	2.431	1.806	224.16	59.90	44.45	-0.191	0.509	7.089	1.0222	
12:30	9.071	2.430	1.804	223.32	59.88	44.40	-0.146	0.529	7.028	1.0134	
12:45	9.055	2.430	1.803	222.93	59.88	44.38	-0.120	0.531	7.004	1.0100	
13:00	9.054	2.429	1.804	222.90	59.85	44.40	-0.145	0.536	7.026	1.0131	
13:15	9.039	2.429	1.802	222.53	59.85	44.36	-0.145	0.528	6.982	1.0068	
13:30	9.037	2.429	1.802	222.48	59.85	44.36	-0.124	0.539	6.980	1.0065	
13:45	9.037	2.430	1.802	222.48	59.88	44.36	-0.108	0.544	6.969	1.0049	
14:00	9.036	2.429	1.802	222.44	59.85	44.36	-0.109	0.543	6.979	1.0064	
										7.010	1.011

BTU-inch R A N G O S
hr-ft²-oF W/m-oC W/m-oC
PROMEDIO FINAL= 6.355 0.969 0.890-1.011

MATERIAL: VIDRIO COMUN DE 12 mm PRIMERA PRUEBA

dx = 0.4724 pulg.=12 mm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m	oC
14:35	9.792	2.424	1.841	242.84	58.866	45.277	0.159	0.654	7.714	1.1124	
14:40	9.789	2.424	1.842	241.07	58.866	45.301	0.160	0.655	7.671	1.1062	
14:45	9.786	2.424	1.841	241.00	58.866	45.277	0.164	0.657	7.656	1.1040	
14:50	9.787	2.424	1.841	241.02	58.866	45.277	0.174	0.662	7.657	1.1041	
14:55	9.790	2.423	1.842	241.11	58.843	45.301	0.188	0.668	7.686	1.1083	
15:00	9.776	2.424	1.842	240.75	58.843	45.301	0.204	0.677	7.661	1.1047	
15:05	9.755	2.423	1.843	240.24	58.843	45.324	0.209	0.681	7.671	1.1062	
15:10	9.738	2.423	1.843	239.83	58.866	45.324	0.215	0.684	7.658	1.1043	
15:15	9.714	2.423	1.844	239.24	58.866	45.348	0.226	0.690	7.652	1.1034	
15:20	9.686	2.424	1.845	238.53	58.843	45.371	0.217	0.687	7.630	1.1002	
15:25	9.678	2.424	1.846	238.34	58.843	45.395	0.212	0.687	7.637	1.1013	

7.663 1.105

MATERIAL: VIDRIO COMUN DE 12 mm SEGUNDA PRUEBA

dx = 0.4724 pulg.=12 mm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m	oC
16:30	9.460	2.423	1.820	239.24	59.704	44.781	0.099	0.630	7.348	1.0596	
16:35	9.532	2.424	1.826	238.53	59.729	44.923	0.081	0.626	7.388	1.0653	
16:40	9.591	2.424	1.830	238.53	59.729	45.017	0.093	0.625	7.437	1.0724	
16:45	9.634	2.424	1.834	238.53	59.729	45.112	0.103	0.630	7.480	1.0786	
16:50	9.673	2.424	1.837	238.53	59.729	45.183	0.094	0.630	7.518	1.0841	
16:55	9.696	2.424	1.839	238.53	59.729	45.230	0.095	0.628	7.544	1.0878	
17:00	9.714	2.424	1.839	238.53	59.729	45.230	0.104	0.630	7.544	1.0878	
17:05	9.731	2.424	1.840	238.53	59.729	45.253	0.106	0.631	7.557	1.0897	

7.477 1.078

MATERIAL: VIDRIO COMUN DE 12 mm TERCERA PRUEBA

dx = 0.4724 pulg.=12 mm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m	oC
14:10	9.645	2.422	1.831	237.53	59.680	45.041	0.087	0.613	7.925	1.1428	
14:15	9.699	2.422	1.837	238.86	59.680	45.183	0.078	0.617	8.051	1.1610	
14:20	9.730	2.422	1.840	239.63	59.680	45.253	0.083	0.618	8.119	1.1708	
14:25	9.766	2.422	1.842	240.52	59.680	45.301	0.081	0.619	8.177	1.1791	
14:30	9.783	2.422	1.843	240.94	59.680	45.324	0.078	0.618	8.205	1.1832	
14:35	9.798	2.422	1.844	241.31	59.680	45.348	0.076	0.618	8.232	1.1871	
14:40	9.803	2.422	1.845	241.43	59.680	45.372	0.076	0.617	8.236	1.1876	

8.135 1.173

BTU-inch R A N G O S
 hr-ft²-oF W/m-oC W/m-oC
 PROMEDIO FINAL= 8.796 1.330 1.078-1.173

MATERIAL: LOSETA DE BARRO COMPRIMIDO

PRIMERA PRUEBA

	dX = 0.866 pulg. = 2.5 cm							k FINAL		
HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/a oC
13:50	7.889	2.428	1.733	193.80	59.828	42.723	-0.080	0.558	12.450	1.7953
13:55	7.880	2.428	1.733	193.58	59.828	42.723	-0.046	0.570	12.436	1.7933
14:00	7.887	2.428	1.733	193.95	59.828	42.723	-0.040	0.576	12.447	1.7949
14:05	7.496	2.432	1.716	183.95	59.926	42.723	-0.025	0.582	11.447	1.6507
14:10	7.362	2.431	1.706	180.66	59.901	42.319	-0.003	0.586	11.073	1.5967
14:15	7.246	2.430	1.697	178.32	59.877	42.082	-0.009	0.588	10.754	1.5507
14:20	7.182	2.431	1.693	176.09	59.901	41.869	-0.008	0.589	10.579	1.5255
14:25	7.843	2.432	1.732	192.30	59.926	41.774			12.298	1.7734

11.686 1.685

MATERIAL: LOSETA DE BARRO COMPRIMIDO

SEGUNDA PRUEBA

	dX = 0.866 pulg. = 2.5 cm							k FINAL		
HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/a oC
15:15	6.406	2.424	1.637	156.68	59.729	40.442	0.085	0.626	8.713	1.2564
15:20	6.526	2.426	1.648	159.62	59.778	40.704	0.077	0.626	9.008	1.2990
15:25	6.678	2.427	1.660	163.33	59.803	40.989	0.079	0.625	9.380	1.3526
15:30	6.742	2.428	1.666	164.90	59.828	41.132	0.082	0.626	9.548	1.3768
15:35	6.767	2.428	1.670	165.51	59.828	41.227	0.068	0.622	9.644	1.3907
15:40	6.758	2.430	1.674	165.29	59.877	41.322	0.077	0.623	9.670	1.3944
15:45	6.750	2.430	1.674	165.10	59.877	41.322	0.078	0.623	9.659	1.3928
15:50	6.748	2.430	1.674	165.05	59.877	41.322	0.081	0.624	9.656	1.3924
15:55	6.754	2.523	1.674	165.19	62.168	41.322	0.088	0.626	8.801	1.2691
16:00	6.878	2.440	1.678	168.23	60.123	41.417	0.089	0.627	9.798	1.4129
16:05	6.850	2.431	1.680	167.54	59.901	41.465	0.097	0.630	9.884	1.4253
16:10	6.822	2.431	1.679	166.86	59.901	41.441	0.095	0.629	9.828	1.4172
16:15	6.806	2.432	1.678	166.47	59.051	41.417	0.095	0.631	9.779	1.4101
16:20	6.796	2.431	1.676	166.22	59.901	41.370	0.101	0.632	9.745	1.4052
16:25	6.785	2.431	1.675	165.95	59.901	41.346	0.194	0.632	9.714	1.4008

9.522 1.373

MATERIAL: LOSETA DE BARRO COMPRIMIDO

TERCERA PRUEBA

	dX = 0.866 pulg. = 2.5 cm							k FINAL		
HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/a oC
13:00	6.743	1.811	1.258	150.93	44.569	31.345	-0.042	0.431	9.864	1.4224
13:05	6.609	1.982	1.256	148.26	48.594	31.296	-0.023	0.445	7.770	1.1204
13:10	6.712	1.978	1.256	150.31	48.500	31.296	0.003	0.458	7.925	1.1428
13:15	6.783	2.020	1.261	151.73	49.485	31.417	0.024	0.468	7.729	1.1145
13:20	6.844	2.026	1.267	152.94	49.625	31.563	0.039	0.476	7.827	1.1287
13:25	6.881	2.026	1.272	153.67	49.625	31.683	0.054	0.483	7.934	1.1441
13:30	6.901	2.025	1.280	154.07	49.602	31.877	0.071	0.494	8.070	1.1637
13:35	6.899	2.024	1.286	154.03	49.578	32.022	0.090	0.505	8.156	1.1761
13:40	6.876	2.024	1.292	153.57	49.578	32.167	0.112	0.519	8.211	1.1840
13:45	6.840	2.023	1.292	152.86	49.555	32.167	0.120	0.526	8.176	1.1790
13:50	6.808	2.023	1.304	152.22	49.555	32.457	0.129	0.534	8.304	1.1974
13:55	6.768	2.023	1.310	151.43	49.555	32.602	0.131	0.538	8.340	1.2026

8.192 1.181

BTU-inch
hr-ft²-oF W/a-oC
PROMEDIO FINAL= 9.800 1.413 1.120-1.795

R A N G O S

W/a-oC

1.120-1.795

MATERIAL: CUARTERON (TABIQUE COMUN) PRIMERA PRUEBA

$\Delta X = 1.7716$ pulg. = 4.5 cm

HORA	Q(av)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC
13:40	4.814	2.434	1.542	243.39	139.91	100.72	0.191	0.673	1.346	0.1941
13:45	4.883	2.435	1.547	246.42	139.95	100.93	0.202	0.679	1.369	0.1975
13:50	4.952	2.436	1.553	249.44	140.00	101.19	0.210	0.682	1.393	0.2009
13:55	5.009	2.437	1.559	252.00	140.04	101.45	0.200	0.679	1.416	0.2042
14:00	5.046	2.436	1.562	253.62	140.00	101.58	0.224	0.690	1.431	0.2064
13:40	5.080	2.437	1.563	255.11	140.36	101.62	0.215	0.688	1.428	0.2059
13:45	5.092	2.436	1.563	255.63	140.00	101.62	0.242	0.698	1.444	0.2082
13:50	5.102	2.435	1.563	256.08	139.95	101.62	0.271	0.712	1.449	0.2089
13:55	5.109	2.435	1.564	256.39	139.95	101.66	0.279	0.717	1.452	0.2094
14:00	5.121	2.434	1.564	256.91	139.91	101.66	0.280	0.718	1.456	0.2100
14:05	5.118	2.435	1.564	256.78	139.95	101.66	0.266	0.711	1.454	0.2097
14:10	5.121	2.435	1.564	256.91	139.95	101.66	0.265	0.711	1.455	0.2098

1.424 0.205

MATERIAL: CUARTERON (TABIQUE COMUN) SEGUNDA PRUEBA

$\Delta X = 1.7716$ pulg. = 4.5 cm

HORA	Q(av)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/a oC
12:50	5.180	2.441	1.562	259.50	140.22	101.84	0.424	0.475	1.466	0.2114
12:55	5.189	2.441	1.562	227.90	140.22	101.84	0.358	0.482	1.287	0.1856
13:00	5.197	2.441	1.562	336.46	140.22	101.84	0.323	0.490	1.901	0.2741
13:05	5.202	2.442	1.562	336.69	140.28	101.84	0.279	0.502	1.899	0.2738
13:10	5.191	2.441	1.562	406.04	140.22	101.84	0.226	0.516	2.294	0.3307
13:15	5.188	2.440	1.562	405.97	140.16	101.84	0.203	0.523	2.297	0.3312
13:20	5.185	2.440	1.562	405.77	140.16	101.84	0.157	0.536	2.296	0.3310
13:25	5.189	2.439	1.562	405.92	140.11	101.84	0.125	0.547	2.300	0.3316
13:30	5.187	2.439	1.562	405.83	140.11	101.84	0.093	0.559	2.299	0.3316
13:35	5.187	2.439	1.562	405.77	140.11	101.84	0.070	0.565	2.299	0.3315
13:40	5.183	2.438	1.562	405.59	140.05	101.84	0.064	0.574	2.301	0.3319
13:45	5.178	2.438	1.562	405.38	140.05	101.84	-0.006	0.566	2.300	0.3317
13:50	5.171	2.438	1.562	405.03	140.05	101.84	-0.048	0.274	2.298	0.3314
13:55	5.172	2.437	1.561	405.07	139.99	101.77	-0.037	0.577	2.298	0.3314
14:00	5.172	2.436	1.561	405.07	139.93	101.77	-0.022	0.585	2.301	0.3319
14:05	5.170	2.438	1.562	404.94	140.05	101.84	-0.022	0.583	2.298	0.3313
14:10	5.162	2.438	1.560	404.55	140.05	101.71	-0.018	0.579	2.288	0.3299

2.142 0.309

MATERIAL: CUARTERON (TABIQUE COMUN) TERCERA PRUEBA

$\Delta X = 1.7716$ pulg. = 4.5 cm

HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/a oC
13:40	4.891	2.839	1.930	246.78	157.51	117.95	0.705	1.028	1.352	0.1950
13:45	4.878	2.839	1.931	246.12	157.51	118.01	0.712	1.030	1.351	0.1948
13:50	4.879	2.838	1.931	246.17	157.45	118.01	0.713	1.031	1.353	0.1951
13:55	4.885	2.839	1.930	246.48	157.51	117.95	0.713	1.031	1.351	0.1948
14:00	4.891	2.840	1.930	246.78	157.57	117.95	0.711	1.031	1.351	0.1947
14:05	4.901	2.840	1.930	247.28	157.57	117.95	0.712	1.030	1.353	0.1951
14:10	4.903	2.840	1.929	247.39	157.57	117.89	0.712	1.031	1.352	0.1949
14:15	4.905	2.840	1.929	247.49	157.57	117.89	0.712	1.031	1.352	0.1950
14:20	4.909	2.840	1.928	247.69	157.57	117.83	0.712	1.030	1.351	0.1949
14:00	4.898	2.841	1.930	247.13	157.62	117.95	0.700	1.027	1.351	0.1948

1.352 0.195

BTU-inch

R A N G O S

hr-ft²-oF W/m-oC

W/m-oC

PROMEDIO FINAL=

1.640 0.236

0.914-0.332

MATERIAL: MORTERO CAL-ARENA PRIMERA PRUEBA

dX = 1.55 pulg. = 3.937 cm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m	cC
13:30	3.892	2.448	1.488	91.72	59.419	36.884	-0.847	0.341	7.529	1.0857	
13:35	3.892	2.447	1.488	91.72	59.396	36.884	-0.839	0.355	7.534	1.0864	
13:40	3.902	2.447	1.488	91.93	59.396	36.884	-0.837	0.369	7.554	1.0893	
13:45	3.896	2.447	1.488	91.00	59.396	36.884	-0.839	0.366	7.542	1.0876	
13:50	3.892	2.447	1.488	91.72	59.396	36.884	-0.836	0.368	7.534	1.0864	
13:55	3.886	2.447	1.488	91.58	59.396	36.884	-0.837	0.369	7.523	1.0848	
14:00	3.881	2.447	1.488	91.48	59.396	36.884	-0.837	0.369	7.513	1.0834	
14:05	3.879	2.447	1.487	91.43	59.396	36.860	-0.838	0.365	7.500	1.0815	
14:10	3.870	2.448	1.487	91.24	59.419	36.860	-0.839	0.365	7.476	1.0780	
14:10	3.859	2.447	1.487	91.00	59.396	36.860	-0.838	0.364	7.461	1.0759	
14:15	3.857	2.447	1.486	90.95	59.396	36.836	-0.839	0.365	7.447	1.0739	
14:20	3.853	2.446	1.485	90.87	59.373	36.812	-0.834	0.367	7.436	1.0723	
14:25	3.843	2.446	1.484	90.65	59.373	36.788	-0.831	0.37	7.407	1.0681	
14:30	3.842	2.447	1.485	90.63	59.396	36.812	-0.833	0.377	7.409	1.0684	
14:35	3.836	2.447	1.484	90.50	59.396	36.788	-0.835	0.374	7.388	1.0653	

7.484 1.079

MATERIAL: PASTA DE YESO SEGUNDA PRUEBA

dX = 1.00 pulg. = 2.54 cm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m	cC
13:30	3.968	2.435	1.702	93.37	59.120	41.987	2.021	1.405	1.180	0.1702	
13:35	4.024	2.432	1.723	94.58	59.051	42.485	2.02	1.417	1.179	0.1700	
13:40	4.048	2.434	1.740	95.10	59.097	42.889	2.021	1.431	1.178	0.1699	
13:45	4.051	2.436	1.757	95.17	59.143	43.291	2.021	1.442	1.177	0.1697	
13:50	4.041	2.436	1.769	94.95	59.143	43.575	2.021	1.453	1.176	0.1696	
13:55	4.032	2.437	1.777	94.75	59.166	43.765	2.021	1.462	1.176	0.1696	

1.178 0.170

MATERIAL: PASTA DE YESO TERCERA PRUEBA

dX = 3.82 pulg. = 4.5 cm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m	cC
13:10	2.110	2.837	1.766	52.12	69.68	43.75	0.285	0.850	1.100	0.1586	
13:15	2.237	2.837	1.774	55.26	69.68	43.95	0.291	0.854	1.119	0.1614	
13:20	2.314	2.837	1.779	57.16	69.68	44.07	0.301	0.859	1.116	0.1609	
13:25	2.406	2.837	1.785	59.43	69.68	44.22	0.315	0.865	1.114	0.1606	
13:30	2.505	2.837	1.792	61.88	69.68	44.40	0.330	0.872	1.119	0.1614	
13:35	2.586	2.837	1.797	63.88	69.68	44.52	0.343	0.878	1.120	0.1615	
13:40	2.622	2.837	1.801	64.77	69.68	44.62	0.348	0.882	1.120	0.1615	
13:45	2.701	2.837	1.804	66.72	69.68	44.69	0.360	0.886	1.121	0.1616	
13:50	2.727	2.837	1.808	67.36	69.68	44.79	0.369	0.890	1.121	0.1616	
13:55	2.795	2.836	1.812	69.04	69.66	44.89	0.381	0.896	1.123	0.1619	
14:00	2.825	2.836	1.814	69.78	69.66	44.94	0.392	0.900	1.125	0.1622	
14:05	2.845	2.837	1.816	70.28	69.68	44.99	0.406	0.907	1.125	0.1622	
14:10	2.863	2.836	1.819	70.72	69.66	45.07	0.409	0.910	1.125	0.1622	
14:15	2.891	2.836	1.820	71.41	69.66	45.09	0.416	0.912	1.126	0.1624	
14:20	2.923	2.835	1.821	72.20	69.63	45.11	0.426	0.916	1.124	0.1621	

1.120 0.161

BTU-inch R A N G O S
hr-ft²-oF W/m-cC W/m-cC
PROMEDIO FINAL= 1.149 0.166 0.161-0.172

MATERIAL: MADERA DE CEDRO PRIMERA PRUEBA

dx = 1 pulg. = 2.54 cm										k FINAL	
HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC	
14:15	4.942	2.438	1.530	120.56	60.049	38.074	-0.065	0.568	0.706	0.1018	
14:20	4.921	2.438	1.529	120.05	60.049	37.817	-0.040	0.572	0.702	0.1012	
14:25	4.905	2.437	1.527	119.66	60.024	37.793	-0.008	0.588	0.698	0.1007	
14:30	4.894	2.437	1.526	119.39	60.024	37.793	-0.007	0.593	0.696	0.1004	
14:35	4.866	2.438	1.526	118.71	60.049	37.769	-0.009	0.595	0.691	0.0996	
14:40	4.850	2.438	1.525	118.32	60.049	37.745	-0.019	0.586	0.688	0.0992	
14:45	4.831	2.439	1.524	117.85	60.074	37.698	-0.014	0.585	0.684	0.0986	
14:50	4.817	2.438	1.522	117.51	60.049	37.674	-0.005	0.591	0.681	0.0982	
14:55	4.804	2.439	1.521	117.19	60.074	37.674	-0.016	0.593	0.678	0.0978	
15:00	4.803	2.437	1.521	117.17	60.024	37.650	-0.021	0.604	0.679	0.0979	
15:05	4.785	2.439	1.520	116.73	60.074	37.538	-0.033	0.604	0.675	0.0973	

0.689 0.099

MATERIAL: MADERA DE CEDRO SEGUNDA PRUEBA

dx = 1 pulg. = 2.54 cm										k FINAL	
HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC	
15:50	4.494	2.435	1.511	109.63	59.980	37.434	0.091	0.632	0.629	0.0907	
15:55	4.639	2.435	1.523	113.17	59.980	37.722	0.095	0.632	0.659	0.0950	
16:00	4.804	2.435	1.535	117.19	59.980	38.009	0.095	0.633	0.692	0.0998	
16:05	4.898	2.436	1.540	119.49	60.004	38.128	0.090	0.631	0.709	0.1022	
16:10	4.860	2.439	1.555	118.56	60.079	38.487	0.086	0.630	0.713	0.1028	
16:15	4.890	2.443	1.539	119.29	60.177	38.104	0.090	0.629	0.701	0.1011	
16:20	4.664	2.438	1.532	113.78	60.054	37.937	0.097	0.633	0.668	0.0963	

0.682 0.098

MATERIAL: MADERA DE CEDRO TERCERA PRUEBA

dx = 1 pulg. = 2.54 cm										k FINAL	
HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC	
13:10	4.354	2.447	1.505	106.27	60.276	37.291	0.600	0.193	0.598	0.0862	
13:15	4.389	2.460	1.532	107.12	60.596	37.937	0.664	0.193	0.613	0.0884	
13:20	4.757	2.439	1.532	116.10	60.078	37.937	0.718	0.233	0.680	0.0981	
13:25	4.812	2.445	1.533	117.45	60.226	37.961	0.653	0.153	0.684	0.0986	
13:30	4.958	2.445	1.545	121.01	60.226	38.248	0.675	0.194	0.714	0.1030	
13:35	4.958	2.444	1.544	121.01	60.202	38.224	0.669	0.188	0.718	0.1035	
13:40	4.958	2.445	1.544	121.01	60.226	38.224	0.672	0.189	0.717	0.1034	
13:45	4.956	2.444	1.543	120.96	60.202	38.200	0.666	0.180	0.717	0.1034	
13:50	4.953	2.443	1.542	120.89	60.177	38.176	0.671	0.188	0.713	0.1028	
13:55	4.953	2.443	1.542	120.89	60.177	38.176	0.673	0.195	0.713	0.1028	
14:00	4.947	2.443	1.541	120.74	60.177	38.152	0.685	0.217	0.711	0.1025	
14:05	4.945	2.442	1.541	120.69	60.152	38.152	0.692	0.226	0.712	0.1027	
14:10	4.945	2.442	1.540	120.69	60.152	38.128	0.697	0.239	0.711	0.1025	
14:15	4.934	2.443	1.540	120.42	60.177	38.128	0.700	0.242	0.709	0.1022	
14:20	4.537	2.443	1.540	110.73	60.177	38.128	0.697	0.240	0.651	0.0939	

0.691 0.100

BTU-inch

R A N 6 0 S

hr-ft²-oF W/m-oC

W/m-oC

PROMEDIO FINAL= 0.687 0.099 0.088-0.103

MATERIAL: MADERA DE PINO PRIMERA PRUEBA

HORA	EX = 0.96 pulg. = 2.44 cm							k FINAL		
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(xF)	Th(xF)	Tc(xF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m xC
11:25	5.033	2.830	1.929	253.00	157.12	117.91	1.135	0.964	1.193	0.1720
11:30	5.060	2.830	1.931	254.36	157.12	118.03	1.135	0.964	1.194	0.1722
11:35	5.130	2.830	1.936	257.08	157.12	118.34	1.136	0.965	1.195	0.1723
11:40	5.211	2.831	1.942	261.95	157.17	118.70	1.137	0.967	1.195	0.1723
11:45	5.304	2.831	1.949	266.63	157.17	119.13	1.138	0.975	1.196	0.1725
11:50	5.356	2.831	1.953	269.24	157.17	119.38	1.140	0.977	1.196	0.1725
11:55	5.415	2.832	1.958	272.21	157.23	119.68	1.142	0.976	1.197	0.1726
12:00	5.489	2.833	1.964	275.93	157.28	120.05	1.141	0.976	1.197	0.1726
12:05	5.532	2.833	1.967	278.09	157.28	120.23	1.141	0.977	1.198	0.1728
12:10	5.567	2.834	1.970	279.85	157.34	120.42	1.141	0.978	1.198	0.1728
12:15	5.591	2.833	1.971	281.05	157.28	120.48	1.142	0.980	1.198	0.1728
12:20	5.617	2.834	1.973	282.36	157.34	120.60	1.143	0.981	1.199	0.1729
12:25	5.630	2.833	1.974	283.42	157.28	120.66	1.143	0.982	1.199	0.1729
12:30	5.662	2.833	1.976	284.62	157.28	120.78	1.144	0.985	1.199	0.1729

1.197 0.173

MATERIAL: MADERA DE PINO SEGUNDA PRUEBA

HORA	EX = 0.96 pulg. = 2.44 cm							k FINAL		
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(xF)	Th(xF)	Tc(xF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m xC
12:25	4.616	2.841	1.914	234.73	157.62	117.27	1.010	0.678	1.188	0.1713
17:10	4.730	2.841	1.923	240.53	157.62	117.82	1.018	0.693	1.188	0.1713
17:15	4.806	2.841	1.929	244.40	157.62	118.19	1.021	0.701	1.189	0.1715
17:20	4.838	2.842	1.932	246.02	157.68	118.37	1.023	0.704	1.189	0.1715
17:25	4.906	2.841	1.936	249.48	157.62	118.61	1.028	0.715	1.189	0.1715
17:30	4.926	2.841	1.938	250.50	157.62	118.74	1.028	0.716	1.190	0.1716
17:35	4.954	2.841	1.940	251.92	157.62	118.86	1.031	0.722	1.190	0.1716
17:40	4.982	2.842	1.942	253.35	157.68	118.98	1.034	0.730	1.190	0.1716
17:45	5.012	2.841	1.944	254.87	157.62	119.10	1.037	0.735	1.191	0.1717
17:50	5.037	2.841	1.945	256.14	157.62	119.17	1.038	0.738	1.191	0.1717
17:55	5.071	2.841	1.948	257.87	157.62	119.35	1.041	0.745	1.191	0.1717
18:00	5.090	2.840	1.948	258.84	157.56	119.35	1.042	0.748	1.191	0.1717
18:05	5.108	2.840	1.949	259.75	157.56	119.41	1.044	0.753	1.191	0.1717
18:10	5.127	2.840	1.951	260.72	157.56	119.53	1.046	0.758	1.191	0.1717

1.190 0.172

MATERIAL: MADERA DE PINO TERCERA PRUEBA

HORA	EX = 0.96 pulg. = 2.44 cm							k FINAL	
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(xF)	Th(xF)	Tc(xF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU
5.009	2.839	1.926	251.94	157.51	117.78	0.957	0.534	1.193	0.1720
4.997	2.840	1.929	251.34	157.56	117.96	0.957	0.534	1.192	0.1719
4.998	2.840	1.932	251.39	157.56	118.14	0.957	0.533	1.192	0.1719
5.016	2.841	1.935	252.29	157.62	118.33	0.957	0.533	1.193	0.1720
5.046	2.841	1.938	253.80	157.62	118.51	0.958	0.536	1.193	0.1720
5.079	2.840	1.941	255.46	157.56	118.69	0.959	0.540	1.193	0.1720
5.107	2.840	1.943	256.87	157.56	118.82	0.961	0.543	1.193	0.1720
5.125	2.841	1.944	257.78	157.62	118.88	0.962	0.546	1.193	0.1720
5.146	2.841	1.946	258.83	157.62	119.00	0.962	0.548	1.193	0.1720
5.168	2.841	1.948	259.94	157.62	119.12	0.964	0.552	1.194	0.1722
5.189	2.841	1.949	261.00	157.62	119.18	0.964	0.552	1.194	0.1722

1.193 0.172

BTU-inch

hr-ft²-oF W/m-oC

R A N G O S

W/m-oC

PROMEDIO FINAL=

1.193 0.172

0.171-0.173

MATERIAL: TRIPLAY DE PINO PRIMERA PRUEBA

$dx = 0.32$ pulg. = 0.006 m

HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC
16:40	7.448	2.830	2.135	360.95	157.11	126.93	1.156	0.965	1.224	0.1765
16:45	7.577	2.829	2.131	367.20	157.05	126.69	1.151	0.971	1.223	0.1764
16:50	7.628	2.829	2.126	369.67	157.05	126.39	1.148	0.973	1.224	0.1765
16:55	7.673	2.830	2.121	371.85	157.11	126.10	1.148	0.978	1.222	0.1762
17:00	7.710	2.829	2.117	373.65	157.05	125.86	1.146	0.981	1.224	0.1765
17:05	7.746	2.828	2.111	375.39	157.00	125.50	1.145	0.985	1.225	0.1766
17:10	7.765	2.829	2.109	376.31	157.05	125.30	1.146	0.991	1.225	0.1766
17:15	7.777	2.829	2.106	376.89	157.05	125.21	1.146	0.991	1.226	0.1768
17:20	7.792	2.828	2.104	377.62	157.00	125.09	1.145	0.993	1.225	0.1766
17:25	7.802	2.828	2.102	378.11	157.00	124.97	1.145	0.994	1.227	0.1769
17:30	7.804	2.829	2.102	378.20	157.05	124.97	1.144	0.994	1.227	0.1769

1.225 0.177

MATERIAL: TRIPLAY DE PINO SEGUNDA PRUEBA

$dx = 0.32$ pulg. = 0.006 m

HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC
14:40	8.099	2.832	2.123	390.29	157.20	126.39	1.104	0.893	1.230	0.1774
14:45	8.105	2.833	2.126	390.58	157.26	126.57	1.104	0.900	1.230	0.1774
14:50	8.111	2.832	2.128	390.87	157.20	126.69	1.107	0.912	1.230	0.1774
14:55	8.133	2.832	2.129	391.93	157.20	126.75	1.114	0.925	1.230	0.1774
14:60	8.119	2.831	2.130	391.25	157.14	126.81	1.119	0.936	1.230	0.1774
14:65	8.130	2.831	2.131	391.78	157.14	126.87	1.122	0.943	1.230	0.1774
14:70	8.125	2.831	2.131	391.54	157.14	126.87	1.113	0.944	1.230	0.1774

1.230 0.177

MATERIAL: TRIPLAY DE PINO TERCERA PRUEBA

$dx = 0.32$ pulg. = 0.006 m

HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m oC
13:25	8.937	2.830	2.183	427.95	157.11	128.98	1.055	0.781	1.233	0.1778
13:30	8.970	2.830	2.188	429.53	157.11	129.27	1.059	0.792	1.233	0.1778
13:35	8.980	2.830	2.190	430.01	157.11	129.39	1.061	0.796	1.233	0.1778
13:40	8.991	2.830	2.191	430.53	157.11	129.45	1.063	0.802	1.233	0.1778
13:45	9.003	2.830	2.193	431.11	157.11	129.57	1.066	0.811	1.233	0.1778
13:50	9.013	2.829	2.194	431.59	157.05	129.63	1.068	0.813	1.233	0.1778
13:55	9.012	2.829	2.194	431.54	157.05	129.63	1.069	0.815	1.233	0.1778
14:00	9.002	2.829	2.194	431.06	157.05	129.63	1.07	0.819	1.233	0.1778
14:05	9.000	2.829	2.194	430.96	157.05	129.63	1.072	0.823	1.233	0.1778
14:10	8.994	2.829	2.193	430.68	157.05	129.57	1.073	0.825	1.233	0.1778
14:15	8.988	2.829	2.193	430.39	157.05	129.57	1.074	0.827	1.233	0.1778
14:20	8.984	2.828	2.193	430.20	157.00	129.57	1.075	0.828	1.233	0.1778
14:25	8.987	2.829	2.192	430.34	157.05	129.51	1.075	0.828	1.233	0.1778

1.233 0.178

BTU inch
hr ft² oF W/m oC
PROMEDIO FINAL= 1.229 0.177 0.176-0.178

MATERIAL: NOVOPAN

PRIMERA PRUEBA

dX = 0.472 pulg. = 12 mm									k FINAL	
HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m oC
15:40	6.270	2.832	2.016	307.93	157.20	121.73	1.139	0.971	1.214	0.1751
15:45	6.363	2.833	2.025	312.50	157.26	122.27	1.140	0.974	1.215	0.1752
15:47	6.411	2.832	2.029	314.85	157.20	122.51	1.141	0.977	1.215	0.1752
15:50	6.458	2.833	2.032	317.16	157.26	122.70	1.144	0.986	1.215	0.1752
15:50	6.502	2.833	2.035	319.32	157.26	122.88	1.148	0.993	1.215	0.1752
16:00	6.524	2.833	2.037	320.40	157.26	123.00	1.150	1.000	1.216	0.1753
16:05	6.543	2.833	2.038	321.34	157.26	123.06	1.153	1.006	1.216	0.1753
16:10	6.565	2.833	2.040	322.42	157.26	123.18	1.155	1.010	1.216	0.1753
16:15	6.585	2.833	2.041	323.40	157.26	123.24	1.158	1.018	1.216	0.1753
16:20	6.603	2.833	2.043	324.28	157.26	123.36	1.162	1.022	1.216	0.1753
16:25	6.612	2.833	2.043	324.73	157.26	123.36	1.162	1.023	1.216	0.1753
16:30	6.617	2.832	2.044	324.97	157.20	123.42	1.163	1.024	1.216	0.1753
16:35	6.619	2.833	2.044	325.07	157.26	123.42	1.163	1.027	1.216	0.1753

1.216 0.175

MATERIAL: NOVOPAN

SEGUNDA PRUEBA

dX = 0.472 pulg. = 12 mm									k FINAL	
HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m oC
14:20	7.274	2.832	2.069	353.06	157.20	124.02	1.086	0.847	1.222	0.1762
14:25	7.317	2.832	2.071	355.15	157.20	124.14	1.085	0.846	1.222	0.1762
14:30	7.346	2.833	2.074	356.55	157.26	124.32	1.085	0.850	1.222	0.1762
14:35	7.348	2.833	2.074	356.65	157.26	124.32	1.086	0.851	1.223	0.1764
14:40	7.364	2.833	2.076	357.43	157.26	124.44	1.087	0.850	1.223	0.1764
14:45	7.365	2.833	2.076	357.48	157.26	124.44	1.087	0.846	1.223	0.1764
14:50	7.360	2.833	2.077	357.23	157.26	124.50	1.083	0.842	1.223	0.1764
14:55	7.357	2.833	2.076	357.09	157.26	124.44	1.084	0.848	1.223	0.1764
15:00	7.352	2.833	2.076	356.85	157.26	124.44	1.087	0.854	1.223	0.1764
15:05	7.348	2.833	2.075	356.65	157.26	124.38	1.090	0.862	1.223	0.1764
15:10	7.345	2.833	2.075	356.51	157.26	124.38	1.092	0.865	1.223	0.1764

1.223 0.176

MATERIAL: NOVOPAN

TERCERA PRUEBA

dX = 0.472 pulg. = 12 mm									k FINAL	
HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m oC
15:40	7.626	2.853	2.094	368.99	158.17	125.17	0.078	0.725	1.227	0.177
15:45	7.655	2.853	2.097	370.39	158.17	125.35	0.086	0.729	1.227	0.177
15:50	7.746	2.853	2.102	374.80	158.17	125.65	0.103	0.737	1.227	0.177
15:55	7.771	2.852	2.105	376.01	158.11	125.83	0.118	0.745	1.227	0.177
16:00	7.834	2.852	2.107	379.05	158.11	125.95	0.136	0.755	1.227	0.177
16:05	7.825	2.851	2.107	378.62	158.06	125.95	0.145	0.760	1.227	0.177
16:10	7.830	2.849	2.107	378.86	157.95	125.95	0.157	0.766	1.227	0.177
16:15	7.812	2.848	2.105	377.99	157.89	125.83	0.181	0.778	1.227	0.177
16:20	7.785	2.848	2.102	376.68	157.89	125.65	0.200	0.787	1.227	0.177
16:25	7.777	2.848	2.100	376.30	157.89	125.53	0.208	0.792	1.226	0.177
16:30	7.758	2.848	2.099	375.38	157.89	125.47	0.218	0.797	1.226	0.177
16:30	7.724	2.848	2.098	373.73	157.89	125.41	0.231	0.804	1.226	0.177
16:35	7.668	2.847	2.096	371.02	157.84	125.29	0.239	0.810	1.226	0.177
16:40	7.674	2.847	2.095	371.31	157.84	125.23	0.243	0.813	1.226	0.177

1.227 0.177

BTU inch
hr ft² oF W/m oCR A N G O S
W/m oC

PROMEDIO FINAL= 1.222 0.176 0.171-0.177

MATERIAL: ESPUMA DE POLIESTIRENO PRIMERA PRUEBA

		k FINAL									
dx = 0.866 pulg. = 6 mm											
HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(°F)	Th(°F)	Tc(°F)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m	°C
15:15	1.954	2.849	1.752	119.03	157.96	110.20	1.097	0.878	0.264	0.0381	
15:20	1.938	2.850	1.756	118.06	158.01	110.45	1.104	0.895	0.261	0.0376	
15:25	1.953	2.850	1.759	118.97	158.01	110.64	1.109	0.902	0.259	0.0373	
15:30	1.990	2.849	1.760	121.22	157.96	110.70	1.114	0.915	0.270	0.0389	
15:35	1.992	2.849	1.759	121.34	157.96	110.64	1.116	0.920	0.269	0.0388	
15:40	1.990	2.484	1.758	121.22	137.72	110.58	1.120	0.933	0.266	0.0384	
15:45	1.986	2.848	1.757	120.98	157.90	110.51	1.122	0.932	0.264	0.0381	
15:50	1.980	2.848	1.757	120.61	157.90	110.51	1.123	0.939	0.261	0.0376	
15:55	1.995	2.849	1.756	121.53	157.96	110.45	1.129	0.952	0.260	0.0375	
16:00	2.006	2.848	1.756	122.20	157.90	110.45	1.133	0.959	0.261	0.0376	

0.264 0.038

MATERIAL: ESPUMA DE POLIESTIRENO SEGUNDA PRUEBA

		k FINAL									
dx = 0.866 pulg. = 2.2 cm											
HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(°F)	Th(°F)	Tc(°F)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m	°C
12:30	2.431	2.871	1.787	139.71	158.93	111.69	0.847	0.350	0.354	0.0510	
12:35	2.435	2.870	1.791	139.94	158.87	111.94	0.854	0.362	0.353	0.0509	
12:40	2.441	2.867	1.794	140.29	158.71	112.13	0.873	0.397	0.352	0.0508	
12:45	2.418	2.866	1.795	138.96	158.65	112.19	0.901	0.449	0.348	0.0502	
12:50	2.429	2.863	1.792	139.60	158.48	112.00	0.919	0.484	0.351	0.0506	
12:55	2.388	2.862	1.790	137.24	158.43	111.88	0.935	0.519	0.340	0.0490	
13:00	2.368	2.860	1.788	136.09	158.32	111.75	0.955	0.565	0.342	0.0493	
13:05	2.331	2.859	1.787	133.96	158.26	111.69	0.976	0.609	0.335	0.0483	
13:10	2.329	2.858	1.785	133.85	158.21	111.56	0.986	0.631	0.335	0.0483	
13:15	2.300	2.858	1.783	132.18	158.21	111.44	1.002	0.665	0.327	0.0472	
13:20	2.292	2.857	1.783	131.72	158.15	111.44	1.006	0.676	0.326	0.0470	

0.342 0.049

MATERIAL: ESPUMA DE POLIESTIRENO TERCERA PRUEBA

		k FINAL									
dx = 0.866 pulg. = 2.2 cm											
HORA	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(°F)	Th(°F)	Tc(°F)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m	°C
13:45	2.019	2.855	1.757	121.87	158.22	104.95	1.042	0.753	0.235	0.0339	
13:50	2.034	2.854	1.758	122.77	158.16	105.01	1.051	0.777	0.237	0.0342	
13:55	2.044	2.862	1.769	123.38	158.61	105.67	1.068	0.806	0.240	0.0346	
14:00	2.078	2.853	1.764	125.43	158.11	105.37	1.068	0.808	0.252	0.0363	
14:05	2.037	2.853	1.761	122.95	158.11	105.19	1.071	0.817	0.243	0.0350	
14:10	2.021	2.852	1.760	121.99	158.05	105.13	1.075	0.828	0.240	0.0346	
14:15	2.022	2.852	1.760	122.05	158.05	105.13	1.081	0.843	0.241	0.0348	
14:20	2.024	2.852	1.760	122.17	158.05	105.13	1.084	0.850	0.240	0.0346	
14:25	2.019	2.852	1.759	121.87	158.05	105.07	1.087	0.856	0.239	0.0345	
14:30	2.014	2.852	1.759	121.57	158.05	105.07	1.089	0.857	0.237	0.0342	

0.240 0.035

BTU inch R A N G O S
hr ft² of W/m °C W/m °C
PROMEDIO FINAL= 0.282 0.041 0.036-0.051

MATERIAL: CONCRETO CON f'c = 200 kg/cm² PRIMERA PRUEBA

dx = 0.97 pulg. = 2.2 cm

HORA	k FINAL			k FINAL			BTU W/m oC			
	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m oC
14:00	8.629	2.835	2.170	414.17	157.39	128.60	0.821	0.244	3.076	0.444
14:05	8.641	2.830	2.172	414.73	157.11	128.72	0.824	0.247	3.114	0.449
14:10	8.677	2.836	2.174	416.46	157.45	128.61	0.826	0.251	3.108	0.448
14:15	8.704	2.837	2.177	417.75	157.50	128.75	0.828	0.254	3.127	0.451
14:20	8.740	2.836	2.179	419.48	157.45	128.87	0.828	0.251	3.154	0.455
14:25	8.762	2.836	2.181	420.54	157.45	128.99	0.828	0.254	3.172	0.457
14:30	8.729	2.836	2.184	418.96	157.45	129.16	0.831	0.259	3.174	0.458
14:35	8.828	2.837	2.187	423.71	157.50	129.34	0.837	0.273	3.220	0.464
14:40	8.840	2.837	2.189	424.67	157.50	129.28	0.842	0.284	3.237	0.467
14:45	8.855	2.836	2.189	425.00	157.45	129.28	0.846	0.294	3.245	0.468
14:50	8.867	2.837	2.190	425.58	157.50	129.32	0.854	0.309	3.249	0.469
14:55	8.870	2.837	2.191	426.10	157.50	129.38	0.858	0.315	3.258	0.470
15:00	8.892	2.836	2.192	426.78	157.45	129.44	0.859	0.319	3.274	0.472
15:05	8.901	2.836	2.193	426.37	157.45	129.50	0.863	0.326	3.282	0.473
15:10	8.904	2.837	2.194	426.51	157.50	129.56	0.864	0.329	3.283	0.473
15:15	8.914	2.836	2.194	426.99	157.45	129.56	0.863	0.322	3.292	0.475
15:20	8.929	2.837	2.195	427.71	157.50	129.62	0.854	0.303	3.297	0.475
15:25	8.932	2.836	2.196	427.85	157.45	129.67	0.850	0.295	3.309	0.477
15:30	8.937	2.837	2.197	428.09	157.50	129.73	0.847	0.285	3.311	0.477
15:35	8.937	2.836	2.197	428.09	157.45	129.73	0.843	0.282	3.316	0.478
15:40	8.936	2.837	2.197	428.05	157.50	129.73	0.843	0.281	3.310	0.477
15:45	8.938	2.837	2.197	410.04	157.50	129.73	0.842	0.277	3.311	0.477
15:50	8.939	2.837	2.197	410.09	157.50	129.73	0.841	0.273	3.311	0.478
15:55	8.942	2.836	2.198	410.22	157.45	129.79	0.839	0.270	3.323	0.479
16:00	8.938	2.836	2.197	410.04	157.45	129.73	0.845	0.287	3.316	0.478

3.243 0.468

MATERIAL: CONCRETO CON f'c = 200 kg/cm² SEGUNDA PRUEBA

dx = 0.97 pulg. = 2.2 cm

HORA	k FINAL			k FINAL			BTU W/m oC			
	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	BTU	W/m oC
15:00	10.986	2.831	2.305	518.79	314.93	134.33	0.497	0.938	4.952	0.714
15:05	11.003	2.831	2.305	519.59	314.93	134.33	0.498	0.939	4.959	0.715
15:10	11.030	2.832	2.308	520.73	315.04	134.50	0.496	0.939	4.991	0.720
15:15	11.042	2.833	2.309	521.30	315.15	134.56	0.497	0.939	4.996	0.720
15:20	11.056	2.833	2.310	521.96	315.15	134.62	0.498	0.940	5.012	0.723
15:25	11.064	2.833	2.310	522.34	315.15	134.62	0.497	0.940	5.016	0.723
15:30	11.072	2.834	2.311	522.71	315.26	134.63	0.496	0.939	5.019	0.724
15:35	11.079	2.834	2.312	523.04	315.26	134.64	0.497	0.939	5.032	0.726
15:40	11.092	2.834	2.312	523.66	315.26	134.64	0.500	0.940	5.038	0.726
15:45	11.099	2.834	2.313	523.99	315.26	134.70	0.501	0.941	5.051	0.728
15:50	11.102	2.834	2.313	524.13	315.26	134.70	0.500	0.941	5.052	0.729
15:55	11.105	2.834	2.313	524.27	315.26	134.70	0.490	0.938	5.054	0.729
16:00	11.109	2.834	2.314	524.46	315.26	134.76	0.478	0.932	5.065	0.730
16:05	11.112	2.835	2.314	524.60	315.37	134.76	0.473	0.929	5.057	0.729
16:10	11.115	2.835	2.314	524.74	315.37	134.76	0.462	0.925	5.058	0.729
16:15	11.121	2.835	2.314	525.03	315.37	134.76	0.454	0.921	5.061	0.730
16:20	11.122	2.835	2.315	525.07	315.37	134.81	0.446	0.918	5.071	0.731
16:25	11.124	2.835	2.315	525.17	315.37	134.81	0.443	0.917	5.072	0.731
16:30	11.125	2.836	2.315	525.21	315.49	134.81	0.425	0.909	5.063	0.730
16:35	11.127	2.835	2.315	525.31	315.37	134.81	0.419	0.906	5.073	0.732
16:40	11.128	2.835	2.315	525.36	315.37	134.81	0.406	0.900	5.074	0.732
16:45	11.130	2.835	2.316	525.45	315.37	134.87	0.396	0.896	5.084	0.733
16:50	11.127	2.836	2.315	525.31	315.49	134.81	0.385	0.890	5.064	0.730

5.040 0.727

MATERIAL: CONCRETO CON f'c = 200 kg/cm² TERCERA PRUEBA

dx = 0.97 pulg. = 2.2 cm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	k FINAL	BTU	W/m ² oC
13:45	10.080	2.831	2.236	478.84	157.16	131.29	0.947	0.515	4.017	0.579	
13:50	10.125	2.830	2.237	480.98	157.10	131.35	0.947	0.515	4.048	0.584	
13:55	10.143	2.831	2.240	481.84	157.16	131.53	0.945	0.508	4.069	0.587	
14:00	10.128	2.831	2.241	481.12	157.16	131.58	0.943	0.506	4.070	0.587	
14:05	10.140	2.831	2.242	481.69	157.16	131.64	0.943	0.510	4.082	0.589	
14:10	10.177	2.830	2.242	483.45	157.10	131.64	0.946	0.515	4.104	0.592	
14:15	10.193	2.830	2.244	484.21	157.10	131.76	0.948	0.516	4.124	0.595	
14:20	10.204	2.830	2.245	484.73	157.10	131.82	0.947	0.516	4.135	0.596	
14:25	10.249	2.831	2.247	486.87	157.16	131.94	0.947	0.517	4.161	0.600	
14:30	10.285	2.831	2.248	488.58	157.16	131.99	0.948	0.520	4.183	0.603	
14:35	10.263	2.830	2.247	487.54	157.10	131.94	0.950	0.526	4.174	0.602	
14:40	10.295	2.830	2.249	489.06	157.10	132.05	0.953	0.531	4.201	0.606	
14:45	10.328	2.831	2.249	490.62	157.16	132.05	0.953	0.529	4.207	0.607	
14:50	10.315	2.831	2.251	490.01	157.16	132.17	0.950	0.520	4.217	0.608	
14:55	10.308	2.831	2.251	489.67	157.16	132.17	0.946	0.513	4.214	0.608	
15:00	10.295	2.831	2.252	489.06	157.16	132.23	0.945	0.517	4.216	0.608	
15:05	10.315	2.831	2.252	490.01	157.16	132.23	0.949	0.525	4.224	0.609	
15:10	10.314	2.831	2.253	489.76	157.16	132.29	0.951	0.524	4.231	0.610	
15:15	10.323	2.832	2.253	490.39	157.22	132.29	0.949	0.520	4.227	0.610	
15:20	10.318	2.831	2.253	490.15	157.16	132.29	0.952	0.532	4.232	0.610	
15:25	10.373	2.831	2.253	492.76	157.16	132.29	0.957	0.544	4.255	0.614	
15:30	10.322	2.831	2.253	490.34	157.16	132.29	0.959	0.546	4.234	0.611	
15:35	10.350	2.832	2.254	491.67	157.22	132.35	0.965	0.563	4.245	0.612	

4.168 0.601

MATERIAL: CONCRETO CON f'c = 200 kg/cm² CUARTA PRUEBA

dx = 0.97 pulg. = 2.2 cm

HORA	Q(av)	Th(av)	Tc(av)	Q(oF)	Th(oF)	Tc(oF)	Tt(av)	Tb(av)	k FINAL	BTU	W/m ² oC
13:45	9.346	2.832	2.199	446.53	157.23	129.76	0.098	0.759	3.501	0.505	
13:50	9.411	2.833	2.204	449.64	157.28	130.05	0.112	0.764	3.547	0.512	
13:55	9.420	2.840	2.217	450.07	157.67	130.82	0.118	0.776	3.585	0.517	
14:00	9.470	2.858	2.217	452.45	157.56	130.82	0.115	0.775	3.616	0.521	
14:05	9.500	2.837	2.217	453.89	157.51	130.82	0.114	0.775	3.633	0.524	
14:10	9.535	2.836	2.217	455.56	157.45	130.82	0.112	0.774	3.652	0.527	
14:15	9.606	2.834	2.219	458.95	157.34	130.94	0.113	0.771	3.703	0.534	
14:20	9.633	2.833	2.220	460.24	157.28	131.00	0.125	0.772	3.726	0.537	
14:25	9.642	2.834	2.220	460.67	157.34	131.00	0.133	0.773	3.723	0.537	
14:30	9.651	2.834	2.221	461.10	157.34	131.06	0.134	0.775	3.733	0.538	
14:35	9.657	2.833	2.221	461.39	157.28	131.06	0.138	0.776	3.741	0.539	
14:40	9.669	2.833	2.222	461.96	157.28	131.12	0.137	0.778	3.752	0.541	
14:45	9.679	2.834	2.223	462.44	157.34	131.17	0.143	0.780	3.756	0.542	
14:50	9.697	2.834	2.225	463.30	157.34	131.29	0.150	0.782	3.775	0.544	
14:55	9.709	2.833	2.226	463.87	157.28	131.35	0.161	0.786	3.792	0.547	
15:00	9.718	2.833	2.226	464.30	157.28	131.35	0.164	0.788	3.796	0.547	
15:05	9.732	2.833	2.226	464.97	157.28	131.35	0.172	0.791	3.801	0.548	
15:10	9.735	2.833	2.227	465.12	157.28	131.41	0.175	0.792	3.809	0.549	

3.702 0.534

BTU inch

R A N G O S

hr ft² of W/m oC

W/m oC

PROMEDIO FINAL= 4.038 0.582

0.444-0.730

MATERIAL: MORTERO CEMENTO-ARENA PROP: PRIMERA PRUEBA

dX = 0.97 pulg.= 2.2 cm

HORA	k FINAL						BTU		W/m °C	
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(of)	Th(of)	Tc(of)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m °C
13:45	5.516	2.020	1.439	274.38	121.95	96.47	0.377	0.732	2.251	0.325
13:50	5.575	2.022	1.441	273.41	273.41	96.55	0.386	0.736	2.275	0.328
13:55	5.603	2.022	1.441	274.78	273.41	96.55	0.392	0.738	2.286	0.330
14:00	5.621	2.023	1.442	275.67	273.41	96.62	0.396	0.740	2.294	0.331
14:05	5.633	2.023	1.442	276.25	273.41	96.62	0.400	0.742	2.299	0.331
14:10	5.648	2.022	1.442	276.99	273.41	96.62	0.406	0.744	2.309	0.333
14:15	5.663	2.022	1.443	277.73	273.41	96.68	0.408	0.746	2.319	0.334
14:20	5.673	2.022	1.443	278.22	273.41	96.68	0.412	0.747	2.323	0.335
14:30	5.682	2.024	1.445	278.66	273.41	96.82	0.418	0.750	2.327	0.336
14:35	5.687	2.023	1.445	278.90	273.41	96.82	0.422	0.752	2.333	0.336
14:40	5.690	2.023	1.446	279.05	273.41	96.89	0.426	0.753	2.338	0.337
14:45	5.690	2.022	1.446	279.05	273.41	96.89	0.427	0.754	2.342	0.338

2.308 0.333

MATERIAL: MORTERO CEMENTO-ARENA PROP: SEGUNDA PRUEBA

dX = 0.97 pulg.= 2.2 cm

HORA	k FINAL						BTU		W/m °C	
	Q(mv)	Th(mv)	Tc(mv)	Q(of)	Th(of)	Tc(of)	Tt(mv)	Tb(mv)	BTU	W/m °C
14:00	7.384	2.018	1.415	358.10	121.80	95.39	0.192	0.608	2.903	0.419
14:05	7.395	2.020	1.417	358.64	121.92	95.52	0.199	0.612	2.908	0.419
14:10	7.401	2.020	1.418	358.93	121.92	95.59	0.207	0.615	2.915	0.420
14:15	7.405	2.020	1.420	359.12	121.92	95.73	0.218	0.622	2.926	0.422
14:20	7.403	2.019	1.422	359.03	121.86	95.86	0.225	0.627	2.940	0.424
14:30	7.396	2.019	1.423	358.69	121.86	95.93	0.232	0.631	2.942	0.424
14:35	7.383	2.019	1.426	358.06	121.86	96.13	0.246	0.639	2.952	0.426
14:40	7.346	2.020	1.429	356.26	121.92	96.33	0.260	0.647	2.947	0.425
14:45	7.346	2.020	1.431	356.26	121.92	96.47	0.270	0.652	2.957	0.426
14:50	7.336	2.020	1.432	355.78	121.92	96.54	0.275	0.654	2.958	0.427
14:55	7.321	2.019	1.434	355.05	121.86	96.67	0.280	0.658	2.967	0.428
15:00	7.306	2.019	1.435	354.32	121.86	96.74	0.285	0.661	2.966	0.428
15:05	7.296	2.019	1.436	353.84	121.86	96.81	0.289	0.663	2.967	0.428
15:10	7.284	2.019	1.437	353.26	121.86	96.87	0.297	0.667	2.967	0.428
15:15	7.273	2.019	1.438	352.72	121.86	96.94	0.302	0.670	2.968	0.428
15:20	7.263	2.019	1.439	352.24	121.86	97.01	0.306	0.673	2.969	0.428
15:25	7.255	2.019	1.440	351.85	121.86	97.08	0.309	0.675	2.971	0.428
15:30	7.245	2.019	1.441	351.36	121.86	97.14	0.314	0.677	2.972	0.429
15:35	7.235	2.019	1.442	350.88	121.86	97.21	0.317	0.680	2.973	0.429

2.951 0.426

BTU inch R A N G O S

hr ft2 of W/m °C W/m °C

PROMEDIO FINAL= 1.959 0.282 0.036-0.051

TERCERA CALIBRACION: FIBRA DE VIDRIO

$dX = 0.82 \text{ PULG.} = 2.08 \text{ cm}$

TIEMPO	$Q(\text{mv})$	$Th(\text{mv})$	$Tc(\text{mv})$	$Q(\text{nC})$	$Th(\text{nC})$	$Tc(\text{nC})$	$.5(tc+th)$	kc
12:30	1.913	2.858	1.757	47.346	70.196	43.570	56.883	0.242
12:35	1.910	2.859	1.758	47.272	70.221	43.595	56.908	0.243
12:40	1.924	2.859	1.757	47.618	70.221	43.570	56.895	0.242
12:45	1.920	2.857	1.758	47.519	70.171	43.595	56.883	0.242
12:50	1.920	2.856	1.757	47.519	70.147	43.570	56.858	0.242
12:55	1.920	2.856	1.757	47.519	70.147	43.570	56.858	0.242
13:00	1.920	2.856	1.758	47.519	70.147	43.595	56.871	0.242
13:05	1.920	2.856	1.758	47.519	70.147	43.595	56.871	0.242
13:10	1.921	2.857	1.758	47.544	70.171	43.595	56.883	0.245
13:15	1.921	2.856	1.758	47.544	70.147	43.595	56.871	0.245
13:20	1.920	2.856	1.758	47.519	70.147	43.595	56.871	0.245
13:25	1.920	2.856	1.758	47.519	70.147	43.595	56.871	0.245
13:30	1.922	2.855	1.758	47.569	70.122	43.595	56.859	0.245
13:35	1.920	2.856	1.758	47.519	70.147	43.595	56.871	0.245
13:40	1.921	2.855	1.757	47.544	70.122	43.570	56.846	0.245
13:45	1.924	2.855	1.758	47.618	70.122	43.595	56.859	0.245
13:50	1.920	2.855	1.758	47.519	70.122	43.595	56.859	0.245
14:00	1.920	2.855	1.757	47.519	70.122	43.570	56.846	0.245
14:05	1.921	2.855	1.758	47.544	70.122	43.595	56.859	0.245
14:10	1.921	2.855	1.758	47.544	70.122	43.595	56.859	0.245
promedios	1.920	2.856	1.758	47.517	70.151	43.587	56.869	0.244

CUARTA CALIBRACION: FIBRA DE VIDRIO

$dX = 0.82 \text{ PULG.} = 2.08 \text{ cm}$

TIEMPO	$Q(\text{mv})$	$Th(\text{mv})$	$Tc(\text{mv})$	$Q(\text{nC})$	$Th(\text{nC})$	$Tc(\text{nC})$	$.5(tc+th)$	kc
12:50	1.215	2.037	1.488	30.299	50.371	36.975	43.673	0.234
12:55	1.310	2.043	1.479	32.622	50.519	36.751	43.635	0.234
13:00	1.407	2.047	1.468	35.000	50.618	36.478	43.548	0.233
13:05	1.506	2.049	1.451	37.463	50.667	36.056	43.361	0.232
13:10	1.550	2.048	1.440	38.557	50.643	35.782	43.212	0.232
13:15	1.600	2.048	1.426	39.801	50.643	35.434	43.039	0.231
13:20	1.650	2.047	1.410	41.045	50.618	35.037	42.827	0.229
13:25	1.700	2.045	1.385	42.289	50.568	34.416	42.492	0.228
13:30	1.750	2.045	1.350	43.532	50.568	33.546	42.057	0.225
13:35	1.776	2.045	1.324	44.179	50.568	32.900	41.734	0.224
13:40	1.795	2.044	1.300	44.652	50.544	32.303	41.424	0.222
13:45	1.800	2.044	1.291	44.776	50.544	32.080	41.312	0.221
13:50	1.811	2.043	1.296	45.050	50.519	32.204	41.362	0.222
14:00	1.820	2.043	1.251	45.274	50.519	31.086	40.802	0.219
14:05	1.830	2.042	1.226	45.522	50.494	30.465	40.479	0.217
14:10	1.835	2.042	1.210	45.647	50.494	30.067	40.281	0.216
promedios	1.647	2.045	1.362	40.982	50.556	33.849	42.202	0.226

APENDICE
B
METODOS DE CALCULO

Hay varios métodos para determinar la densidad de cuerpos sólidos y líquidos, pero el método más frecuentemente usado es el principio de desplazamiento de Arquímedes. Este principio se refiere a que todo cuerpo sumergido en un fluido recibe un empuje ascendente igual al peso del fluido desalojado. La demostración teórica de este principio es la siguiente: Si se considera un volumen V de un líquido en reposo, ese volumen está en equilibrio bajo la acción de dos fuerzas: 1^o su peso P y 2^o la resultante de todas las presiones que el resto del líquido ejerce sobre dicho volumen; esta resultante es el empuje ascendente que el líquido ejerce sobre la porción V del cuerpo. Así pues, dicho empuje debe ser igual al peso del líquido V , ya que lo pone en equilibrio.

Ahora bien, si esta porción V se substituye por un cuerpo cualquiera que tenga igual forma y volumen, sigue sufriendo la acción de las mismas fuerzas por parte del líquido que lo rodea, y por consiguiente sufrirá un empuje ascendente, cuya magnitud es igual al peso del líquido cuyo volumen ocupa, o igual, al peso del líquido desalojado. Si se substituye el volumen V por un sólido, su peso es una fuerza con punto de aplicación en su centro de gravedad y por consiguiente la fuerza ascendente que lo equilibra pasa por el mismo punto.

La densidad de los líquidos y sólidos varía muy poco en intervalos de presión y de temperatura y, para el caso de uso de materiales de construcción (el rango de uso en Cuernavaca Morelos es de 10 a 40 °C), se puede considerar casi constante [32,40]. Aunque en los casos de materiales muy porosos como son el yeso y el tabique cuando absorben agua su densidad aumenta. Generalmente los datos se reportan en Kg/m^3 (de acuerdo con el Sistema Internacional de unidades SI) o en lb/ft^3 .

Para conocer la densidad de un cuerpo generalmente se realiza más de una medición y el procedimiento es el siguiente: se obtiene la masa del cuerpo en gramos (pesar el material en una balanza) y después se obtiene su volumen en mililitros, (volumen desplazado de agua por el material) finalmente para obtener la densidad del material se utiliza la siguiente relación:

$$d = \frac{P}{V} \quad (1)$$

En el caso de los materiales porosos la densidad se obtiene mediante la siguiente relación:

$$d = \frac{P_{mat} - P_{laca}}{V_{mat} - V_{laca}} \quad (2)$$

donde

d = densidad (g/cm^3 o kg/m^3).

P_{mat} = masa de la muestra de material (gr).

V_{mat} = volúmen de agua desplazado por el material (ml).

P_{laca} = masa de la laca (gr).

V_{laca} = volúmen de agua desplazado por el material (ml).

CONDUCTIVIDAD TERMICA

La conductividad térmica es una propiedad de los materiales que nos indica cuanto calor pasa a través de ellos cuando se presenta una diferencia de temperaturas en sus caras. La ecuación lineal de flujo de calor de Fourier define la conductividad térmica en estado permanente como sigue:

$$k = Q \frac{\Delta x}{\Delta T} \quad (3)$$

donde

k = conductividad térmica ($W/m \cdot ^\circ C$).

Q = flujo de calor (W/m^2).

ΔT = diferencia de temperaturas en la distancia x ($^\circ C$).

ΔX = distancia entre las temperaturas medidas (m).

Para hacer las pruebas se necesita primero calibrar el aparato, para ello se tiene una muestra patrón que consiste en una placa semirígida de fibra de vidrio de 30 x 30 x 2.08 centímetros. Esta muestra se introduce en la cámara de medición, se cierra perfectamente la tapa de la cámara y después se fijan los valores deseados de temperatura entre las placas. El gradiente mínimo de temperaturas según ASTM C-518 es de $20^\circ C$, por lo tanto para todas las pruebas se fijo un valor, en el panel de control de 2000 para la placa caliente, que

corresponde a una temperatura de 115°C y un valor de 1700 para la placa fría que corresponde a 85° [53], asegurandonos un gradiente de temperaturas de 30°C entre la placa superior y la inferior.

Ahora el conductivímetro se enciende y se espera a que las lecturas alcancen el equilibrio térmico (el equilibrio térmico se alcanza cuando la relación de $Q/\Delta T$ no cambia en un 1% en un periodo de 10 a 15 minutos. Una vez que se alcanza el equilibrio, se toman las lecturas de T_h , T_c , Q , y ΔX en milivolts, si es necesario se toman T_b y T_t . Estos resultados se convierten de milivolts a temperatura usando la tabla de conversión del manual[53] y se substituyen en la siguiente ecuación:

$$k = K_c \frac{Q \quad \Delta X \quad \Delta T_c}{Q_c \quad \Delta X_c \quad \Delta T} \quad (4)$$

donde

$\Delta T_c = (T_h - T_c)_c$ para la muestra de calibración.

$\Delta T = (T_h - T_c)$ para la muestra.

T_h = temperatura de la placa caliente en milivolts de la muestra.

T_{h_c} = temperatura de la misma placa caliente para la muestra de calibración.

T_c = temperatura de la placa fría en milivolts para la muestra.

T_{c_c} = temperatura de la misma placa en milivolts para la muestra de calibración.

Q_c = flujo de calor en milivolts para la muestra de calibración.

Δx = espesor de la muestra.

Δx_c = espesor de la muestra de calibración.

Se convierten T_{h_c} y T_{c_c} de milivolts a grados, se determina el factor k_c de la muestra de calibración de la grafica de la muestra de calibración contra la curva de temperatura a un $1/2 (T_h - T_c)$, a este valor se le llama k_c (La gráfica se presenta en la siguiente hoja de este apéndice). De la ecuación 3 los valores de Q , ΔX y ΔT deben tener las mismas unidades tanta para la calibración como para las pruebas. En este sentido el manual del aparato[53] recomienda dejar T_h y T_c en milivolts para calcular la relación ΔT en la ecuación 4.

El resultado de los factores para la calibración, que componen la división en la ecuación 2 será aproximado a uno y que al multiplicarlo por el factor K_C nos dará el resultado final de calibración. Los resultados estabilizados de calibración se presentan al final de este apéndice tabulados y con su promedio. Con respecto a los resultados de las muestras el procedimiento para obtener la conductividad será el mismo que se siguió para la calibración, sustituyendo los valores estabilizados de Q, Th y Tc para cada muestra. Los resultados finales estabilizados y su promedio de las pruebas se presentan al final de este apéndice.

TRANSMITANCIA, REFLECTANCIA Y ABSORTANCIA

Si llamamos a E_i al total de energía incidente en un cuerpo y E_p , E_α y E_r a las porciones de energía reflejada, absorbida y transmitida respectivamente, tendremos que:

$$\frac{E_p}{E_i} + \frac{E_r}{E_i} + \frac{E_\alpha}{E_i} = 1 \quad (5)$$

Donde cada uno de las divisiones en la ecuación 5 representan valores que corresponden a coeficientes de absorción α (absortancia), de reflexión ρ (reflectancia) y de transmisión τ (transmitancia). Por lo que el balance de energía incidente sobre el material y para una longitud de onda monocromática se expresa en la siguiente ecuación:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (6)$$

Para los materiales translúcidos el valor de dos de cualquiera de ellos define al último mediante una resta aritmética. Cuando una de estas propiedades es igual a cero, como es el caso de los opacos, entonces la obtención de una propiedad define la otra. Para el caso que se presenta en este trabajo se determinaron la reflectancia y la transmitancia, por lo que la absortancia se determina de la siguiente forma:

$$\text{para los opacos} \quad \rho - 1 = \alpha \quad (7)$$

$$\text{para los translúcidos} \quad \tau + \rho - 1 = \alpha \quad (8)$$

Los resultados finales de estas operaciones y sus gráficas se presentan en las tablas 3 y 4 del apéndice C

EMITANCIA

En el contexto del estudio de transferencia de calor por radiación es importante un concepto: el cuerpo negro; un cuerpo negro es aquel que emite energía radiante de su superficie a una razón proporcional a su temperatura absoluta elevada a la cuarta potencia, es decir:

$$R = \sigma T^4 \quad (9)$$

donde σ es una constante de un valor igual a $5.667 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ en el Sistema Internacional de Unidades y se conoce como la constante de Stefan Boltzman, de la cual se deduce que la superficie de todo cuerpo negro emite radiación, si se encuentra a una temperatura diferente del cero absoluto, independientemente de las condiciones ambientales. Pero un cuerpo real no satisface las características de un cuerpo negro, dado que emite una menor cantidad de radiación que éste por lo que reciben el nombre de cuerpos grises, quedando la ecuación anterior de la siguiente manera:

$$R = \epsilon \sigma T^4 \quad (10)$$

donde ϵ es la emitancia de la superficie gris y es numéricamente igual al cociente de la emisión de radiación de un cuerpo gris, con respecto a la de un cuerpo negro.

Para obtener los valores de emitancia se necesita primero calibrar el emisómetro, para ello la muestra patrón es una lámina metálica recubierta con pintura negro mate marca NEXTEL 3M que es una superficie altamente emisora y absorbadora.

El procedimiento para calibrar el aparato es el siguiente: se enciende el emisómetro y se conecta al multímetro digital, después se coloca encima de la muestra patrón, se espera unos minutos a que la termopila, ubicada en la cavidad del emisómetro se caliente a la

temperatura ambiente y se establezca un equilibrio radiativo entre la muestra y la cavidad del emisómetro. Una vez alcanzado este equilibrio, se afloja el tornillo de ajuste del emisómetro para que marque 2.7 milivolts. Con esta operación se tiene un registro de referencia correspondiente a la emitancia de un cuerpo negro cuya valor es igual a 1. Después de esto, se tiene el aparato calibrado para sacar las pruebas de emitancia sustituyendo los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

$$\epsilon = \frac{\epsilon_{\text{material}}}{\epsilon_{\text{calibracion}}} (0.93) \quad (11)$$

donde $\epsilon_{\text{material}}$ = la emitancia del material en milivolts.

$\epsilon_{\text{calibracion}}$ = la emitancia de calibración en milivolts.
igual a 2.7 milivolts.

0.93 = constante del aparato.

Los resultados finales se presentan en la tabla 5 del apéndice C.