



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



Selección de Materiales de Construcción en Función del Ahorro Energético

Karla Fabiola Marroquín Hernández

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura
UNAM

2004

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**SELECCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN FUNCIÓN DEL AHORRO
ENERGÉTICO**

**Tesis que para obtener el grado de Maestra en Arquitectura- Tecnología
Presenta:**

Karla Fabiola Marroquín Hernández

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura
UNAM

2004

Jurado

Director de Tesis:
Sinodales Propietarios:
Sinodales Suplentes:

Mtro. Francisco Reyna Gómez
Dr. José Diego Morales Ramírez
Dr. Sebastián López Romero
Mtra. Jeanine Da costa Bischof
Mtro. Jorge Rangel Davalos

A mi familia:

Agradezco a Dios por el bendito don de la vida, y por permitirme disfrutar de él a cada momento.

Agradezco a mi familia por su apoyo y cariño en todo momento.

En especial a mi Madre, a mis hermanos, a mis sobrinos.

Agradezco a CONACYT por su apoyo financiero para la realización de la Maestría

Así bien a Centro Nacional de Investigaciones Tecnológicas, en especial a la Dra. Gabriela Alvarez García, al Mtro. Leonel Lira Cortes, a la Mtra. Ivonee y a Edgar, quienes me asesoraron y ayudaron en el análisis térmico de las muestras.

Al Instituto de Investigación en Materiales, al Dr. Sebastián López que me brindo su apoyo y ayuda para el análisis ópticos de materiales y al Centro de Investigaciones en Energía.

A todos los maestros y compañeros que me han brindado su apoyo y confianza para llevar acabo dicha maestría y tesis.

INDICE

	Pag.
INTRODUCCIÓN	8
Antecedentes	11
Objetivos	12
CAPITULO I	
Normalización de las propiedades de los materiales de construcción.	17
1.1 NOM – 018 – ENER – 1997	21
1.2 NOM-008-ENER-1995	22
1.3 NOM-008-ENER-2001	22
1.4 NORMA BASICA NBE-CT-79	23
CAPITULO II	
La energía en la edificación	24
2.1 Energía	24
2.2 La economía de la energía y los sistemas.	25
2.3 Sistemas Pasivos	26
2.4 Variables Climatológicas	27
CAPITULO III	
Propiedades de los materiales en el cálculo térmico	31
3.1 El cálculo de balance térmico	31
3.2 Propiedades	34
3.2.1 Propiedades termofísicas	34
Absortancia	34
Calor Especifico	37
Conductividad térmica	37
Densidad	36
Emitancia	36
Reflectancia	34
Transmitancia	34
CAPITULO IV	
Metodología	38
4.1 Zona de estudio	38
4.2 Clasificación de los materiales	38
4.3 Medición de propiedades	39
4.3.1 Densidad	39
4.3.2 Conductividad térmica	40
4.3.3 Transmitancia y Reflectancia	47
4.3.4 Absortancia	49
4.3.5 Emitancia	49

CAPITULO V	
Criterios de selección de los materiales en función al ahorro energético.	51
5.1 Actividades a considerar en un material.	53
5.2 Elección de materiales	56
CAPITULO VI	
Conclusiones y análisis de Resultados	59
6.1 Propiedades ópticas Analizadas	60
Tablas y gráficas de propiedades ópticas	
• Pinturas	
• Laminas	
• Vidrios y cristales	
• Materiales Varios	
6.2 Propiedades térmicas	67
Tablas y gráficas de propiedades Térmicas	
• Materiales Varios	
Tablas de propiedades ópticas y Térmicas Bibliográficas	
Gráficas Comparativas de propiedades ópticas y térmicas Analizadas y Bibliográficas	
BIBLIOGRAFIA	78
GLOSARIO	83

El uso responsable de la energía

El consumo de energía y la contaminación ambiental están íntimamente ligados, por lo que se podría reducir la contaminación sólo con aplicar aquello de: “la energía que menos contamina, es la que no se consume”. Sin embargo, no parece posible una reducción drástica e indiscriminada del consumo energético, sin que esto afecte la economía y la calidad de vida en todo país industrializado. Por el contrario, si es posible y además exigible buscar un compromiso aceptable entre el consumo de energía primaria y el rendimiento obtenido en los procesos térmicos, alcanzando el máximo posible, de forma que se realice un uso racional de la energía. No se trata entonces de no consumir energía, sino de adoptar aquellas técnicas que permitan gastar menos para un mismo fin. Los edificios además de luz, calefacción, aire acondicionado, y electricidad para aparatos, motores, etc., necesitan que toda esa energía sea utilizada eficientemente, que sea la justa y la adecuada, lo más eficaz y económica posible, ahorrando al máximo, de forma que los gastos para sus usuarios y el daño al medio ambiente en que estos viven sean mínimos, sin sacrificar por ello sus condiciones de comodidad.

Actualmente la crisis energética que se ha manifestado a escala mundial, constituye, sin duda, un poderoso impulsor del cambio hacia el uso de la tecnología en los edificios inteligentes desde su diseño, para adaptarse a las condiciones del futuro próximo y evitar una ausencia anticipada. En su estado actual de desarrollo, el diseño tradicional de edificios, por regla general, no incluye el estudio a detalle de todas las variables que influyen en la comodidad térmica y óptica de sus ocupantes, por lo cual suele recurrirse al uso de aire acondicionado, calefacción o iluminación artificial para lograr estos fines, siempre y cuando se disponga de los medios económicos para hacerlo. Cuando, para mantener el interior del edificio en condiciones de temperatura y humedad que el ser humano requiere para su bienestar, se consume energía proveniente de los recursos energéticos no renovables de la nación y que en su transformación producen contaminantes de la atmósfera, se considera de orden público e interés social que se establezcan normas de eficiencia energética.

El compromiso del diseñador

Es necesario recordar, que hoy en día el sector de la construcción en nuestro país tiene mayor importancia en el consumo de energía ya que se considera que nuestra vida transcurre en más del 90 % del tiempo en espacios interiores, que se reparten en la vivienda particular, en la oficina o la fábrica y en los centros comerciales o de ocio, los cuales están en nuestras manos al momento de diseñarlos y de edificarlos.

Mi *CASA*, patrimonio de la familia, herencia de generaciones. ¿Valdrá la pena preocuparme por el gasto de energía, por los pagos bimestrales de energía eléctrica para enfriarla, calentarla e iluminarla para lograr un ambiente confortable, y por lo que pueda contaminar el logro de dicho confort?. ¿Alguien me juzgara o me reprenderá si dicho inmueble termina siendo un verdadero congelador o bien un asador o quizás el mejor cuarto oscuro? ¿Existe acaso alguna dependencia o norma que me obligue o me guíe para lograr un buen proyecto, que además de estético sea óptica y térmicamente bueno?. Estas preguntas resultan en el usuario poco importantes o nulas, excepto cuando se paga el recibo de luz, o padece de calor o frío y no sabe como solucionarlo. Sin embargo estas preguntas que debe ser tan importantes y de concienciación para el usuario, recaen principalmente en nosotros, los profesionistas que nos dedicamos a diseñar, construir y supervisar dichos inmuebles ya que el buen funcionamiento de dicho inmueble engloba una serie de necesidades a las cuales debe de satisfacer y dentro de ellas la adecuación a las condicionantes climatológicas del sitio.

Quiénes somos los implicados en la creación y realización de un inmueble que cumpla con las necesidades básicas de confort?

- ***El proyectista***
- ***El Usuario***
- ***El Ejecutor del proyecto***
- ***El Supervisor***

Nosotros los proyectistas tenemos la oportunidad de crear el proyecto, de orientar y distribuir cada una de las partes que los conforman, de elegir o al menos de proponer los materiales mas convenientes a éste, según el sitio para el que se proyecte y con el apoyo actualmente de los nuevos programas de simulación podemos prever el comportamiento que dicho inmueble tendrá una vez ejecutado, de ahí que la responsabilidad tan importante recaiga sobre nosotros, por ser los creadores, ya que en la mayoría de los casos el usuario no tiene la posibilidad de modificar, solo lo habita y sufre nuestros errores o nuestras carencias. Sin embargo también el usuario de alguna manera tiene la obligación de exigir un inmueble de buena *Calidad* que cumpla con los requerimientos de confort, así que tan importante es el creador, el ejecutor del proyecto, el supervisor y el usuario.

La Normalización

En nuestro país la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía juega un papel muy importante ya que es el organismo que puede y debe de ser el *Supervisor* para que todo método o propuesta que exista enfocada al ahorro y eficiencia de la misma se ejecute como es debido, y es además quien ha dado pauta en cuanto a los lineamientos, en cuanto a las diversas líneas de investigación abarcando no solo el plano habitacional, sino industrial, dando una difusión digna de destacar ya que lo ha hecho desde diversos medios y con diferentes métodos, uno de ellos, es a través de la concienciación de los niños no solo haciéndoselos saber sino que además los involucra y los hace partícipes, nombrándolos supervisores desde el plan hogar, lo cual creo que es un muy buen método ya que se está creando una cultura la cual en el adulto es quizá más difícil de lograr.

En cuanto al fabricante se le obliga a dar las características en el plan energético de sus productos, por consiguiente el diseñador no puede quedar exento de esto, de ahí que se generen normas a las cuales el diseñador se debe de sujetar. Por esta razón a través de la comisión se forman profesionistas especialistas en este tema con el fin de realizar la tarea de *supervisor*.

En el plan que nos compete a los diseñadores, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), dentro de su programa de Normalización ha elaborado la norma Oficial Mexicana (NOM) de eficiencia energética en edificios no residenciales, cuyo objetivo está encaminado a mejorar el diseño térmico, con la finalidad de que estos edificios se comporten como sistemas térmicos eficientes y tengan la capacidad para lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo de consumo de energía, ya que es bien sabido que un edificio con un buen diseño térmico tiene gradientes de temperaturas pequeños entre las diferentes zonas del mismo y aún entre éste y el medio ambiente. Logrando que los ocupantes no se expongan a cambios bruscos de temperatura que pudieran afectar su salud.

Antecedentes

Sólo a través de medidas prácticas y concretas como el *Ahorro de Energía*, que nos ubiquen en el contexto real de una sociedad creciente autogestionaria, y cada vez más obligada a racionalizar al máximo sus recursos y sus esfuerzos, lograremos resolver problemas tan acusantes como el de las altas tarifas por consumo de energía eléctrica, y solo así podremos alcanzar nuestros más elevados propósitos: *Proteger*, los niveles de bienestar de nuestra población, y *Asegurar* a la vez el de nuestras futuras generaciones.

La idea del presente trabajo nace de la problemática anteriormente mencionada y de la inquietud que he tenido desde tiempo atrás, al realizar estudios de licenciatura en los cuales, generalmente las características y propiedades de los materiales aplicadas fueron mecánicas y físicas. Descartando casi por completo la aplicación de las propiedades y características térmicas, ópticas y acústicas.

Posteriormente en la Maestría realicé un trabajo para la asignatura de arquitectura bioclimática, eligiendo el tema de "Materiales", que consistió en recopilar información acerca de las propiedades y aplicación de los materiales en función a la arquitectura bioclimática, dándome cuenta con esto, que los datos con los que se cuenta provienen de bibliografía extranjera, y que los fabricantes de los productos que se elaboran en nuestro país no proporcionan en su mayoría todas las propiedades del material. Así bien sé continuo explorando aun más, por interés propio, con el fin de ver que sucedía con los organismos que regulan la calidad de los productos en México especialmente, sin descartar lo que sucede en otros países.

Se encontró dentro de las primeras bases, la canalización de los fabricantes al programa de ahorro energético con el fin de que estos proporcionen todas las propiedades del material para que el proyectista tenga una gama de elementos que le permitan realizar la selección de los materiales según lo que se requiera, enfocado al proyecto específico que sé este desarrollando, así mismo cumpla con las normas de calidad y eficiencia logrando el máximo grado de confort sin tener que hacer un uso excesivo de energéticos.

Considerando lo anterior, nos damos cuenta de lo importante que son las características de los materiales y que son datos de los cuales se carecen, por tanto en este trabajo se obtienen y se presentan algunas características termo físicas de algunos materiales de construcción comúnmente utilizados en edificaciones del Municipio de Huauchinango, Puebla y sus alrededores, las cuales son indispensables en el cálculo de balances térmicos de edificios. También se explica la importancia y aplicación de las características termo físicas en el diseño arquitectónico.

Las propiedades que se analizaron son:

- a) **Ópticas:** Transmitancia, Reflectancia, Absortancia y Emitancia.
- b) **Térmicas:** Conductividad Térmica y Calor Específico.
- c) **Física:** Densidad.

Objetivos de la investigación

- Introducirnos al tema de ahorro y uso eficiente de energéticos utilizados para lograr el confort térmico y de iluminación óptima en el sector habitacional, por medio de una evaluación de propiedades de los materiales de construcción, con el objetivo de poder visualizar la aplicación de dichas propiedades dentro del cálculo de balance térmico. Con esto se quiere decir que si se conoce realmente el comportamiento del material ante determinados factores climáticos, se puede entonces prever cual sería el material más conveniente según se desee, y por supuesto su comprobación estará dada al momento de realizar el cálculo de balance térmico, que es un método de evaluación de pérdida o ganancia de calor en una edificación.
- Poder presentar datos avalados por laboratorios que indique de manera certera las propiedades térmicas y ópticas de algunos materiales de construcción de una región del estado de Puebla, los cuales se producen de manera semi-industrial en algunos casos y de los cuales no se conocen dichos valores y sin embargo su comercialización es alta.
- Poder realizar un comparativo de los datos obtenidos con los datos de bibliografía para poder evaluar el grado de estandarización que se puede presentar en cuanto al manejo de los datos. Al hablar de estandarización me refiero a que tan verídico o real puede llegar a ser, el tomar un dato de un material que se elabora y utiliza en diversas regiones de la república y que su composición es similar con características muy parecidas; y analizar que tanto puede variar el cálculo de balance térmico si se consideran diferentes valores.
- Conocer aspectos de la normatividad y a los organismos que la rigen en México y en otros lugares del mundo para poder analizar los sistemas y la metodología que se presenta. Así como también la normatividad y control que se tiene de los materiales de construcción que se han analizado.
- Exponer la manera de realizarse las pruebas de laboratorio con relación a dichos materiales y poder lograr transmitir el interés a otros con el objetivo de que se continúen, a fin de poder llegar a tener un catálogo por regiones del país, en el cual se muestren los materiales producidos y de mayor demanda con todas y cada una de sus características y propiedades, creando con esto una base de datos para la aplicación de cualquier norma en el ámbito nacional con variantes de acuerdo a cada zona. Y esto a su vez, propiciaría no solo a que se obligue al fabricante dar las características, sino que se daría como elemento de competitividad entre fabricantes, tratando de mejorar o de innovar sus productos.

Sin embargo se consideran como *ideas sustanciales* de este trabajo:

- El ahorro de energía en la edificación
- La selección de materiales
- La normalización
- La aplicación de las propiedades obtenidas
- La metodología de Medición.

Para poder llegar a cumplir con los propósitos que se consideraron se realizó una investigación dividida en dos etapas las cuales son:

Etapa Experimental

Esta se inicio desde el momento que se buscaron los laboratorios, ya que no solo deberían de contar con el equipo de medición, sino que además deberían de estar acreditados o en proceso de acreditación por parte de los organismos de normalización como la CONAE o la SECOFI quienes indican si el laboratorio se encuentra en condiciones de realizar dichas pruebas.

Posteriormente se conoció el equipo, su funcionamiento y se elaboraron las muestras para proseguir, con la etapa de medición. Una vez que se obtuvieron los datos se continuo con la interpretación de resultados cuyas fundamentación esta dada en la física, una física que no es complicada sino muy lógica y con tendencia al pronostico.

Esta etapa de experimentación fue dividida en dos, ya que como se explica anteriormente, existe una serie de análisis de materiales, con el fin de obtener las propiedades *Ópticas* y *Térmicas* requiriéndose de procesos diferentes.

Etapa Teórica.

Esta etapa sustenta a la parte experimental, realizándose ambas de manera simultanea ya que ésta es toda la parte de conceptos, leyes, normas, métodos, catálogos, etc., que sirvieron a la experimental de base y de guía.

Además de esto, en esta etapa se desarrollan todos los procesos que se incluyen en la tesis como la parte de Normalización y Metodología de selección que se propone.

¿Por que se elige la región del estado de puebla?

-
- Primero por ser mi lugar de origen, en el cual ejerzo como profesionista, por tanto el uso y aplicación de los materiales de esa región es para mí conocido e importante.
 - Por ser una región en la que el uso del adobe se ha venido a substituir por el block.
 - Por estar relacionada con personas que se dedican a la fabricación de materiales.
 - Por ser una región que se considera en la zona centro del país y que es caso de estudio, esto lo menciono por que existe un proyecto que no se ha realizado, con el cual se pretende armar un catalogo de datos y de propiedades de los materiales de construcción de mayor demanda y uso de la zona centro del país, que en su mayoría son de elaboración artesanal.
 - Y por que esta región se encuentra ubicada en medio de dos estados importantes como lo son Veracruz e Hidalgo, de los cuales se suministra de materiales; además de tener condiciones climáticas muy específicas.

Metodología General

Es conveniente mencionar que en el logro de este trabajo se encontraron varias dificultades de las cuales, las más representativas fueron:

- En México son muy pocos los laboratorios acreditados para realizar pruebas de este tipo, y aun más representativo que a la gente que se dedica al análisis de propiedades ópticas y térmicas, no les interesen los materiales de construcción. De hecho en el laboratorio del Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM, el equipo se encuentra en desuso sin mencionar que ya presenta averías precisamente por este efecto. Y peor aun que ningún arquitecto ni por error esta en la plantilla de trabajo de investigaciones de este tipo.

Para las pruebas de térmica tuve que realizarlas en el Centro Nacional de Investigación Tecnológica, ubicado en Cuernavaca Morelos, ya que es el único lugar donde se encuentra el equipo y el laboratorio en proceso de acreditación.

Para las pruebas ópticas se acudió a dos laboratorios, uno en el Instituto de Investigación en Materiales ubicado en Ciudad Universitaria en la UNAM, en este se realizaron las pruebas de Transmitancia y Absortancia y posteriormente en el Centro de Investigación en Energía, el cual esta ubicado en Temixco Morelos, se llevaron acabo las pruebas de Reflectancia y Emitancia.

- Los organismos encargados de normalizar todo lo relacionado a pruebas de laboratorio y en especifico de materiales de construcción no están plenamente organizados y las normas con las que se regulan los productos actuales son en algunos casos de mucho tiempo atrás, esto no se expone con el fin de criticar, sino para tomar conciencia y mejorar lo que no este bien hecho, o bien para realizar lo que no existe.
- Existen laboratorios de empresas privadas que probablemente si analicen estos materiales pero no hay difusión y tampoco están inscritos como laboratorios que ofrezcan este tipo de servicios en CANACINTRA.

Uno de los factores que motivo el continuar con dicho trabajo fue, que las personas que me apoyaron no solo con el equipo sino dando asesorías de los conceptos básicos para entender el despliegue de resultados y los procedimientos, están al igual que otras muchas más interesadas en obtener dichos datos, por la aportación que se puede tener en la industria de la construcción refiriéndonos no solo al área de fabricación de productos, sino de proyecto y adecuación de las edificaciones con relación a su clima y condiciones ambientales, sin requerir más de lo indispensable de energéticos para su logro.

Esto lo comentaron no solo por ser investigadores, sino como usuarios, ya que en la mayoría de los casos dichas personas no son arquitectos ni algo similar, pero si han tenido o han notado que existe deficiencia en tal o cual material, que es agradable estéticamente o bien que resiste, pero que no es congruente al clima ya que deja pasar el frío o bien que al aplicarlos la vivienda se convierte en un horno.

Este trabajo no pretende inventar algo nuevo, sino únicamente motivar aunque sea a pocas personas para que continúen con este tipo de investigaciones, que más que ingenieros y físicos, químicos, debería de realizarla los arquitectos en conjunción con una gama de profesionistas de otras ramas. También en este trabajo es muy aceptable la idea no-solo de hacer pruebas con los materiales tradicionales, sino seria muy interesante hacerlo con los nuevos materiales, pero es básico que primero iniciemos con algo que es la materia prima del momento, y que ha tenido un uso y aplicación por décadas, y que estamos desplazando sin conocerlo del todo, por nuevos de los cuales sabemos mucho menos.

Secuencia Capítular

La Secuencia Capítular en este trabajo se basa en la necesidad de evitar al máximo el derroche de energéticos utilizados en las edificaciones, considerando como punto de partida:

- *Capítulo I Normalización* (Las restricciones, normas y demás lineamientos)
- *Capítulo II La Energía* (Es fundamental saber, de que hablamos, así que continuamos con definir la energía)
- *Capítulo III Propiedades* (Descripción de las propiedades que nos interesan)
- *Capítulo IV Metodología* (Descripción de los métodos de análisis o de obtención)
- *Capítulo V Resultados* (Reporte y análisis de los resultados obtenidos)
- *Capítulo VI Criterios de Selección* (Bases para seleccionar el material apropiado según se requiera)
- *Capítulo VII Conclusiones* (conclusión de dicho trabajo con datos reales obtenidos en laboratorios acreditados incluyendo gráficas comparativas y recomendaciones).

En cada capítulo se ha mencionado la importancia de las propiedades termofísicas de los materiales de construcción en el análisis térmico de las edificaciones, y sobre todo se ha insistido

en el conocimiento que se debe de tener de dichas propiedades ya que esto nos permitirá entender el comportamiento y los procesos térmicos que presentan los materiales y el mismo edificio en su entorno.

Al termino de dicho trabajo se ha logrado tener un solo documento con lo más relevante sobre propiedades ópticas y térmicas de materiales de construcción relacionados con el análisis térmico, como:

- Obtener listado de propiedades ópticas térmicas y físicas de los materiales de mayor utilidad en la industria de la construcción de manera general, reportados en la literatura.
- Obtener el listado de propiedades ópticas y térmicas de materiales de construcción de mayor uso en la región de Huauchinango, Puebla. Analizados en laboratorio.
- Comparación de resultados experimentales con datos de bibliográficos, a través de gráficas.
- Demostrar por medio de valores y gráficas la variación que existe con la aplicación de datos de bibliografía y datos reportados de análisis.
- Conocer y reportar el funcionamiento de equipó de análisis y la metodología de selección.
- Reportar los organismos así como las normas existentes relacionadas con materiales en función del uso eficiente de energéticos.

Por lo tanto, después de realizar este trabajo se puede concluir, que el objetivo principal se cumplió mediante la realización de cada uno de los objetivos particulares, que anteriormente se mencionaron.

Y es necesario realizar un juicio de las condiciones en que se encuentran los materiales y de sus características, antes de hacer la elección de cualquier valor, con el único fin de poder proporcionar un valor lo más cercano a la realidad.

***“Si no sabes hacia donde vas, probablemente acabarás en cualquier otro lado”
Laurence J. Peters***

CAPITULO I

NORMALIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

En este capítulo lo que se pretende es reportar, por llamarlo de algún modo, todo el movimiento que se ha generado entorno del uso eficiente y racional de energéticos, siendo el sector habitacional uno de los más importantes y que juega un papel de sumo interés en plan de eficiencia energética. Así bien se mencionan los organismos y las normas constituida, como propuestas de posibles maneras de poder utilizar de manera racional los energéticos.

En México, la facturación energética anual supera los 400 mil millones de pesos anuales. De acuerdo a la experiencia nacional e internacional, se pueden lograr ahorros de más del veinte por ciento de la energía que actualmente se consume con acciones cuyo costo es casi nulo o con inversiones con altas tasas de retorno [47]. Esto significa que, en México, se pueden ahorrar, sin modificar los servicios que se tienen gracias a la energía, más de 80 mil millones de pesos anuales en la facturación energética. Sin embargo, los individuos y las empresas tienen preocupaciones económicas más urgentes e importantes desde su perspectiva, por lo que, generalmente, no tienen como prioridad el ahorro de energía. Por esa razón, y por la necesidad de cuidar bienes públicos, es necesaria la intervención del Estado, con medidas e instrumentos para facilitar y promover las acciones que permitan aprovechar cabalmente, para beneficio del país, ese potencial.

En México, una de las piezas fundamentales de la política de ahorro de energía es la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), creada por acuerdo presidencial de 1989 para “fungir como órgano técnico de consulta” de todos los sectores económicos del país. En septiembre de 1999, por Decreto Presidencial, se convirtió, con el mismo objeto, en órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía.

A la fecha, la CONAE ha concentrado sus esfuerzos en cuatro actividades institucionales: la normalización (establecimiento de Normas Oficiales Mexicanas para la eficiencia energética), la asistencia técnica, la respuesta a consultas técnicas y la promoción de alternativas tecnológicas relacionadas al ahorro de energía y el aprovechamiento de energía renovable [47].

Misión Conae

La misión que se ha definido para la Conae es la de diseñar, promover y fomentar lineamientos y acciones en materia de ahorro y uso eficiente de energía y aprovechamiento de energías renovables en el país; brindar asistencia técnica en la materia a los sectores público, privado y social; así como concertar la implantación de las normas de eficiencia energética.

Visión Conae

Como visión, la Conae busca ser un organismo público de alta calidad, eficacia y eficiencia en el diseño, instrumentación y operación de programas de alcance nacional para el ahorro de energía y el aprovechamiento de las energías renovables.

Funciones Conae

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, de acuerdo a su Decreto de Creación, tiene las facultades siguientes [47]:

1. Expedir disposiciones administrativas en materia de ahorro y uso eficiente y racional de energía, de conformidad con las disposiciones legales aplicables;
2. Fomentar la eficiencia en el uso de energía mediante acciones coordinadas con las diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios y, a través de acciones concertadas, con los sectores social y privado;
3. Preparar los programas nacionales en materia de ahorro y uso eficiente de energía y el fomento del aprovechamiento de energías renovables, someterlos a la consideración y, en su caso, autorización de la Secretaría de Energía;
4. Formular y proponer al Ejecutivo Federal, a través de la Secretaría de Energía, los programas de operación, inversión y financiamiento que se requieran a corto, mediano y largo plazo para cumplir con los objetivos en materia de fomento de la eficiencia en el uso de energía y el aprovechamiento de energías renovables;
5. Promover y apoyar la investigación científica y tecnológica en materia de ahorro y uso eficiente de energía, así como del aprovechamiento de energías renovables;
6. Promover, gestionar y, en su caso, apoyar las actividades tendientes a obtener y aplicar los fondos provenientes de fuentes de financiamiento públicas y privadas, para la implementación de acciones para el ahorro y uso eficiente de la energía;
7. Promover mecanismos que permitan el desarrollo, la fabricación y la utilización de productos, dispositivos, aparatos, equipos, maquinaria, instrumentos o sistemas para el ahorro y uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de energías renovables;
8. Facilitar, conforme a las bases establecidas en este Decreto y demás ordenamientos jurídicos aplicables, la participación de consultores y empresas especializadas en la realización de las acciones para fomentar la eficiencia en el uso de energía;
9. Prestar servicios técnicos, de asesoría y otros en materia de ahorro y uso eficiente de energía;
10. Integrar, analizar y, en su caso, difundir la información sobre ahorro y uso eficiente de energía, que proporcionen, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, las personas que realicen estas actividades dentro del territorio nacional;
11. Realizar actividades de difusión para alcanzar sus objetivos sobre eficiencia energética, dentro del tiempo de que dispone el Estado en la radio y la televisión conforme a las disposiciones que al respecto establece la ley de la materia, y
12. Participar en la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, en coordinación con las dependencias que tengan facultades para expedirlas, en el ramo del ahorro y uso eficiente de la energía, y aprovechamiento de energías renovables.

Es importante considerar que en nuestro país existe un sinnúmero de normas relacionadas con el sector de la construcción que han sido generadas con el único fin de poder tener parámetros que permitan tener el control de lo elaborado, en esto se incluyen normas para diversa actividades, como las que se requirieron para este trabajo y son:

- De Fabricación: Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones
NOM-C-10-1986.
- De terminología: Termoaislantes NOM-C-238-1985
- De muestreo: Agregados NOM-C-30-1986,
- De determinación: Espesor y Densidad, Materiales termoaislantes de fibras minerales.
NMX-C-125.
Densidad, Materiales termoaislantes en forma de bloque o placa.
NMX-C-126.
- De Método de Prueba: transmisión térmica en estado estacionario. NMX-C-181.
Transmisión Térmica(Aparato de placa caliente)
NMX-C- 189.

En México, la continuidad del esfuerzo de normalización para la eficiencia energética se sustenta en los significativos ahorros de energía que se han obtenido a través de las 18 normas en vigor y del gran potencial de ahorro existente, además del interés expreso de la industria nacional de seguir fabricando productos con el valor agregado de la eficiencia energética, lo cual les permite participar con ventaja en mercados internacionales altamente competitivos.

Bajo esta perspectiva, las actividades de la Conae se orienta a mantener actualizadas las normas vigentes de acuerdo al desarrollo tecnológico y atender las necesidades de nuevas normas; a promover y apoyar el desarrollo de la infraestructura necesaria para la evaluación de la conformidad de productos y sistemas con las NOM's de eficiencia energética; y a dar apoyo en los procesos de certificación y verificación con el objeto de lograr la cabal aplicación de las mismas[47].

Normas Oficiales Mexicanas

NOM-001-ENER Bombas verticales
NOM-004-ENER Bombas centrifugas
NOM-005-ENER Lavadoras
NOM-006-ENER Sistemas de bombeo
NOM-007-ENER Alumbrado en edificios
NOM-008-ENER Envoltente en edificios
NOM-009-ENER-1995 Aislamientos térmicos industriales
NOM-010-ENER Bombas sumergibles
NOM-011-ENER Acondicionadores tipo central
NOM-013-ENER Alumbrado en vialidades
NOM-014-ENER Motores monofásicos
NOM-015-ENER Refrigeradores electrodomésticos

NOM-016-ENER Motores trifásicos
NOM-017-ENER Lámparas fluorescentes
NOM-018-ENER-1997 Aislantes térmicos para edificaciones
NOM-019-ENER Máquinas para hacer tortillas
NOM-020-ENER Envoltente de edificios para uso habitacional.
NOM-021-ENER Acondicionador tipo cuarto
NOM-022-ENER Refrigeración Comercial

La normalización para la eficiencia energética de productos y sistemas con consumos importantes de energía ha sido, en México y en las partes del mundo donde se ha aplicado, una medida de política pública de alta rentabilidad social, que permite al usuario de energía reducir sus costos de operación, al fabricante darle un valor agregado a sus productos, al país reducir sus necesidades de inversión en nueva infraestructura energética y, lo más importante, contribuir a la preservación de sus recursos naturales no renovables

Para poder llevar adelante este tipo de programas de Normalización, la CONAE busca coordinarse con los fabricantes y proveedores de equipos, cámaras industriales y comerciales, con la Secretarías de Economía y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la SEP, la SEMARNAT y la SEDESOL; con organismos como el Fide; con gobiernos estatales y municipales, empresas eléctricas, asociaciones y colegios de profesionales, las firmas de consultoría, las instituciones de educación superior e instituciones de financiamiento así como con diversos organismos internacionales.

Estas por mencionar algunas ya que son muchas dependiendo de lo que se pretenda. Estas normas se pueden consultar en diversos organismos que van desde la PROFECO, hasta el ONCCE que es los organismos de normalización y certificación.

En lo que se refiere exclusivamente al tema de ahorro de energéticos el organismo que lo esta manejando es la CONAE, que es la comisión Nacional de Energía, a través de la Secretaría de Energía.

Como se mencionaba anteriormente, esta Secretaria publico a través del Diario Oficial la Norma Oficial denominada "Eficiencia Energética en Edificaciones", la publicación fue emitida para comentarios en el año de 1995, y es importante mencionar que no tuvo gran aceptación se puede considerar que de alguna manera existió un rechazo, que desafortunadamente fue por parte de los Arquitectos, esto a razón de que se limitaba con toda esta normativa la creatividad del Arquitecto.

Quizá lo más importante que se dio al publicar esta norma, fue que hizo despertar la inquietud de muchos a favor o en contra, lo cual dio pie para que esta sufriera modificaciones y que hubiese más profesionistas interesados en el tema, tomando mayor fuerza las especialidades en fuentes alternativas de energía, incluyendo el tema en la preparación para el nombramiento del DRO, con esto no se dice que a partir de esta norma nazcan los estudio relacionados al tema pero si que despierta interés en un mayor número de personas.

En la actualidad la norma NOM-008-ENER de 1995 a sufrido modificaciones no solo del planteamiento, sino de contenido y se han generado a partir de esta, normas que vienen de alguna manera apoyar todo este concepto.

1.1 NOM – 018 – ENER – 1997

Una de ellas es la *NOM – 018 – ENER – 1997*, denominada “*Aislantes térmicos para edificaciones, características, límites y métodos de prueba*”, en la realización de esta norma el grupo de trabajo estuvo constituido por organismos y por empresas, bajo la coordinación de la CONAE [44].

Dicha norma tiene por objeto establecer las características y métodos de prueba que deben de cumplir los materiales, productos, componentes y elementos termoaislantes, para techos, plafones y muros de las edificaciones. Así mismo esta responde a la necesidad de incrementar el ahorro de energía y la preservación de los recursos energéticos a través de la utilización de mejores materiales, así como a la de proteger al consumidor, orientándole en la selección de los materiales que le ofrezcan la mejor alternativa para su necesidad de aislar térmicamente su edificación.

Esta es aplicable a los materiales, productos, componentes y elementos termoaislantes, de fabricación nacional o de importación con propiedades de aislante térmico para techos, plafones y muros de las edificaciones, producidos y comercializados con ese fin. Excluyendo los aislantes térmicos para cimentaciones.

De acuerdo a esta norma el fabricante deberá proporcionar un instructivo que indique las especificaciones, recomendadas de uso, instalación y manejo del material, indicando como mínimo la conductividad térmica y/o resistencia térmica, densidad aparente permeabilidad al vapor de agua y absorción de humedad, dicha información estará contenida en una etiqueta indeleble en español, además de otros datos.

La norma está en vigor y las sanciones son de acuerdo a lo establecido por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás disposiciones legales aplicables.

Considero que esta norma viene a reforzar el planteamiento de esta tesis sobre todo por la importancia que se le debe de dar al conocimiento de los materiales y productos (en específico a las propiedades térmicas y de humedad) aplicables a la construcción, además de hacer hincapié en la necesidad y obligación que tiene el fabricante para con los consumidores.

Regresando a la norma que dio origen a la antes expuesta se puede notar, que el desarrollo de este tema puede llegar a generar un sin número de normas, sin desligarse de uno de los elementos quizá el más importante que tratar y que es el *Material de Construcción*.

1.2 NOM-008-ENER-1995

La norma 008 de 1995, inicialmente tiene como objeto establecer los requerimientos mínimos para el diseño y construcción en la envolvente de las edificaciones con objeto de lograr un uso eficiente de la energía requerida para el acondicionamiento de los espacios interiores.

En la norma se incluyen definiciones que de alguna manera nos adentran al tema, se dan las especificaciones referentes a requerimientos de diseño de la envolvente de los edificios no residenciales, explica las solicitudes que el DRO deberá de presentar, el método de cálculo ha seguir, los requerimientos de calidad de los materiales o productos manufacturados. Así mismo los métodos de verificación, tanto del diseño como durante la ejecución de la obra. La certificación y vigilancia de dicha norma incluyendo las sanciones. En esta se anexan apéndices con tablas de propiedades térmicas de los materiales más utilizados en la construcción y de formatos de cálculo; es importante mencionar que estos datos son tomados de bibliografía y de catálogos, hasta entonces no había laboratorios acreditados para las pruebas y hasta la fecha son pocos los laboratorios, pero ya los hay.

La norma no concuerda con ninguna Norma Internacional. Dicha norma no entro en vigor pero como ya se ha mencionado antes, esto dio pie a la asimilación del tema a modo de llagarlo a ver como algo necesario y que debió de darse desde inicio, ya que si se analiza una vivienda vernácula esta mucho mejor adecuada al clima que muchos de las viviendas actuales. Los Arquitectos debemos de recordar que el clima es un elemento esencial en nuestros proyectos y que tanto los materiales, la forma así como todos los elementos que conforma la edificación están relacionados o en función a este.

1.3 NOM-008-ENER-2001

Actualmente esta es la norma que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de marzo del 2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales cuya finalidad es la preservación uso racional de los recursos energéticos.

Dicha norma tiene como antecedente al proyecto PROY-NOM-008-ENER-1999, publicado en el diario oficial el 22 de septiembre del 2000, con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios. Una vez realizada la consulta y evaluados los cambios y modificaciones por el comité consultivo Nacional de Normalización para la preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, se publico convirtiéndose en la NOM-008-ENER-2001 [45].

El objetivo de esta norma es limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Esta norma se aplica a todos los edificios nuevos y las ampliaciones de edificios existentes, quedando excluidos los edificios cuyo uso primordial sea industrial o habitacional. Si el uso de

un edificio dentro del campo de aplicación de esta Norma constituye el 90 % o más del área construida, esta Norma aplica a la totalidad del edificio.

Para la correcta aplicación de esta Norma se deben consultar las siguientes normas vigentes:

NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida.

NOM-018-ENER-1997 Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba.

Estas dos normas que anteriormente se han descrito, son las que más destacan de este tema en nuestro país, sin embargo he considerado interesante conocer la normativa existente en algunos otros lugares fuera de nuestro país con el fin de tener conocimientos acerca de la importancia que este tema le han dado, así que indagué y encontré las Normas Europeas ENOR, en específico de algunas de España como la Norma Básica NBE-CT-79, que está incluida en el manual de Aislamiento de la edificación.

1.4 NORMA BASICA NBE-CT-79

Esta norma sustituye a un decreto que adoptó la administración pública en 1975 encaminado a la consecución de un ahorro energético a través de una adecuada construcción de los edificios, haciendo frente así a los problemas derivados del encarecimiento de la energía [46].

A groso modo esta norma incluye muchos aspectos a considerar y es muy rígida, por mencionar algunos tenemos:

El campo de aplicación, condiciones que se deben de cumplir en proyecto y en ejecución de obra, control de materiales, control de la ejecución, cuenta con cinco anexos, de los cuales tenemos la parte de definiciones, notaciones y unidades, el de cálculo del coeficiente de transmisión de calor K de cerramientos, Cálculo de KG de los edificios, Temperaturas y condensaciones de los cerramientos, condiciones de los materiales y la parte de recomendaciones dando el elemento, la solución y las ventajas e inconvenientes, dejando de manera libre la elección de los materiales y sistemas pero, sin salirse de los parámetros establecidos.

El hecho de indagar la normativa de otros lugares fuera del país, no implica adecuar lo encontrado sino tomarlo como elemento de comparación o de referencia ya que las condiciones, la cultura, la economía, etc., son diferentes, pero cualquiera que sea tienen el mismo objetivo en común que es el evitar el uso irracional de energéticos para lograr el confort en las edificaciones.

Así bien de este capítulo podemos concluir que no importa el lugar del que se trate, mientras existan edificaciones y habitantes a quien satisfacer, es necesario hacerlo de la mejor manera posible y que, una manera de controlar esta eficiencia es a través de las Normas, pero sobre todo a través de la conciencia no solo del que habita si no de los que tienen en sus manos desde el inicio evitar que se consuman energéticos de modo irracional y sobre todo que no logren satisfacer los mínimos de confort. En pocas palabras el *Arquitecto*.

LA ENERGÍA EN LA EDIFICACIÓN

2.1 Energía

La *energía* se define como la capacidad de los cuerpos o sistemas de cuerpos para efectuar un trabajo. La llamada *ley de la conservación de la energía* dice que, *“la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma en otras formas de energía”*.

Aunque se sabe que la energía total se conserva, también es sabido que en los procesos de transmisión, la parte útil que se obtiene va disminuyendo con cada transformación. Y es un concepto que como proyectistas debemos de considerar con el fin de conocer la cantidad final útil de energía captada o gastada en la edificación

Desde el hombre primitivo, el ser ha buscado en las viviendas un medio de protegerse de los factores climáticos. En la actualidad se pretende mayor grado de confort, siendo la consideración de temperatura confortable todo el año, y principalmente en los edificios habitacionales. Es importante considerar que el hombre que vive en ciudades pasa más del 85% de su vida en el interior de edificios. Mantener este confort térmico interior, requiere de un cierto consumo energético, que varía según la climatología de la zona geográfica.

Los aislamientos térmicos para la edificación, representan el sistema más eficaz para disminuir el consumo de energéticos.

En general se considera que los procesos térmicos en los edificios, son menos representativos en comparación con otros sectores como la industria, transporte, etc. y de este modo descarta del nivel de contaminación asociado.

La necesidad de aislar térmicamente un edificio está justificada por cuatro razones fundamentales:

- Economizar energía al reducir las pérdidas térmicas por las paredes.
- Mejorar el confort térmico, al reducir la diferencia de temperatura de las superficies interiores de las paredes y ambiente interior.
- Suprimir los fenómenos de condensación y con ello evitar humedad
- Mejorar el entorno medio ambiental, al reducir la emisión de contaminantes asociada a la generación de energía.

Aunque aislar es importante no es la única forma de evitar el uso irracional de energético, es una manera de evitar que se pierda o se gane calor según sea el caso, que se ha tratado o evitado.

2.2 La Economía de la Energía y los Sistemas

La importancia de la crisis energética actual obliga a considerar seriamente las posibilidades de ahorro.

¿Cómo se puede actuar para conseguir una economía de energía en la edificación?

Existen muchos recursos dentro de los que destacan la aplicación de los principios de la arquitectura bioclimática, que se caracteriza por la aplicación de sistemas activos y pasivos, como principios constructivos generados a partir de patrones de diseño bioclimático que responden a determinados condicionamientos de diseño.

La aplicación del diseño bioclimático se basa en cuatro sistemas que son, el Sistema solar activo, El sistema solar pasivo, el solar híbrido y los naturales de energía.

1. El **sistema activo** utiliza componentes mecánicos para lograr el confort térmico.
2. El **sistema pasivo** provee el confort térmico mediante los materiales inertes y la forma construida.
3. En los **híbridos** se combinan los principios activos y pasivos en distinta proporción y equilibrio.
4. En los sistemas **naturales** se considera a la energía solar, eólica, acuamotriz, geotérmica, etc.

Los sistemas de diseño bioclimático pueden ser concebidos si se analiza el grado de adaptación de la edificación al clima. Y esto se efectúa revisando su proceso físico de transferencia de calor usado y el estado resultante de confort humano. El análisis de cada elemento constructivo que conforma la edificación deberá ser realizado verificando las siguientes funciones:

1. **La forma de captación de energía**
2. **La manera de almacenamiento de energía**
3. **La manera en que transporta la energía**
4. **Su inercia térmica**
5. **Su capacidad reflectiva**
6. **La manera de emitir la energía**
7. **La manera en que transforma la energía**

En una edificación es importante conocer de qué manera se capta la energía, de qué forma la almacenará, como la distribuirá en el interior, si es capaz de irradiar energía almacenada, y en qué forma se transformará la energía manejada para conseguir el estado de confort.

Es conveniente que en cada material utilizado en la edificación, se compruebe su **inercia térmica**, la cual se define como la propiedad que tienen los materiales de retrasar o disminuir la temperatura exterior al transmitirla naturalmente al ambiente interno de la edificación.

La reflectancia del material depende de su naturaleza, su color, su rugosidad y su estructura molecular.

Los sistemas de aplicación del diseño bioclimático pueden utilizarse para enfriar o calentar el ambiente interno de la edificación. La estrategia de calentamiento es útil en regiones donde la temperatura es baja, mientras que el enfriamiento es más adecuado para regiones de temperaturas elevadas.

El calentamiento consiste en promover las ganancias de calor y resistir su pérdida. El enfriamiento promueve las pérdidas de calor evitando las ganancias. La forma de calentamiento como de enfriamiento puede ser directa o indirecta, es decir directa cuando la energía captada es utilizada de forma inmediata y la indirecta es cuando la energía captada se almacena para posteriormente utilizarla.

2.3 Sistemas Pasivos de Climatización

Pasivo significa receptividad, y conductividad de energía proveniente de una fuerza externa mediante el uso de materiales inertes. El sistema pasivo funciona con la energía aprovechable de su entorno inmediato, y es un principio de captación, almacenamiento y distribución de energía natural que funciona autónomamente, sin la aportación de energía artificial, es decir que este sistema no requiere de soluciones mecánicas [23].

A dicho sistema se le ha denominado solar pasivo ya que la principal forma de energía utilizada, directa o indirectamente es la proveniente del sol, el cual produce calor, que será manejado y controlado por el arquitecto para proveer el confort.

En los sistemas pasivos, se evita que la energía del sol caliente directamente el interior, buscando que la propia estructura del edificio almacene o disipe el calor permitiendo su distribución o evacuación. El calor es almacenado básicamente en los *materiales* que conforman la edificación. Al valor almacenado de calor de un conjunto de materiales se le denomina *Masa Térmica*, la masa térmica está definida por la inercia térmica del material y sus propiedades tanto térmicas como ópticas.

Este concepto coloca al sistema pasivo más cerca del dominio de la arquitectura que de la ingeniería, ya que el diseño arquitectónico es el que determina y condiciona el confort.

En edificaciones en las que se aplica este sistema, el flujo interno del calor captado de fuerzas externas se realiza utilizando métodos naturales, como son la *conducción*, la *convección* y la *radiación*. Estos denominados procesos físicos de transferencia de calor, que son los modos conocidos de propagación de la energía de un lugar a otro.

Conducción: Se produce entre dos cuerpos que están en contacto directo. Las moléculas, a mayor temperatura, excitadas, chocan transmiten parte de su energía a las moléculas contiguas y más frías. Cuanto mayor es la velocidad del flujo térmico o de la interacción molecular a través de un material y a una temperatura dada, más elevada es su conductibilidad.

Convección: Es requisito indispensable un flujo medio. El calor se traslada de un lugar a otro (vía) un fluido, sea gaseoso (aire), sea líquido (agua).

Radiación: No precisa un medio concreto. La energía radiante se transmite a modo de ondas electromagnéticas que se desplazan radialmente por el espacio y de los fluidos hasta ser absorbidas por un cuerpo sólido o bien reflejadas por una barrera radiante como la lamina de plata o de aluminio.

Este tipo de sistema pasivo, se puede apreciar en diversos ejemplos de la arquitectura vernácula, en los de cada pueblo, utilizando el clima como recurso, con base en observaciones y pruebas llego a adaptar sus viviendas utilizando los materiales propios del lugar y aprovechando las variables climatológicas predominantes.

2.4 Variables Climatológicas

Es bien sabido que existen tres elementos en el diseño que interesan por su importancia no solo en pequeñas edificaciones, se incluyen en propuestas de urbanización y son [30]:

Ubicación del predio

Vegetación

Clima

Terreno

Del terreno nos interesa su constitución y su forma. La constitución es importante por que es la parte en donde se desplanta la edificación y éste no deberá de estar fatigado, así bien la forma del terreno proporciona al arquitecto una amplia gama de soluciones tanto funcionales como expresivas. Su forma es importante por que puede darnos la posibilidad de mayor captación de vientos y de radiación solar. Que dependerán de la forma en sí y de las necesidades que se tengan ya sea para calentar o enfriar.

Vegetación

La vegetación desempeña un papel muy importante, como un elemento del paisaje natural y de la acción combinada del terreno y el clima. El tipo de vegetación puede modificar visualmente el terreno y también puede contribuir a la formación de un microclima en el interior del edificio. Por ejemplo un patio que éste 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, también los árboles se utilizan para moderar los vientos fuertes. A todo esto, se deberá de agregar el factor psicológico y visual que tiene la vegetación sobre el ser humano[30].

Clima

El terreno y la vegetación están influenciados por el *clima*, que es el 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*.

Cuando hablamos de clima, no le llamamos así por lo general, le llamamos tiempo; el cual es un termino mal empleado ya que *tiempo* son las condiciones de la atmósfera en un momento dado. En cambio el *clima* es el promedio de los estados del tiempo en una región determinada, calculado sobre observaciones realizadas durante un periodo muy largo (mínimo 5 años) para que el dato resultante sea confiable. Clima es el estado medio de la atmósfera de un lugar y resulta de los promedios de temperatura, presión, humedad y precipitaciones (Ver diagrama 1 de clima).

CLIMA

Elementos del clima (integrantes)

- * Temperatura
- * Presión
- * Vientos
- * Humedad
 - Nubosidad
 - Precipitación

Factores del clima (modificadores)

- * Latitud
- * Altitud
- * Corrientes marinas
- * Distribución de tierras y aguas
- * Tipos de suelo - vegetación
- * Otros

Diagrama 1 de Clima

Los elementos del clima y los factores climáticos determinan sobre todo el área técnica de la construcción, elección de materiales e instalaciones y orientación conveniente del edificio.

Radiación Solar

Es un fenómeno físico producido por el sol el cual consiste en despedir energía en forma de ondas electromagnéticas. La naturaleza de éstas es misma pero con distintas longitudes de onda, la radiación se divide en una amplia gama de estas longitudes, comprendidas entre 10^{-8} nm de los rayos cósmicos hasta 3×10^{10} nm de las ondas de radio como se muestra en la Diagrama 2.



Diagrama. 2 Espectro electromagn3tico

La Radiaci3n solar est3 presente en la superficie terrestre, e incluye el espectro de 0.25 a 100 nm se le conoce como radiaci3n total, que a su vez se divide en *radiaci3n solar* de 0.25 a 4.5 nm y *Radiaci3n extraterrestre* de 4.5×10^3 nm [31].

La radiaci3n solar es la principal radiaci3n utilizada en la arquitectura bioclimatica, las fusiones termonucleares que se producen en el n3cleo de sol liberan energ3a en forma de radiaciones electromagn3ticas de alta frecuencia, al atravesar el espacio estelar, la radiaci3n solar viaja en diferentes frecuencias o longitudes de onda.

La mayor parte de la energ3a radiada del sol en frecuencias muy altas, es decir, en longitudes de onda sumamente cortas y nos percatamos de 3sta energ3a gracias a la luz visible y la luz infrarroja. La luz infrarroja es la causante del calor.

La cantidad de energ3a captada por radiaci3n solar depende de dos factores fundamentales:

- La posici3n del sol
- El 3rea expuesta de captaci3n.

El 3rea que intercepta la radiaci3n solar es la que determinar3 la cantidad m3xima de energ3a radiante que podr3 captarse. Sobre un material determinado, la radiaci3n solar podr3 reflejarse, transmitirse o absorberse, y depende de la textura, del color, de su constituci3n molecular y de muchos otros factores del material.

Un *cuerpo negro* es aquel que tiene la capacidad de absorber y emitir radiaci3n indiscriminadamente en todas las longitudes de onda y en todas direcciones, y el espectro solar fuera de la atm3sfera corresponde a la radiaci3n de un cuerpo negro a una temperatura de 5762 3K.

La atenuaci3n de la radiaci3n solar es causada por la absorci3n del ozono en las capas exteriores de la atm3sfera que ocasiona una disminuci3n de la radiaci3n correspondiente a la regi3n

ultravioleta. En longitudes de onda existen una serie de bandas de absorción causadas por vapor de agua, dióxido de carbono y el ozono. La cantidad total de atenuación en cualquier lugar esta determinada por la longitud de trayectoria de los rayos solares a través de la atmósfera. Dicha 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 cenit a nivel del mar y se va incrementando conforme el movimiento aparente del sol se acerca más al horizonte. Por razones practicas a nivel del mar, la masa M es igual a 1.0, mientras que fuera de la atmósfera se representa como M igual a cero por que no hay capas de aire que disminuyan la radiación solar.

También para efectos de calculo de propiedades ópticas de materiales es común reportarlas a una masa promedio. Este dato corresponde a una masa de 2 y corresponde a un ángulo de incidencia $\theta_z \cong 60^\circ$.

Todos los aspectos descritos anteriormente deberán de ser considerados como herramientas o elementos de diseño tanto en una casa como en un proyecto urbano. Con esto lograremos un diseño óptimo, funcional, económico (en costos de consumo de energía y de construcción), seguro, resistente a los fenómenos meteorológicos y agradable a la vista. Es decir, estaremos realizando en pocas palabras una *Arquitectura de Calidad*.

CAPITULO III

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES EN EL CÁLCULO TÉRMICO

3.1 El Calculo de Balance Térmico

El arquitecto para asegurar el comportamiento de la edificación se basa en una serie de cálculos y simulaciones con el objeto de acercarse lo mejor posible a la realidad.

En el caso del comportamiento térmico se recurre al calculo de balances térmicos, el cual involucra variables que pueden ser internas del propio edificio o bien externa provenientes ambas de techos, muros, ventanas, maquinaria, personas, etc.

Dicho cálculo esta basado en 2 tipos de estudio [15,23].

Régimen permanente: En este la carga térmica se calcula a una hora en la que se presentan las condiciones climáticas extremas.

Régimen transitorio: Este se realiza tomando en cuenta la variación de las condiciones climáticas a lo largo del día

El comportamiento térmico de un edificio, se da en función del proceso de intercambio de calor entre el edificio y el medio ambiente (clima), así como de la energía empleada dentro del edificio mismo.

El término de *carga térmica*, se aplica a la resultante de los cálculos de todos los flujos de calor, que en acondicionamiento artificial de edificios remueve el equipo de aire acondicionado.

La carga térmica se puede calcular aproximadamente y la manera más apropiada para el diseño de climatización natural, es tomando en cuenta la variación de las variables climáticas a lo largo del día.

Tomando en cuenta la naturaleza de las cargas térmicas (energía interna que hay que sustraer o proporcionar al aire), se pueden clasificar en: *Sensible o Latente*.

Será sensible cuando provenga de una ganancia de calor directa por cualquier mecanismo de transmisión de calor (conducción, convección y radiación) y que se traduzca en un incremento en la temperatura del aire en el interior.

Será Latente cuando exista adición de humedad al sistema (vapor generado por los ocupantes, cafeteras, etc.), y los dispositivos de climatización natural o cuando los equipos de aire acondicionado mantengan la humedad específica constante en el sistema.

De acuerdo a la procedencia, podemos dividir las ganancias de calor en:

- Ganancias de calor a través de paredes, techos y ventanas por conducción, QCOND (Sensible).
- Ganancia directa de calor solar, QSHG (Sensible)
- Ganancia de calor por ventilación, QVENTS y QVENTL (Sensible y Latente).
- Ganancia de calor por infiltración, QINFLS y QINFLL (Sensible y Latente)
- Ganancia de calor generada por ocupantes, QGENTS y QGENTL (Sensible y Latente).
- Ganancias de calor debidas a equipo eléctrico, QELECT (Sensible)

Ganancias de calor a través de paredes, techos y ventanas por conducción, QCOND (Sensible).

Para el flujo de calor a través de paredes, el techo y piso, que pueden ser consideradas como placas planas, la solución es:

$$Q = U A (T_2 - T_1)$$

Donde $T_2 - T_1$ corresponde a las temperaturas del aire a uno y otro lado de la placa, que varia a lo largo del día.

Las formas particulares de la ecuación son:

QCOND = U A (Tamb - T cuarto) a través de muros

QCOND_T = U A (Tamb - T cuarto) a través de techos

QCOND_V = U A (Tamb - T cuarto) a través de ventanas

A = Area de muro, techo o ventana (m²)

Tamb = Temperatura del aire exterior (°C)

T cuarto = Temperatura del aire interior (°C)

U = Coeficiente de transferencia de calor (watts/m² °C)

$$U = \frac{1}{1/h_o + e_n/k_n + 1/h_c + e_r/k_2 + 1/h_i}$$

h_o = coeficiente de convección del aire exterior

h_i = coeficiente de convección de aire interior

k_n = conductividad térmica de la capa n de material

e_n = espesor de la capa n de material

h_c = coeficiente de calor del aire interior por convección para espacios de aire, verticales y horizontales.

Ganancia directa de calor solar, QSHG (Sensible)

La ganancia de calor solar, es la cantidad que pasa a través de la ventana y que proviene de la radiación solar directa, parte de ella eleva la temperatura del aire interior, y es sumada inmediatamente a la carga instantánea, el resto se almacena en muebles, alfombra, etc. sobre los cuales incide, y posteriormente contribuye a elevar la temperatura del aire interior.

Ganancia de calor por ventilación, QVENTS y QVENTL (Sensible y Latente).

La cantidad de aire que manejan los ventiladores y que entra al espacio acondicionado, incorpora al aire interior una cantidad de calor, esta puede ser dividida en sensible y latente.

Ganancia de calor por infiltración, QINFLS y QINFLL (Sensible y Latente)

La cantidad de aire que entra al espacio acondicionado por infiltración a través de grietas, ranuras (en puertas y ventanas) o hendiduras en la estructura del edificio, incorpora una cantidad de calor que también se divide en sensible y latente.

Ganancia de calor generada por ocupantes, QGENTS y QGENTL (Sensible y Latente).

El ser humano, como cualquier animal de sangre caliente, puede ser considerado como una bomba de calor que proporciona al espacio interior del edificio una cantidad de calor como consecuencia de las reacciones exotérmicas llevadas a cabo en las células. Este calor del cuerpo desprendido al medio que le rodea puede ser dividido en dos partes.

El calor Latente es debido a la humedad que, como consecuencia de la respiración y el efecto de la transpiración de la piel, el cuerpo humano incorpora al ambiente.

El calor que el aire, en contacto con la piel, toma de éste, es sumado al calor radiante que emite la piel al medio circundante.

Ganancias de calor debidas a equipo eléctrico, QELECT (Sensible)

La ganancia de calor debida a equipo eléctrico se suma de manera integra a la carga total. Esta carga proviene de proyectores, iluminación, etc., y se considera que a potencia eléctrica consumida por estos, es finalmente incorporada al espacio en forma de calor.

De las ganancias de calor que penetran al cuarto, una parte afecta a la temperatura del aire del interior y se convierte inmediatamente en carga de enfriamiento o calentamiento para mantener la temperatura deseada. La otra porción se almacena en la masa del mobiliario y los materiales que componen al edificio, y de estos pasa al aire del cuarto en un tiempo mayor que en el caso del aire. Retrasos similares se asocian con ganancias de calor por iluminación y equipo eléctrico, maquinaria y gente.

Como se puede observar en dicho calculo intervienen una serie de datos de propiedades de los materiales de construcción las cuales podemos clasificar en tres y son las siguientes.

3.2 PROPIEDADES

3.2.1 Propiedades Termofísicas

Las siguientes características están clasificadas como propiedades ópticas ya que 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 nm), el visible (0.4 a 0.7 nm) y del cercano infrarrojo (0.7 a 2.5 nm), y dependiendo de las características del material, esta radiación es o bien absorbida, reflejada o transmitida. (Ver fig. 1)[23,3,21].

- **Absortancia (α):** Porcentaje de radiación solar que absorbe la superficie de un material.
- **Reflectancia (ρ):** Porcentaje de radiación solar que refleja la superficie de un material.
- **Transmitancia (t):** Es la cantidad de energía que atraviesa al cuerpo por transparencia como ocurre en el vidrio.

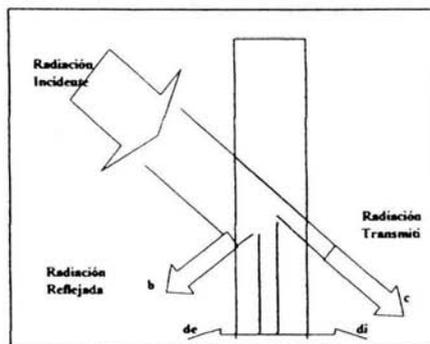


Fig. 1 Acción de la radiación sobre un elemento constructivo

De acuerdo a estas propiedades podemos clasificar a los materiales en *opacos* y *translúcidos* (ver fig. 2)

Un material *opaco* es aquel cuya transmitancia es igual a cero, es decir aquel cuya porción de radiación que traspasa el material es nula.

Un material *translucido* es aquel cuya transmitancia es diferente de cero, es decir aquel que dejará pasar un porción de la radiación incidente sobre su superficie.

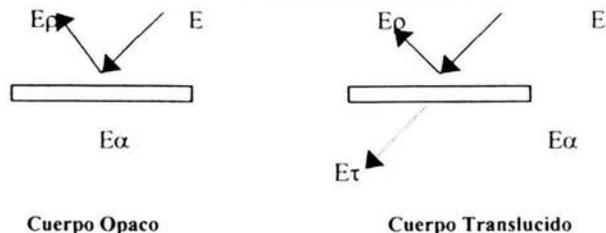


Fig. 2 Comportamiento de la radiación al incidir sobre un cuerpo.

El fenómeno de la Reflexión se presenta de dos formas, cuando la radiación incide sobre el cuerpo y si el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado se llamara reflexión *especular*. Sin embargo cuando los rayos reflejados son uniformemente distribuidos en todas las direcciones, se llamará *difusa*.

En los materiales con superficies rugosas se presenta la reflexión Difusa, al contrario de los materiales con superficies lisas en las que se presentara la reflexión *especular*. (Ver fig. 3)



Fig 3 Reflexión especular y difusa

Los materiales se comportan selectivamente con respecto a la radiación incidente, esto quiere decir que la cantidad de energía que absorben, reflejan o transmiten, es diferente para cada longitud de onda. Por tanto 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 [23].

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 las características para reflejar radiación térmica (infrarrojo).

En general solo superficies muy pulidas o brillantes como la 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.

- **Emitancia**

Todos los materiales radian energía térmica en todas direcciones por el movimiento continuo de sus moléculas esto dependiendo de su temperatura, y en contraste con la radiación solar, que consiste en radiación de onda corta emitida a muy alta temperatura, la radiación térmica o calor; consiste en radiación infrarroja emitida en onda larga. Por esta razón los problemas de energía térmica o calor se estudian considerando dos fuentes principales de emisión: una es la del sol o cuerpo de alta temperatura, que es un emisor de ondas cortas; y otra esta compuesta por todos los cuerpos que nos rodean o cuerpos de baja temperatura, dado que por lo general poseen temperaturas menores a 100°C y emiten ondas largas.

En general la mayoría de los materiales son buenos emisores de radiación térmica. La Emitancia 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 tienen emitancias de alrededor de 0.9 lo que significa que radian el 90 % de la energía térmica posible a una temperatura dada [23].

Todos lo elementos del medio como paredes, muros, pisos, techo, maquinaria, etc. emiten calor, 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 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.

- **Densidad**

La densidad es la propiedad que relaciona el volumen y la masa de los cuerpos. Y se mide para conocer las propiedades y composiciones de los materiales.

El calentamiento del edificio se inicia cuando la radiación incide sobre la envolvente del edificio, esta absorbe una parte y provoca que la temperatura del edificio aumente, calentando primero 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, como la conductividad térmica, el espesor de las paredes y techos, emitancia de los materiales, tipo de paredes, etc., mientras el edificio este expuesto a la radiación. El edificio entonces se convertirá en 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[23].

- **Calor Especifico**

Es 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 los 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. Cuando a 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 [23,15].

- **Conductividad Térmica**

Se le conoce a la propiedad de los cuerpos de transmitir el calor por conducción y expresa la cantidad de calor transmitido a través de un cuerpo considerado homogéneo, en un régimen estacionario, por unidad de espesor, unidad de área y unidad de tiempo.

La conducción es una forma de propagación de calor de un medio sólido, líquido o gaseoso y se realiza por contacto directo de las moléculas de los cuerpos.

La velocidad a la cual se propaga el calor a través del material varía con cada material, por lo que, basándonos en esta propiedad podemos clasificarlos como buenos o malos conductores de calor [23,15,14].

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE MEDICION

En este capítulo lo que se describe es la metodología o los pasos que se realizaron para el análisis de los materiales, iniciando por la descripción de la zona geográfica estudiada, los procesos de selección, preparación de muestras la metodología en sí de medición.

4.1 Zona de Estudio

Comercialmente Huauchinango se encuentra influenciado por zona aledañas importantes, como ya se ha comentado anteriormente a escasa hora y media al Este se encuentra el estado de Veracruz del cual se consume lo que es tabique de rojo recocido, ya que en la localidad del Chote la producción de dicho material es parte del sustento y tradición de las comunidades así como una gran variedad de maderas, por otro lado al Oeste a una hora se encuentra la ciudad de Tulancingo Hidalgo que es la ciudad en donde se localizan las minas de piedra pomex y las de tezontle. De la zona de Huauchinango se extraen todos los tipos de piedras, las gravas, las arenas, así como muchos otros, es importante mencionar que no solo Huauchinango tiene este tipo de influencias, también esta Xicotepec, Tlaola, Juan Galindo, por mencionar algunos municipios de importancia.

4.2 Clasificación de Materiales

Esta clasificación de los materiales se realizó basándose en ciertas etapas las cuales fueron:

- La clasificación de los materiales se inició basándose en un método muy sencillo que es, *la observación*. Este consiste en realizar una serie de recorridos por diversos puntos del municipio y sin importar de que clase, tipo o nivel de vivienda sea, se registran los materiales que han sido usados para su edificación y si es que se está construyendo cuales son los que se utilizan, después de varios reportes se determinan comunes denominadores y se elabora una relación.
- Por otro lado se realizó una investigación de las edificaciones antiguas con el objetivo de obtener una relación de los materiales de mayor aplicación así como de los patrones de diseño que utilizaban.
- Por último se llevaron a cabo pequeños interrogatorios (¿materiales más empleados? ¿Por que los eligen o los recomiendan?, ¿Conocen las propiedades de ellos?, ¿Les gustaría conocerlos mejor?, ¿Qué materiales tienen mayor demanda?, ¿Se proporcionan características o se da alguna asesoría de uso y aplicación óptima de los materiales?, ¿Qué papel juega la calidad del material frente al costo del mismo?) a albañiles tomados al azar y a casas que se dedican a la venta y distribución de materiales de construcción de mayor importancia comercial en la zona, con el fin de obtener otro listado de materiales.

Una vez que se tuvieron las respuestas se realizó una transposición de datos y se fueron seleccionando con base en cuatro criterios que fueron:

1. Producción
2. La utilización y aplicación
3. La demanda y comercialización
4. Disponibilidad

Una vez que se tuvieron los materiales como cristales y vidrios, pinturas, blocks, tabiques, agregados como tezontle y piedra poma, laminas, pasto, etc., se procedió a la clasificación de los mismos. La lista que se presenta en el anexo 1 se realizó clasificándolos por tipo de material y por sus características naturales, laminas, piedras, maderas, metales.

4.3 Medición de Propiedades

Después de haber hecho la clasificación de los materiales y haber definido el área geográfica de estudio, se elaboraron las muestras de cada uno de los materiales que se sometieron a las diversas pruebas, considerando en la elaboración de las muestras las dimensiones que deberían de tener para poder analizarse según los requerimientos del equipo.

Para la elaboración de las muestras se consideraron las normas que existen relacionadas a muestreo y para las muestras que no requerían de elaboración sino de dimensionamiento, solo se acudió a los proveedores y se les solicito muestras con las dimensiones especificadas, sin que para estas muestra existiera algún terminado o trato especial, solo se procuró que las muestras estuvieran limpias de polvo y de grasa.

4.3.1 Densidad

Método: La densidad de los materiales se determinó por medio del método de desplazamiento de Arquímedes, en este método, la densidad se obtiene conociendo primero su masa (en gramos o kilogramos), después su volumen (en mililitros o litros) sumergiéndolo en un líquido de densidad y peso conocido, para obtener finalmente su densidad, dividiendo su masa entre su volumen.

Equipo: Para obtener la masa de las muestras se utilizo una balanza analítica que permite tener una precisión de diezmilésima de gramo, con lo cual se logra menor rango de duda. Para el volumen se utilizó una probeta de vidrio graduada.

Procedimiento: Se realizaron varias muestras de 4 x 4 cm. con espesor variable dependiendo del material del que se trate, se pesaron de manera individual en la balanza para obtener su masa y posteriormente se introdujeron en la probeta para obtener su volumen.

4.3.2 Conductividad Térmica

Procedimiento para la determinación de la conductividad térmica.

La conductividad térmica es una propiedad de estado permanente, y puede determinarse si se miden en condiciones de estado permanente la distribución de temperatura y los flujos de calor. La ecuación fundamental que rige el estado permanente de flujo de calor en una geometría de placa esta dado por:

$$(1) \text{ ————— } Q = (k \Delta T A) / L$$

Donde Q es la rapidez del flujo de calor a través de la placa en W.

k es la conductividad térmica del material de la placa en W/m K

ΔT es la diferencia de temperatura a través de la placa en °C o K

L es el espesor en m

A es el área de la sección transversal en m².

Los materiales que tienen valores bajos de conductividad térmica permiten que solo una pequeña cantidad de calor fluya y se les llama aislantes térmicos. En general se consideran materiales aislantes aquellos cuyo valor de conductividad esta en el intervalo de 0.03 a 0.17 W/m C°. Los materiales que tienen valores altos permiten que más calor fluya a través de la placa con una misma diferencia de temperatura.

La conductividad es una propiedad del material y no depende de la geometría de la muestra, en general, la conductividad térmica es función de la temperatura media de la muestra [5,12]. El material que forma la muestra normalmente es una mezcla, puede ser un compuesto laminar o contener porosidades o celdas vacías en las que el calor se puede transferir por convección y radiación, así como por conducción a través del material. En estos casos el parámetro k, que se define en la ecuación 1 es la conductividad térmica efectiva o aparente para un material heterogéneo.

Descripción del equipo utilizado

La prueba del material se realizó de acuerdo con la norma ASTM C177-93 , “Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate Apparatus”, se utilizó un instrumento Cenidet -305 mm Modelo APCG-001-96 de fuente de calor lineal circular. Un diagrama esquemático para la prueba se muestra en la foto 1. La muestra (A) se coloca entre la placa caliente (B) y la placa fría (C). El flujo de calor que se produce eléctricamente en la placa caliente fluye a la placa fría a través de la muestra. La guarda tiene la función de evitar pérdidas por transferencia de calor radial en el área de medición[32].

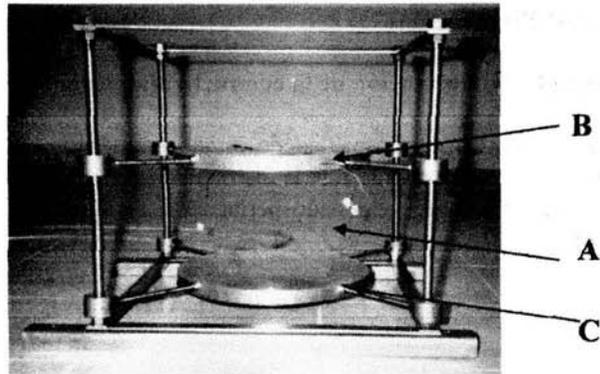


Foto 1. Imagen del equipo Cenedet – 305 mm M APCG-001-96

1. Descripción del APCG-001-96

Todas las placas del APCG son de aluminio. Las superficies de las placas en contacto con la muestra tienen una planicidad de 3×10^{-3} y están pintadas con pintura negra de emisividad 0.9 ± 0.05 a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ [12,19].

La placa fría contiene un intercambiador de cobre de 6.4 mm de diámetro por el cual circula el líquido refrigerante. La temperatura de la placa fría se mantiene a una temperatura uniforme por la circulación del fluido de un baño termostático. El baño termostático es comercial marca Polyscience, modelo 901, con una estabilidad de $\pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$. El flujo del fluido circula paralelamente a través de la placa fría. La temperatura de la placa se determina mediante los termopares T1 y T8.

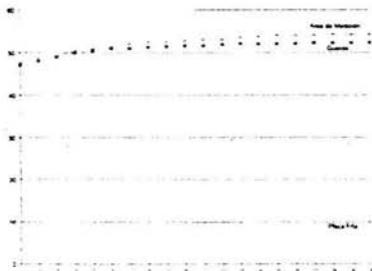
La placa caliente consiste de un arreglo entre el área de medición y la guarda, estos se mantienen unidos mediante pernos de acero inoxidable, la separación entre el área de medición y la guarda es de 1.2 mm. La guarda se calienta con un elemento calefactor que se encuentra a una distancia de 98.3 mm del centro del área de medición, el elemento calefactor es un filamento delgado de cinta de nicromel aislado eléctricamente con mica y tiene un espesor de 0.08 mm y un ancho de 11 mm con una resistencia eléctrica a temperatura ambiente de 20 ohm. En esta sección se encuentran alojados cuatro termopares T5, T6, T7 y T9.

El área de medición de la placa caliente se calienta usando un elemento calefactor que se localiza a una distancia de 53.88 mm del centro. Esto permite lograr que la temperatura superficial promedio en el área de medición se aproxime a la temperatura del borde. El elemento calefactor es un filamento delgado de cinta de nicromel aislado eléctricamente con mica y tiene un espesor de 0.8 mm y un ancho de 11 mm y una resistencia eléctrica a temperatura ambiente de 17 ohm. Esta sección contiene tres termopares T10, T11 y T12 separados 111 grados relativos a los alambres conductores del calefactor y se considera que proporcionan el promedio de temperatura en el área de medición.

La potencia eléctrica es suministrada por una fuente de corriente directa regulada y regulable al calefactor del área de medición. La fuente es marca BK - Precisión modelo 1646 y la potencia se determina basándose en las mediciones de corriente y voltaje a través del calefactor del área de medición con dos multímetros marca ER modelo MU-115.

La geometría completa de la placa caliente es circular de 305 mm de diámetro y un área de medición central circular es de 152.4 mm de diámetro.

La medición de las temperaturas se realizó empleando termopares Tipo T de Cobre/Constantán calibrados a los límites de error especificados en la norma ASTM E 230-83, "Temperature-Electromotive Force (EMF) Tables for Standardized Thermocouples". Todos los termopares fueron fabricados con alambre #30 AWG. Los termopares se fijaron a las superficies de los platos insertándolos en cavidades de 0.2 mm maquinadas en la superficie de los platos. Se insertaron un total de nueve termopares en las superficies de trabajo; tres en el área de medición y cuatro en el área de la guarda y dos en la placa fría. Los sensores de temperatura se conectan a una tarjeta multiplexora PCLD-789 que a su vez se conecta a una tarjeta adquisidora de datos PCL-812PG, la cual se encuentra alojada en una computadora y a través del sistema de adquisición de datos PCLS-920 GENIE para control de experimentos, que permite monitorear el estado de los termopares en distintos intervalos de tiempo, para alcanzar el estado permanente. Los intervalos de medición de la temperatura fueron de 5 minutos, el tiempo hasta alcanzar el estado permanente que fue de aproximadamente 6 horas. En la gráfica 1 se muestra el comportamiento de la temperatura de los termopares hasta alcanzar el estado permanente para una de las muestras proporcionadas.



Gráfica 1 comportamiento de termopares hasta alcanzar el estado permanente.

2. Calefactores

Para alcanzar la temperatura del plato caliente es necesario suministrar potencia eléctrica a los calefactores tanto del área de medición como de la guarda, esto se realiza con dos fuentes de potencia[32,33].

3. Fuentes de potencia de corriente directa regulada

Una fuente de corriente directa regulada y regulable marca BK- precisión, modelo 1646, la cual opera en los intervalos de 0-16 volt y de 0-10 amperes.

4. Medidores de Intensidad de corriente y Voltaje

La potencia eléctrica que se suministra a través de los calefactores se determina basándose en la intensidad de corriente y el voltaje alimentado medido con dos multímetros marca ER modelo MU – 115, con resolución e 0.1 m V y 0.001 m A.

5. Baño Termostático Recirculador.

Para proporcionar un flujo de fluido a una temperatura controlada al intercambiador de la placa fría se utiliza un baño termostático recirculador analógico marca PolyScience, modelo 901. Puede operar en el intervalo de -15°C a $+100^{\circ}\text{C}$, tiene un controlador de temperatura de estado sólido el cual asegura una precisión en el control de temperatura del baño dentro de $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ del punto de referencia. Este baño cuenta con tres puntos de temperatura fijados desde fábrica indicados con A, B y C, los cuales corresponden a temperaturas de $35,50$ y 75°C . Se tiene una bomba para recirculación, la cual puede operar a bajo o alto flujo. La capacidad del baño es de tres litros.

El tiempo requerido con el refrigerador funcionando para alcanzar una temperatura de 5°C a partir de una nominal de 40°C es de 40 minutos; lo cual representa en promedio una rapidez de enfriamiento de $1.1^{\circ}\text{C}/\text{minuto}$.

6. Sensores de Temperatura

Estos son de tipo T con alambre calibre # 30 AWG (0.2 mm de diámetro), los cuales se fijan a las superficies de los platos incertandolos en las cavidades que para tal efecto fueron maquinadas en las superficies de los platos, en total se colocan 9 termopares en la superficie de trabajo; tres en el área de medición, cuatro en el área de la guarda y dos en la placa fría.

7. Ampliación de la señal

Para amplificar la señal correspondiente a las mediciones los sensores de temperatura se conectan a una tarjeta multiplexora PCLD – 789D de 16 canales diferenciales de entrada a un canal de salida. Esta tarjeta puede amplificar la señal con diferentes ganancias, puede medir corriente en derivación y permite la medición de temperatura con junta de compensación de junta fría para mediciones con termopares de diversos tipos.

8. Unidad Adquisidora de Datos.

La tarjeta multiplexora PCLD – 789, a su vez se conecta a una tarjeta adquisidora de datos PCL – 812 PG, la cual se encuentra alojada a una computadora.

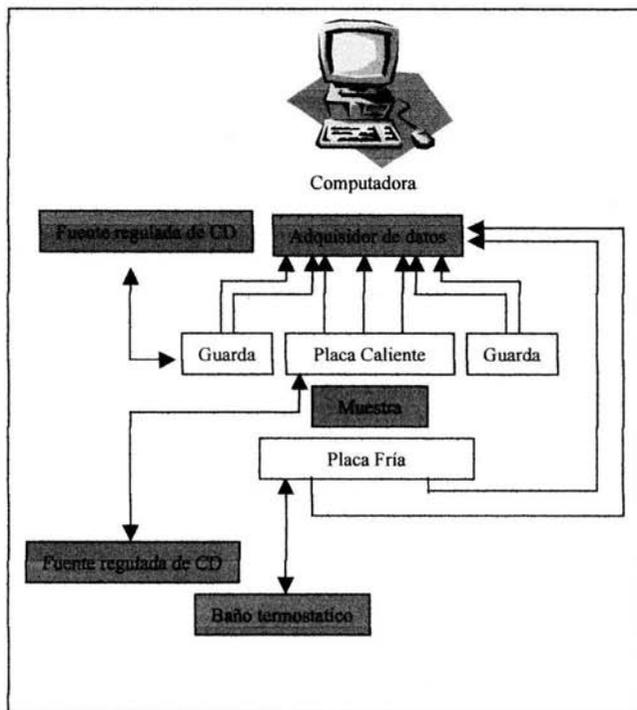
La tarjeta PCL – 812 PG, se usa con computadoras y cuenta con acceso directo a memoria que permite transmitir datos a gran velocidad, cuenta con convertidor A/D para 16 canales de entrada para señales analógicas de 12 bits, con una velocidad máxima de muestreo de 30 kHz en modo

DMA, cuenta con convertidor D/A para dos canales de salida, con cronometro programable con tres contadores de tiempo independientes de 16 bits y capacidad de expansión con el uso de la tarjeta.

2. Software Adquisidor de datos

Para a controlar el proceso de adquisición de datos durante el experimento y registrar la señal de los termopares en distintos intervalos de tiempo se utiliza el sistema PCLS – 920 GENINE.

Este sistema además de controlar variables como la velocidad de muestreo, permite obtener una visualización gráfica del experimento, permite realiza cálculos estadísticos básicos de los datos y permite exportarlos a manejadores de bases de datos más complejos. (Ver Diagrama 3)



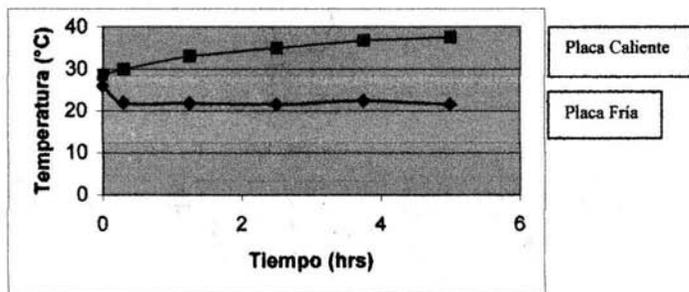
3 Diagrama esquemático del equipo completo

3. Medidores del espesor de la muestra.

Finalmente para determinar el espesor de la muestra se utiliza un micrómetro de interiores para medir la separación entre los platos y un micrómetro de exteriores para medir el espesor de la muestra dentro de los platos, estas dos medidas permiten determinar la separación de las placas.

4. Calibración y Caracterización.

El tiempo que se requiere para alcanzar el estado permanente es de aproximadamente 5 horas, pero este tiempo depende de varios factores como son la temperatura inicial, tipo de muestra, temperatura de la placa fría, variaciones de medio ambiente. En la gráfica 2 se puede observar el comportamiento típico de estabilización del sistema. Se puede observar que la placa fría se estabiliza en menos de 1 hora y la placa caliente requiere de aproximadamente 5 horas para alcanzar el estado permanente.



Gráfica 2 Estabilización de dos termopares

Los termopares se calibran a los límites de error especificados siguiendo el procedimiento e la norma ASTM – E-230-93.

Procedimiento

- **Preparación y colocación de las muestras**

Las muestras para las pruebas de conductividad se hicieron con las dimensiones requeridas de acuerdo a las dimensiones de los platos que son de 12 “ de diámetro y con un espesor de 1” el espesor puede variar hasta 3” como máximo, sin embargo en este caso las piezas se fabricaron en obra (es decir en el lugar en donde se fabrica el block) y se tuvo la oportunidad de cuidar las dimensiones sin embargo por razones de contacto entre las piezas y los platos se requirió de recortar las piezas de block rojo de forma circular con un diámetro de 6 “ y se les colocó un disco perimetral de unicel para lograr el contacto de manera uniforme, (Ver foto2).

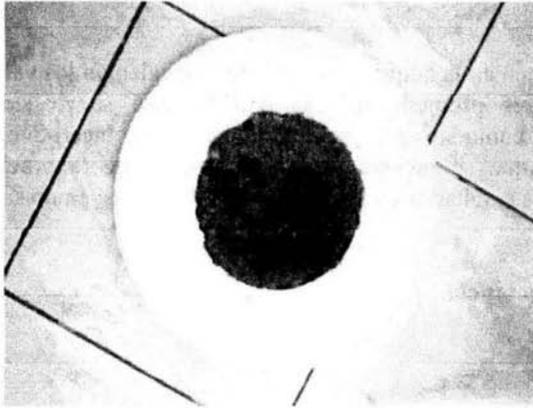


Foto 2 Muestra de block rojo

Con las muestras de block blanco no se requirió de ningún recorte a las piezas, estas se midieron con las dimensiones originales de 12"x12"x1".

Los materiales a granel, el tezontle y la pomex se vertieron en el aro de unicel y solo en el caso del tezontle que presento muchas cavidades y por tanto no estabilizaba, se coló una capa de papel metálico con el fin de evitar el flujo de calor al exterior es decir el papel actuaba como tapón además de evitar cualquier efecto del ambiente externo, con la pomex no se requirió la tapa puesto que es un polvo por tanto no existen tantas cavidades.

- **Estabilización del estado permanente**

Una vez que se realizo lo anterior, se procede a la estabilización del estado permanente. Las placas caliente y fría se ponen en operación para alcanzar las condiciones de temperatura a la que se realizara la prueba (en los reportes de resultados anexos se especifican los tiempos y las temperaturas para cada muestra).

Como ya se ha comentado el tiempo que se requiere para alcanzar el estado permanente varia de acuerdo a la muestra que se desea medir y las condiciones de la prueba.

Después de que se alcanza el estado permanente se realizan cinco corridas de adquisición de datos en intervalos de 30 minutos como mínimo y cada corrida contiene 10 puntos de las variables medidas en intervalos de 1 minuto.

Una vez terminadas las mediciones, se desmonta la muestra y los componentes del sistema, para examinar sus condiciones finales, se verifica su apariencia, el espesor y se observa si existen cambios significativos al desarrollar la prueba.

- **Análisis de resultados**

Con los valores que se obtienen en la adquisición de datos, se calculan los valores de las variables necesarias. Estos son valores promedio de las corridas que se realicen y muestran una incertidumbre que se reporta como su valor promedio y su error o incertidumbre. Posteriormente se emite un reporte en el que se incluye una identificación de la prueba, las condiciones ambientales de la prueba y los resultados que se miden u obtienen, así como su incertidumbre.

4.3.3 Transmitancia y Reflectancia

Método

El método se basa en el uso del espectrofotometro de acuerdo a la norma ASTM E-903, en este método se considera la determinación de la transmitancia, reflectancia y absortancia de materiales usando el espectrofotometro equipado con la esfera integrada, y se aplica tanto a materiales que tienen propiedades especulares como difusas.

La medición e las propiedades ópticas se realiza exponiendo los materiales a un haz de luz proveniente de las lamparas del aparato, y se mide la cantidad que transmite la muestra con respecto a una longitud de onda.

Equipo

Para las pruebas de transmitancia y reflectancia se utilizó el espectrofotometro UV-VIS-NIR UV-365 marca SHIMAZU utilizado en el instituto de investigación en materiales de la UNAM (ver foto 3)[25].

El equipo consta con dos fuentes de luz, una lampara de tungsteno – ido “W” para el visible (VIS) y el infrarrojo cercano (NIR), y una lampara de deuterio “D” para el ultravioleta (UV).

Para el caso específico de reflectancia se requirió de sustituir el material de referencia, es decir para la calibración se requiere de un material base en el caso de la transmitancia la referencia es el aire, sin embargo en el caso de la reflectancia se coloco como base el Sulfato de Bario y se coloco la esfera de integración.

El equipo es capaz de medir las diferentes longitudes de onda hasta los 2500 nanómetros y es fácil detectar cualquier variación ya que cuenta con un equipo gráfico que muestra la curva en cada longitud de onda al momento de correr la prueba. Y en la corrida de línea de base se puede asegurar la calibración del equipo ya que se muestra de manera gráfica.

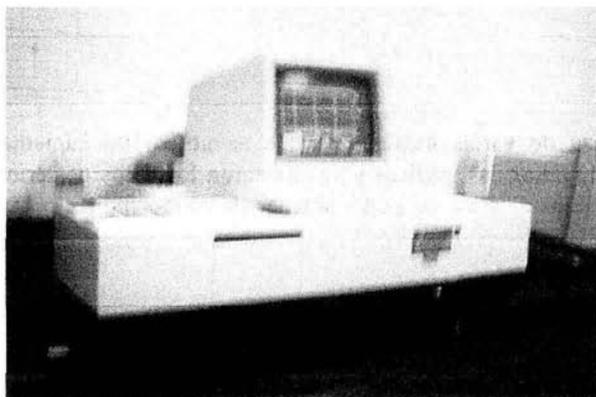


Foto 3 Espectrofotometro del Instituto de Investigación en Materiales

Procedimiento

Para las pruebas de transmitancia y absortancia se recortaron piezas de 1 x 1 cm y de espesor variable dependiendo del material, en el caso de las laminas transparentes el espesor es de 1.5 mm, en los vidrios y lunas se consideraron las más comerciales que van de 3 a 6mm.

Para la transmitancia el equipo requirió de tiempo de termalización que fue de 30 min. Ya que luego se corre la base de línea que equivale a un barrido sin muestra y con elemento de base aire, de ese modo se verifica la calibración, si en transmitancia se observa en 100 % constante o con ligera variación se prosigue a la colocación de la pieza y una vez que se tiene se cierra perfectamente la puerta para que no exista ninguna luz externa, al tiempo de realizar el barrido se dibuja la gráfica y si se quiere el equipo cuenta con un dispositivo que permite imprimirla o bien guardarla en diskets.

En el caso de la reflectancia el procedimiento es similar, las únicas 2 diferencias son, primero que el material de base o de referencia es el Sulfato de Bario que es el elemento de mayor reflectividad existente y en segundo que se coloco la esfera integrada ya que como se sabe la reflectividad varia si el material es liso o rugoso. Esto generalmente se realiza para medir la reflectividad difusa.

Una vez que se obtienen los resultados se almacenan para posteriormente realizar una integración de los tres valores que nos darán en suma el valor de 1.

4.3.4 Absortancia

Método

Esta propiedad se realiza de varias maneras la que se utilizo inicialmente fue a través del espectrofotometro se obtuvieron las gráficas y se enlistaron los datos posteriormente al tener los datos de reflectancia y transmitancia se pudo obtener de modo indirecto, realizando una resta aritmética.

Procedimiento

Lo que se realizó en primera instancia fue obtener la reflectancia esto mediante el proceso descrito anteriormente, posteriormente se obtiene la transmitancia a través de la ecuación

$$T = \frac{\lambda_{\dots}}{(10)^{\alpha}}, \text{ donde } \alpha \text{ ;no esta dada en}$$

porcentaje sino que es una cantidad en función al parámetro de medición propuesto para cada muestra. Una vez que se han obtenido estas dos cantidades en porcentajes se realiza una suma de estas dos para luego restárselas a λ que equivale al 100%, y de esta manera logramos obtener el valor definitivo de la Absorbencia en % que es la unidad con las que describen estas propiedades.

4.3.5 Emitancia

La Emitancia solo se analizó en las pinturas, la razón de esto es que se pretendía ver el comportamiento de los diferentes colores una vez que han recibido energía, esto se realizó en dos marcas de pinturas por que quería verificarse la calidad de las mismas y lo que puede llegar a variar el comportamiento de acuerdo a su componentes y la calidad de estos.

Sin muchos conocimientos de transferencia de calor se sabe que todos los materiales tienen un color por muy tenue que este sea, así que era importante saber la Emitancia de cada uno de los colores por ser uno de los muchos elementos a considerar al momento de la selección de los colores.

Método

El que se utilizó es un método basado en la ley de Kirchhof y sugerido por investigadores del CIE por ser el más utilizado por tanto el que ha tenido más tiempo de aplicación con resultados muy confiables, dicho método consiste en medir la Emitancia de acuerdo con la norma ASTM E-408. En este se mide la energía radiante emitida por una muestra a una temperatura ambiente y se compara con la energía radiante emitida por un cuerpo negro, esto con el fin de tener datos de referencia. Se considera en esto 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 de la muestra patrón, después se compara este intercambio con el que se presenta entre la cavidad del emisómetro y una muestra.

La diferencia de temperaturas se produce al calentar una térmopila colocada en la cavidad de emisómetro estableciendo un intercambio radiativo entre la cavidad y la muestra patrón. Una vez que la lectura en milivolts del emisómetro se estabilizó, se obtuvo una lectura correspondiente a un registro de una temperatura de referencia.

Equipo

El equipo utilizado fue un emisómetro modelo AE serie No. 26 Devices & Services Co., del CIE, y para determinar la de ϵ calibración se utilizó una lámina metálica pintada de negro mate marca Nextel, que es una superficie altamente emisora.

Procedimiento

Se conecta el equipo, es decir el emisómetro a un multímetro digital marca Keihley modelo 179^a TRMS para tomar la ϵ de calibración de la prueba del cuerpo negro. El registro del multímetro para la prueba de cuerpo negro debe ser aproximado o igual a 2.72 milivolts, de esta manera el sensor del emisómetro se ajusta para tener el registro de referencia correspondiente al de un cuerpo negro cuya Emitancia es igual a 1.

La ecuación que nos permite determinar las ϵ es:

$$\epsilon = \frac{0.93}{2.72} \cdot (a)$$

donde 0.93= constante aplicada

2.27 = Emitancia del cuerpo negro de calibración en milivolts

a = Emitancia de la muestra en milivolts

para estas pruebas se realizaron muestras de pinturas con un espesor de escaso milímetro y de dimensiones superiores a los 6 cm en ambos sentidos.

Es necesario mencionar que en este capítulo, muchos de los métodos sobre todo en la obtención de propiedades ópticas resultan ser similares a los aplicados por el arquitecto Rojas (1992), esto se debe a que el equipo utilizado sigue siendo el mismo en la actualidad y afortunadamente el equipo arroja resultados muy confiables.

CAPITULO V

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES EN FUNCIÓN DEL AHORRO DE ENERGÍA.

La intención que se pretende lograr es la de conseguir la optimización de los recursos energéticos de un edificio, no se trata de no consumir energía, sino de adoptar aquellas técnicas que permitan gastar menos para un mismo fin.

Dado el elevado costo que actualmente representa la energía, es de vital importancia el estudio de los criterios de diseño, de construcción y de uso, en todo sistema que requiera para su funcionamiento de grandes consumos de energía. La reducción de éstos consumos implica una necesidad de mejorar la eficiencia energética de todos los agentes implicados en el gasto.

Para ello será necesario que los arquitectos, ingenieros, proyectistas y de más profesionistas relacionados con el sector edificación, realicen estudios de las características de la edificación y de su entorno, encargándose de que los sistemas que aporten energía sean los más convenientes, eficientes y rentables.

Con esto se generará necesariamente una serie de procedimientos, proyectos y mediciones que requerirán ser evaluadas por especialistas de la CONAE para asegurar la eficiencia.

Además la mala o equivocada elección de los materiales de construcción en viviendas y edificios, pueden hacer de éstos voraces consumidores de energía o incómodos en términos de condiciones térmicas interiores de bienestar.

La inadecuada forma de construir sin tomar en cuenta las necesidades mínimas de aislamiento térmico, el aprovechamiento directo de los factores climáticos favorables y al control de los negativos hace que estas edificaciones sean consideradas no aptas para dar bienestar a sus moradores y un desastre energéticamente hablando.

Así las condiciones de habitabilidad y bienestar en lo que a temperatura, humedad, ventilación e iluminación se refieren, son alcanzados y regulados con sistemas equipos y aparatos mecánicos y/o eléctricos que, aparte de ser unos consumidores de energía, convierten las construcciones en cuerpos rígidos altamente tecnificados y sometidos a su entorno a través de las redes de servicio, por lo que es necesario implementar procedimientos y técnicas constructivas de conservación y ahorro energético así como el conocimiento y control de los materiales empleados (especialmente de los no tradicionales).

Tomando en cuenta lo anterior es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Realización del proyecto de construcción desde presupuestos bioclimáticos
- Ahorro de energía
- Selección adecuada de los materiales de construcción.

Los anteriores aspectos deberán de considerarse al diseñar cualquier proyecto, para evitar crisis energéticas y lograr niveles óptimos de bienestar humano.

La solución óptima que la arquitectura pueda dar a los dos problemas anteriores esta en encontrar la resultante de la acción concurrente de los dos factores siguientes:

Las condiciones climáticas del lugar y los requerimientos funcionales de bienestar, por lo que es necesario que la misma construcción controle los factores antes mencionados sin recurrir a equipos consumidores de energía, para ello es necesario usar dispositivos pasivos de control ambiental (diseño arquitectónico) que cubran los siguientes objetivos.

- Evitar las pérdidas de calor en condiciones frías, y favorecer las cálidas.
- Impedir la entrada de calor en condiciones climáticas cálidas y hacerlas máximas en las frías
- Controlar las oscilaciones día – noche.

Sabemos que los edificios además de luz, calefacción, aire acondicionado, y electricidad para aparatos, motores, etc., necesitan que toda esa energía sea utilizada eficientemente, que sea la justa y la adecuada, lo más eficaz y económicamente posible, ahorrando al máximo, de forma que los gastos para sus usuarios y el daño ocasionado al medio ambiente en que estos viven sean mínimos.

Para incrementar esta eficiencia en las viviendas, se puede efectuar sobre dos aspectos básicos: las cargas térmicas o calor a aportar o reducir al edificio para hacer habitable su interior, y los rendimientos de las instalaciones consumidoras de energía.

Deberá así mismo descartarse que la mejora de la eficiencia energética de una vivienda no representa una gran inversión, pues tan sólo se trata de optimizar los medios, los métodos y la ejecución del trabajo, para elevar la calidad de las edificaciones. Es por ello, que el tipo de vivienda que se pretender no tiene por que ser cara.

¿Cómo mejorar la eficiencia energética de un edificio?

1. Para mejorar el rendimiento energético de un edificio, reducir gastos, evitar pérdidas, en un clima frío.....

Es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Reducir las pérdidas de calor a través de la envolvente:
 - Aislamiento térmico en muros
 - Doble acristalamiento
 - Aislamiento de los puentes térmicos
- Aprovechar la energía solar:
 - Correcta orientación y ubicación de los edificios.
- Disminuir filtraciones de aire:
 - Sellado correcto de la carpintería exterior
 - Provisión de juntas de estanqueidad en puertas y ventanas.

-
- Mejorar los sistemas activos energéticos:
Calderas de alto rendimiento
Escalonamiento de potencia
Regulación óptima.
Aislamiento de tuberías.
2. Para mejorar el rendimiento energético de un edificio, reducir gastos, evitar pérdidas, en un clima cálido.....
Es necesario considerar los siguientes aspectos:
- Retrasar el paso del calor a través de la envolvente:
Aislamiento térmico en muros
Aislamiento de los puentes térmicos
 - Aprovechar la energía solar para enfriar
Correcta orientación y ubicación de los edificios.
 - Ubicar según se requiera las aberturas en muros a manera de provocar ventilación en el interior.
 - Utilizar la vegetación para la generación de sombras.
 - Mejorar los sistemas activos energéticos:
Equipos de enfriamiento de alto rendimiento
Escalonamiento de potencia
Regulación óptima.

5.1 Actividades a considerar en un Material

El aislamiento térmico

Las razones para aislar térmicamente un edificio son fundamentalmente cuatro:

- Economizar la energía, al reducir las pérdidas o aumentar ganancias térmicas por las paredes, según el clima.
- Mejorar el confort térmico, reduciendo el salto de temperatura entre las superficies y el aire en el interior de la vivienda.
- Suprimir los fenómenos de condensación y evitar humedad.
- Mejorar el entorno medioambiental, reduciendo la emisión de contaminantes.

Los coeficientes de transmisión (k) expresan la cantidad de calor intercambiado a través de una pared, con relación a la diferencia de temperatura entre la superficie del ambiente interior y la temperatura existente en el ambiente exterior.

Todos los materiales ofrecen cierta resistencia, los materiales porosos tienen una resistividad al paso del vapor baja; mientras que los materiales impermeables tienen una resistividad elevada, y constituyen las barreras al paso del vapor de agua.

Aislamiento en acristalamientos

Las ventanas tienen un papel importante en el funcionamiento térmico de la vivienda. Además de criterios estéticos, de visibilidad o de iluminación natural, las ventanas permiten que las ganancias solares colaboren en el calentamiento del espacio interior.

Las ventanas, permitan el paso del calor mucho más fácil que las paredes, por tanto aunque su superficie sea reducida deben considerarse cuidadosamente. En el coeficiente de transmisión de calor de la ventana influyen principalmente dos parámetros: el tipo de acristalamiento (simple, doble, etc.) y el tipo de marco (madera, plástico, metal).

Infiltración de aire

Tanto la infiltración y la exfiltración dependen de la presión en el exterior y en el interior del local.

El equilibrio en la vivienda de infiltraciones o exfiltraciones de aire es recomendable para evitar derroche de energía durante el invierno, ya que el aire que sale de la vivienda lleva consigo una cantidad de calor que se pierde. Por otra parte un equilibrio excesivo limita las renovaciones de aire, lo que perjudica la calidad ambiental del aire interior. Este aire debe ser en principio, constantemente renovado para reducir las concentraciones de CO₂ derivadas de la respiración humana, para mantener a un nivel conveniente la humedad interior de la vivienda y para evitar los problemas de condensación, además de reducir y eliminar las concentraciones de otros compuestos que se forma natural o por las personas se genera en el interior de la vivienda.

Efectos del sol

Orientación

No es conveniente que las edificaciones entre sí se obstaculicen la radiación solar directa, y esto recae principalmente en los planes urbanísticos, sin embargo si esta en manos de los proyectistas la correcta ubicación de cada uno de los locales que integran la edificación tratando en todo lo posible orientar los locales que así lo requieran de acuerdo a la cantidad de radiación que sea emitida.

Aporte de calor gratuito

La radiación solar, al ser absorbida por un cuerpo que la recibe, se convierte en energía calorífica al aumentar la temperatura del mismo. Si este cuerpo está rodeado de aire, el calor contenido en el cuerpo pasa al aire por convección y radiación aunque naturalmente este mecanismo requiere un tiempo para producirse, que es función de las características de la inercia térmica.

Inercia Térmica

Es la actividad térmica de un material o de una construcción.

En la arquitectura popular de adobe hace uso de este efecto, incluso en casos donde se carece de aislamiento exterior, para igualar las pérdidas y carencias de calor que se consiguen a través de la pared. Al extender la acción del frío o calor exteriores durante un periodo dilatado de tiempo, el adobe hace que disminuyan las temperaturas externas del interior.

Un factor de importancia de todo material de almacenaje es el modo en que absorbe el calor y lo distribuye en su masa. Por ejemplo el concreto puede admitir una notable cantidad de calor, como es un material conductor de energía, exige una temperatura relativa elevada o mantenida durante mucho tiempo, hasta conseguir que el calor penetre en la totalidad del mismo. Por el contrario, el agua absorbe y mezcla el calor con mayor eficacia, dados sus dotes conductivos y convectivos.

Es importante recordar que la estratificación térmica es capaz de establecer unas variaciones de temperatura, entre las zonas superiores e inferiores, que superen los 28 °C.

Un material que tenga una buena conductividad tendrá también especial disposición para absorber y distribuir el calor en toda su masa, será un espléndido almacén térmico, pero un mal aislamiento. En consecuencia, una masa de almacenaje no debe considerarse por sí sola un aislamiento.

Dentro de la faceta pasiva de la arquitectura se deberá de analizar el consumo de energía que se consume durante el proceso de fabricación, por ejemplo se sabe que fabricar un bloque de concreto se requiere de 300 veces más energía a comparación de la fabricación de un adobe, además de considerar que para el transporte se requiere de mucha más energía.

Por tal motivo se puede observar que a medida que se vayan determinando los métodos idóneos para el acondicionamiento de los espacios conforme a sus aplicaciones, también se desarrollarán los materiales constructivos apropiados para los mismos. Y es perfectamente concebible la creación de una construcción a base de una masa de almacenamiento térmico integral que disponga de una envoltura adaptable que sea transmisora y aislante; esta envoltura rechazará o admitirá, en cuyo caso almacenará de forma automática, toda la energía térmica que indica externamente o que se genere internamente. Con una adecuada masa almacenadora de calor que tenga una temperatura constante y propiedades de capacidad térmica variable, el absorber o desprenderse de grandes cantidades de calor sin cambiar de temperatura.

5.2 Elección de Materiales

El éxito de un diseño dependerá de la capacidad del diseñador /propietario/arquitecto/ constructor, para interpretar los factores naturales y crear una arquitectura acorde con los mismos.

Para la elección de materiales se deberán de tomar en cuenta varios factores:

- 1) Costo inicial
- 2) Durabilidad
- 3) Gastos de mantenimiento
- 4) Transmisión solar, transparencia o translucidez.
- 5) Poder de aislamiento
- 6) Efecto de invernadero
- 7) Resistencia al deterioro
- 8) Dilatación térmica
- 9) Facilidad de limpieza
- 10) Facilidad de instalación y sustitución
- 11) Conservación
- 12) Aspecto exterior

Cada zona o región está dotada de un activo de ciertos materiales, estos recursos específicos de un lugar, forman parte del paisaje; la forma y la composición de su estructura debe reflejar y complementar el mundo material de su entorno.

En principio se parte del reconocimiento de que los materiales que se usan en la construcción influyen no solo en la confortabilidad de la vivienda por sí mismos, debido a sus cualidades intrínsecas, sino también y en gran medida por efecto psicológico.

Color y Textura

Las superficies colectoras que se exponen a la luz solar directa tienen que absorber la mayor cantidad de energía posible. Cada color tiene una absorbencia específica de la luz.

El color negro no refleja, ningún color y absorbe casi toda la luz (90-98%). Por el contrario el color blanco refleja casi toda la radiación de onda larga y absorbe las de onda corta(15-40%). El resto de los colores se hallan en posiciones intermedias en razón de su matiz, oscuridad, pigmentación, intensidad y tono.

El principio del acabado rugoso dificulta el deslizamiento de las capas de aire sobre la superficie, disminuyendo la convección y, por ende, presenta una resistencia superficial. Las superficies con caras o escamas son muy adecuadas para el transporte de calor.

Un factor importante de todo material de almacenaje es el modo en que absorbe el calor y lo distribuye en su masa.

Los colores claros protegen mejor del calor, ya que cuentan con un bajo coeficiente de absorción; mientras que los colores más oscuros conllevan un calentamiento mayor de la vivienda.

Así bien antes de proponer un material es conveniente conocer sus características y propiedades respecto al clima que se tiene, con el único fin de poder proporcionar una edificación dentro del rango de confort a los usuarios y por tanto hacer el menor uso de equipos de acondicionamiento de modo irracional.

En las siguientes tablas se incluyen propuestas de procedimientos y materiales más recomendables para lograr un estado de confort adecuado de acuerdo al tipo de clima

Clima	Materiales				
	Muros de Fachadas				
	Material de base	Acabado interior	Acabado exterior	Color	Textura
Muy Seco Extremoso	Tabique	Aparente o Aplanado	Aplanado	Oscuro	Liso
	Tabique	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Claro	Liso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso

Muy seco muy extremoso	Block o Tabique	Aparente o Aplanado	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Block o Tabique	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso

Semiseco muy calido	Block	Aparente o Aplanado	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Block	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso

Templado subhúmedo (semifrío)	Block	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Block	Aparente o Aplanado	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Liso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso

Cálido Subhúmedo	Block	Aparente o Aplanado	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Block	Aparente o Aplanado	Aplanado	Muy claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Claro	Rugoso
	Muro doble de tabique con 5 cm de separación o de block hueco	Aislante Térmico	Aplanado	Muy claro	Rugoso

Semiseco Templado	Block	Aparente o Aplanado	Aplanado	Oscuro	Liso
	Block o Tabique	Aparente o Aplanado	Aplanado	Muy claro	Rugoso
Templado Subhúmedo	Block	Aislante Térmico	Aplanado	Claro	Rugoso
	Blok	Aislante Térmico	Aplanado	Claro o Intermedio	Rugoso

CAPITULO VI

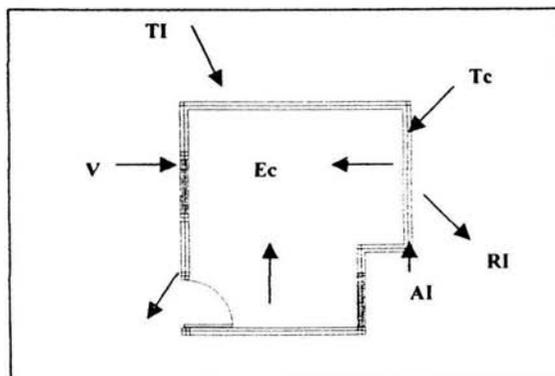
CONCLUSIONES Y ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados de las pruebas definitivas realizadas a los diferentes materiales de construcción, tomando como base la metodología de medición descrita en el capítulo IV. Así como los logros, expectativas y fines alcanzados.

Dicho análisis se realiza siguiendo el orden establecido y la clasificación de los materiales según la lista expuesta de resultados que aparece en las tablas de resultados.

Los materiales elegidos para analizar fueron clasificados como fibras, plásticos, pinturas, laminas, y vidrios. A cada uno de estos materiales se les midió su Reflectancia, Transmitancia y Absortancia en función de la longitud de onda de la radiación incidente que va desde el espectro visible hasta el ultravioleta. Las curvas resultantes de R, T y A de cada material se analizan en función de los efectos climáticos que puedan generar sobre las condiciones ambientales dentro del interior del recinto.

Las variables térmicas que intervienen en la determinación del ambiente de una construcción y que inciden sobre el entorno físico interior de la misma y establecen el grado de confortabilidad en el interior de la construcción son: la humedad, ventilación, radiación solar y temperatura del aire exterior. Para una mejor comprensión de los efectos que las propiedades ópticas de los materiales empleados en una construcción puedan tener sobre el ambiente en el interior del recinto, es necesario adoptar un modelo de construcción hecho de cierto tipo de materiales que intercambien energía con el exterior por medio de los siguientes fenómenos físicos:



Tc = Transmisión de calor a través de las paredes
Tl = Transmisión de luz a través de las paredes
Al = Absorción de la luz a través de las paredes
Ec = Emisión de calor de las paredes
Rl = Reflexión de la luz solar por las paredes
V = ventilación a través de las paredes

6.1 Propiedades Ópticas

Pinturas

Marca Pintumex

Se puede observar en la tabla de valores P-1 que el comportamiento de las pinturas de color azul, negro y verde son muy similares, tiene una alta Absortancia del orden del 96% en todas las longitudes de onda y casi cero en reflectancia y transmitancia. El comportamiento anterior se puede reflejar en el hecho de que estos materiales, pueden a su vez remitir la energía absorbida en forma de luz o calor por lo que podría generar un ambiente frío pero oscuro en el interior del recinto.

De igual manera podemos observar la similitud que hay entre las pinturas de color rojo, naranja y amarillo, estas se mantienen constante hasta los 600 nm y de ahí en adelante invierten los valores de reflectancia y absortancia, es decir hasta los 600 nm su absortancia se mantiene superior al 90% decae y se mantiene de ahí en adelante en un promedio de 25% y en reflectancia hasta los 600 nm se mantiene constante en el orden de 10% para luego elevarse y mantenerse en promedio de 70%, con respecto a la transmitancia esta se mantiene estable en las diferentes longitudes y debido a estas características que presentan estas pinturas pueden llegar a generar un ambiente tibio y oscuro al interior.

La que se comportan de manera completamente diferente es la pintura blanca, a partir de los 400nm en lo que se refiere a Reflectancia y absortancia ya que la transmitancia es casi nula y se mantiene estable en todas longitudes, por tanto este color de pintura al reflejar en promedio 75 % de la energía y absorber solo un 24.5 % y transmitir 0.5%, es capaz de generar un ambiente frío y oscuro al interior del recinto.

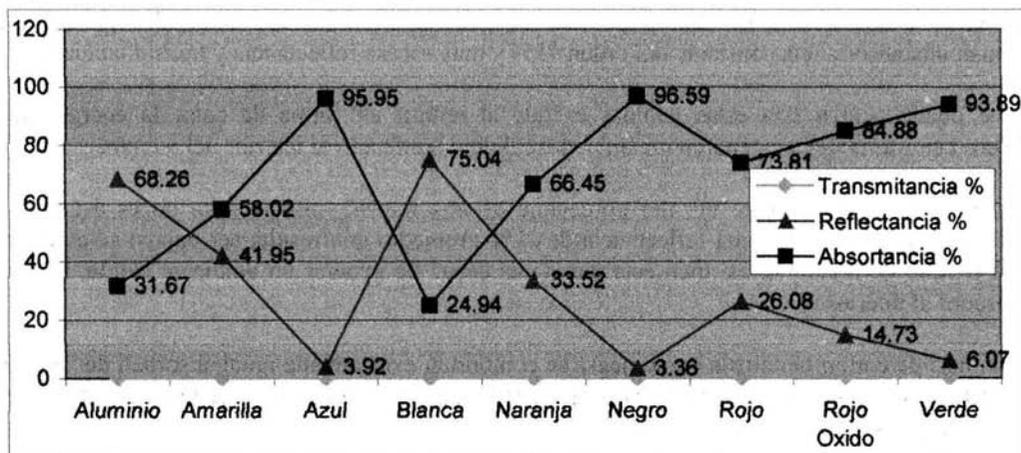
La pintura de color aluminio presenta un porcentaje bastante alto de reflectancia, un medio de absortancia y nulo de transmitancia, y el comportamiento de esta es constante en todas las longitudes. Por lo cual es capaz de generar un ambiente oscuro y caliente al interior.

Si se observa la tabla P-1 se puede ver que se realizaron análisis a dos marcas diferentes de pinturas, esto a razón de que al momento de llevarlas a cabo se presentaban muchas variaciones y se considero que podría ser la calidad del producto mas que los componentes.

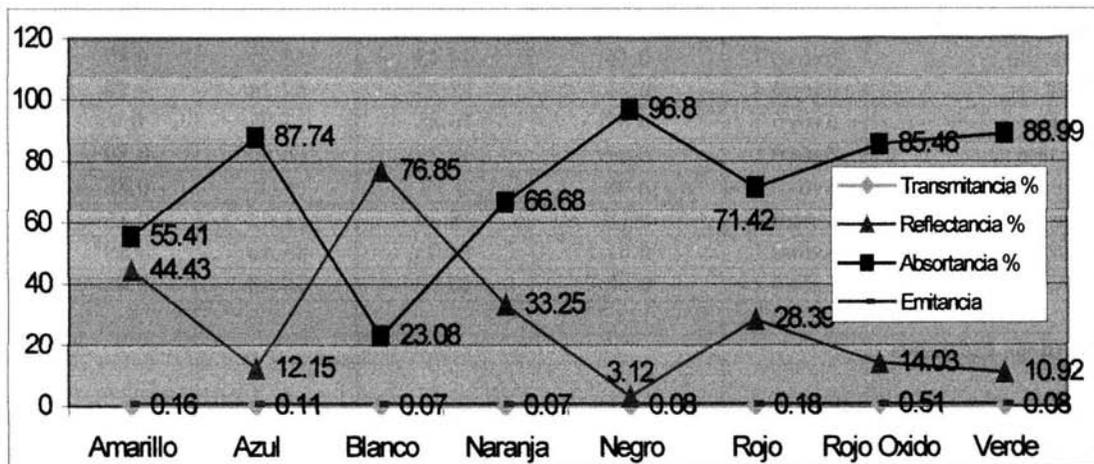
Si se observan los resultados de las pinturas tanto de la marca Pintumex como de la Comex el comportamiento de las pinturas es similar, presentan variaciones que pueden considerarse tolerables, y la tabla de las pinturas de color rojo oxido nos demuestran lo que se ha dicho.

Material	Dimensión	Transmitancia	Reflectancia	Absortancia	Emitancia
	Cm	%	%	%	
Pinturas Comex					
Amarillo	6x6x0.1	0.16	44.43	55.41	0.89
Azul	6x6x0.1	0.11	12.15	87.74	0.88
Blanco	6x6x0.1	0.07	76.85	23.08	0.9
Naranja	6x6x0.1	0.07	33.25	66.68	0.89
Negro	6x6x0.1	0.08	3.12	96.8	0.88
Rojo	6x6x0.1	0.18	28.39	71.42	0.85
Rojo Oxido	6x6x0.1	0.51	14.03	85.46	0.89
Verde	6x6x0.1	0.08	10.92	88.99	0.86
Pinturas Pintumex					
Aluminio	6x6x0.1	0.07	68.26	31.67	
Amarillo	6x6x0.1	0.03	41.95	58.02	
Azul	6x6x0.1	0.13	3.92	95.95	
Blanco	6x6x0.1	0.02	75.04	24.94	
Naranja	6x6x0.1	0.03	33.52	66.45	
Negro	6x6x0.1	0.04	3.36	96.59	
Rojo	6x6x0.1	0.11	26.08	73.81	
Rojo Oxido	6x6x0.1	0.38	14.73	84.88	
Verde	6x6x0.1	0.04	6.07	93.89	

Tabla TP-1 Propiedades Ópticas de Pinturas



GPI - Propiedades Ópticas de Pinturas Comex



GP2.- Propiedades Ópticas de Pinturas Pintumex

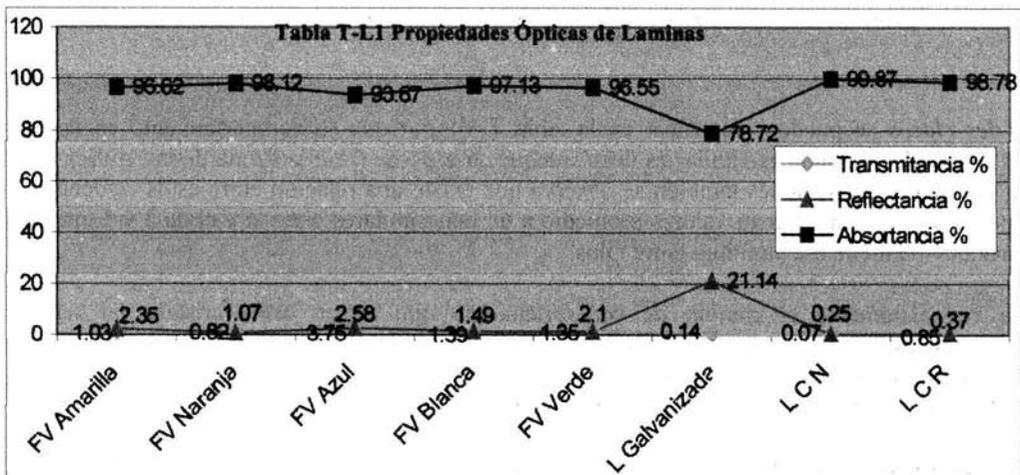
Laminas

Los resultados que se muestran en la tabla T-LI de laminas de fibra de vidrio en colores amarillo, naranja, verde, azul y blanca nos permiten ver el comportamiento de las curvas de transmitancia, reflectancia y absortancia es similar de manera general en todas las longitudes de onda y presentan una absortancia constante del orden 95% y muy escasa reflectancia y transmitancia 3%.

Lo que puede ocurrir con estas laminas es que al remitir en forma de calor la energía que recibieron en forma de luz, generen un ambiente cálido e iluminado al interior del recinto.

La laminas galvanizada tiene un alto porcentaje de absortancia aunque esta no es estable se mantiene superior al 75% y una reflectancia de 22% promedio que resulta ser baja si se compara con la pintura de aluminio, así bien esta lamina es capaz de generar un ambiente cálido, mucho más oscuro al interior.

Las laminas de cartón tanto roja como negra se comportan exactamente igual absorben demasiado y su reflectancia y transmitancia es casi nula, por lo que el ambiente que generan al interior es muy oscuro y muy caliente.



GL1.- Propiedades Ópticas de Láminas

Vidrios

Los **cristales claros** se pueden identificar en la tabla T-V1 por que su comportamiento en las diferentes longitudes de onda es similar es decir aunque su espesor varíe la forma de las gráficas es similar con ligeras variaciones también se observa que existe una relación entre estos es decir los de espesor de 2 y 4 mm tienen valores promedio a un más similares entre sí y el de 3 y 5 mm de igual manera mantiene esa similitud entre ellos.

Se puede ver claramente el cambio de comportamiento que sufren estos cristales al ser **esmerilados**, sus propiedades cambian completamente, la transmitancia que estaba en promedio de 75% decae hasta un 2%, y a la inversa la absorbancia que era del promedio de 20% asciende hasta un 85 %, lo que se mantiene similar es la reflectancia.

Los **vidrios con superficies rugosas** muestran un comportamiento muy similar una absorbancia superior al 90 %, reflectancia entre 3- 7 % y transmitancia entre 2-10 %, lo que quiere decir que el comportamiento que presentan se debe a la forma que tiene cada uno de los materiales en su superficie.

El **cristal Reflectasol color plata 6mm** se analizo por las dos caras, y se puede ver la diferencia de comportamiento en las diferentes longitudes de onda, los valores promedio son similares pero si varían de manera notoria en los resultados.

El cristal Filtrasol y el cristal azul no tienen los valores similares pero las formas de las gráficas son similares, con una transmitancia alta, una absorbancia media y una reflectancia baja, provocan un ambiente iluminado, no muy cálido.

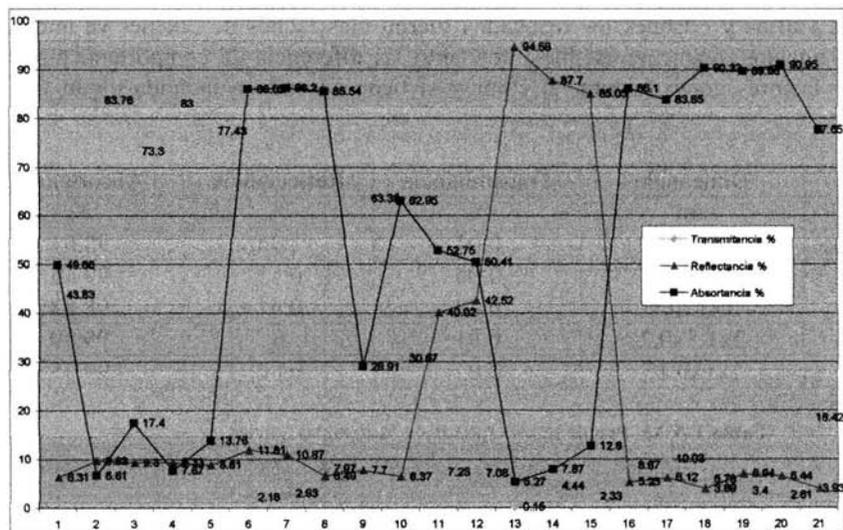
El vidrio tapiz Filtrasol y el cristal bronce de 6 mm se comportan similarmente, los resultados promedio no son similares puesto que cada uno tiene características diferentes.

	Material	Dimensión	Transmitancia	Reflectancia	Absortancia
			%	%	%
Ref	Cristales, Lunas y Vidrios				
1	C. Azul	1x1x0.6	43.83	6.31	49.86
2	C. Claro	1x1x0.2	83.76	9.63	6.61
3	C. Claro	1x1x0.3	73.3	9.3	17.4
4	C. Claro	1x1x0.4	83	9.33	7.67
5	C. Claro	1x1x0.5	77.43	8.81	13.76
6	C. Claro Esmerilado	3.5x3.5x0.3	2.18	11.81	86.02
7	C. Claro Esmerilado	3.5x3.5x0.6	2.93	10.87	86.2
8	C. Bronce	3.5x3.5x0.6	7.97	6.49	85.54

	Material	Dimensión	Transmitancia	Reflectancia	Absortancia
			%	%	%
Ref	Cristales, Lunas y Vidrios				
9	C. Filtrasol	1x1x0.3	63.39	7.7	28.91
10	C. Filtrasol	1x1x0.6	30.67	6.37	62.95
11	C. Reflectasol c. plata	1x1x0.6	7.23	40.02	52.75
12	C. Reflectasol c. plata pelíc.	1x1x0.6	7.08	42.52	50.41
13	Luna Clara	1x1x0.3	0.15	94.58	5.27
14	Luna clara	1x1x0.4	4.44	87.7	7.87
15	Luna clara	1x1x0.6	2.33	85.05	12.6
16	V. Claro Acanalado	3.5x3.5x0.35	8.67	5.23	86.1
17	V. Claro Concha	3.5x3.5x0.35	10.03	6.12	83.85
18	V. Concha c. Champagne	3.5x3.5x0.35	5.78	3.89	90.33
19	V. Claro Gota	3.5x3.5x0.35	3.4	6.94	89.66
20	V. Claro Nido	3.5x3.5x0.35	2.61	6.44	90.95
21	V. Tapiz Filtrasol	3.5x3.5x0.5	18.42	3.93	77.65

Tabla T-V1 Tabla de Propiedades Ópticas de Vidrios y Cristales

Ref. : Número del material de la tabla TV1, referido en la gráfica GVI.



GVI.- Gráfica de Propiedades Ópticas de Vidrios y Cristales

Varios

Pasto verde y seco

El pasto seco como se observa absorbe menos a medida que se deshidrata, tanto el verde como el seco absorben en promedio arriba del 90% y tanto la transmitancia como la reflectancia son bajas. Ambos generan un ambiente fresco y oscuro.

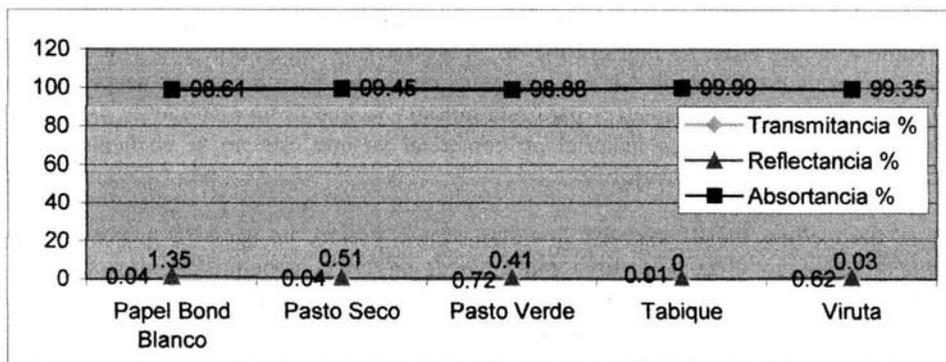
La viruta, el papel blanco y el tabique se comportan de modo similar con una absorptancia alta, una transmitancia y reflectancia baja, lo que puede provocar un ambiente fresco y oscuro al interior del recinto.

De esta etapa de análisis se puede observar y al mismo tiempo concluir que la calidad del producto es muy importante ya que en las series de pruebas se manifestaron variaciones en *materiales similares por lo cual fue necesario repetir las considerando factores constantes para poder ir eliminándolos* y así determinar la causa que modificaba los resultados. Y de esto se puede observar que en el caso de las pinturas de marcas diferentes que los resultados son muy similares, más sin embargo las pinturas de menor calidad (marca Pintumex) esta constituida de elemento menos estables por lo cual el comportamiento de esta dependerá de la reacción de los elementos que la componen de acuerdo a las variables climatológicas en las que se encuentre y del grado de durabilidad que esta tenga.

En el caso de los vidrios y cristales los resultados fueron más fáciles de obtener ya que están constituidos de elementos altamente estables, por tanto las diferencia de comportamiento entre estos depende de factores como textura, el color y si tiene adosada o incluida algún tipo de película.

Material	Dimensión	Transmitancia	Reflectancia	Absortancia
	cm	%	%	%
Papel Bond Blanco	2x1x0.1	0.04	1.35	98.61
Pasto Seco	1x1x0.1	0.04	0.51	99.45
Pasto Verde	1x1x0.1	0.72	0.41	98.88
Tabique	2x1.5x0.2	0.01	0	99.99
Viruta	1x1x0.15	0.03	0.62	99.35

Tabla T-VA1 Propiedades Ópticas de Materiales Varios



Gráfica GVA1.- Propiedades Ópticas de Materiales Varios

6.2 Propiedades Térmicas

En lo que respecta a las propiedades térmicas específicamente a la conductividad térmica y a la resistencia térmica, se obtuvieron resultados que nos permiten conocer el comportamiento de los materiales bajo condiciones reales, se sabe gracias a los resultados que los materiales que se sometieron al análisis no pueden ser utilizados como aislantes térmicos, el block rojo presenta una gran dispersión lo cual es debido fundamentalmente al proceso de fabricación, en promedio se puede considerar que tienen una conductividad de 0.7 W/K m a 20°C , que es un valor aceptable térmicamente para un material de construcción, donde los valores de conductividad están cercanos a la unidad, esta conductividad se puede mejorar mediante la aplicación de un recubrimiento homogéneo fino y el conjunto puede tener características térmicas, además no presenta una dependencia fuerte con la temperatura en el intervalo en que se midió.

Las muestras de block blanco presentan un mejor comportamiento térmico $k=0.55 \text{ W/K m}$ a 30°C , además de una mejor apariencia, aunque para mejorar su calidad de aislante también se debe aplicar algún recubrimiento.

Como se aprecia de los resultados individuales, la temperatura de las placas presenta variaciones de una prueba a otra debido a la falta de un control adecuado de las condiciones ambientales.

Las temperaturas de la placa caliente son las que alcanzaron cada una de las muestras al mantener un flujo de calor constante, la prueba se realizó en promedio a 20°C para el material de block rojo, y a 30°C para las otras, que es aproximado al valor solicitado.

Las primeras tres muestras fueron de block rojo de grano grueso aparentemente no homogéneo con porosidad visible a simple vista, los dos primeros de forma circular y el tercero de forma rectangular todos con un espesor de 29 mm . De estas tres primeras muestras se obtuvieron tres valores finales los cuales nos dan un valor promedio de $k = 0.6913 \text{ W/K m}$, y una $R = 0.0416 \text{ K m}^2/\text{W}$.

La cuarta muestra fue de block blanco, de grano fino y ligero aparentemente homogéneo sin porosidad visible a simple vista. La muestra fue de 30 x 30 x 2.54 cm de espesor, y la duración de la prueba después de estabilizar fue de 6 horas, y los resultados fueron bastante aceptables, es decir no se habían considerado parámetros para esta muestra ya que es un material de propuesta, con esto se quiere decir que es un material no comercial ya que este no se encuentra en el mercado, como es el caso del block rojo.

La muestra número cinco fue el material granular blanco y fino, es decir la pomex que es aparentemente homogéneo el cual se tuvo que colocar en un contenedor circular con poca compactación. El contenedor fue circular de 2 cm de espesor y de 30.5 cm de diámetro. En esta prueba se requirió de mucho mas tiempo de estabilización y el de medición fue de 8 horas.

La prueba seis y siete se realizaron al material granular grueso de tezontle, este material al igual que el blanco se coloco en un contenedor circular, la prueba siete se tuvo que hacer ya que en la seis no se logro alcanzar la estabilidad de la temperatura, por lo que los resultados no eran precisos.

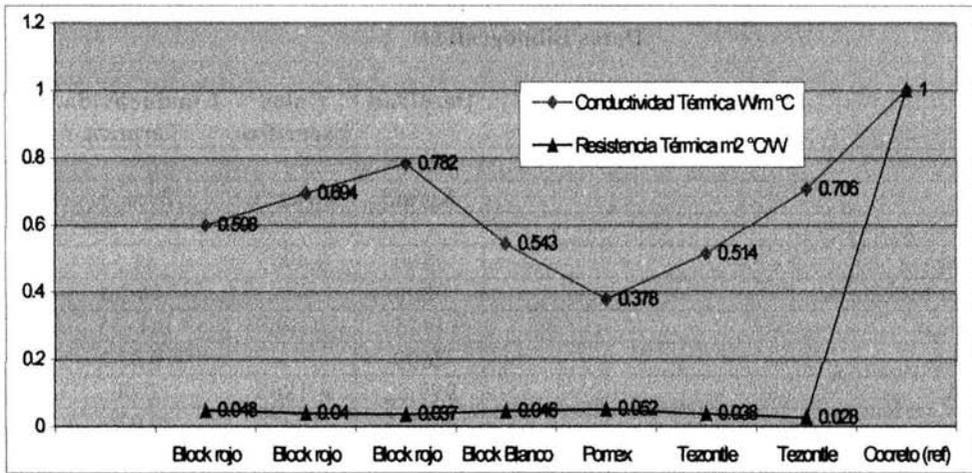
La siete se realizo a dicho material que se coloco en el contenedor circular pero se le coloco una hoja de aluminio y con esto se logro estabilizar en 5 horas aproximadamente y la toma de datos se realizo durante 6 horas.

Como resultado de las pruebas se observó que para uso eficiente de energía se recomienda en primer lugar la utilización del block blanco y después la del block rojo ya que ambas presentan mejores características que el concreto y el ladrillo rojo.

Se pueden observar todos estos resultados tanto los experimentales como los bibliográficos en las tablas y gráficas, así como los comparativos.

Material	Espesor mm	Densidad	Temperatura	Conductividad Térmica	Resistencia Térmica
		Kg/m ³	Media °C	W/m °C	M ² °C/W
Block rojo	29	1525	20.46	0.598	0.048
Block rojo	28	1525	18.895	0.694	0.040
Block rojo	29	1525	19.208	0.782	0.037
Block blanco	25.4	1200	29.633	0.543	0.046
Pomex	20	700	30.247	0.378	0.052
Tezontle	20	1300	30.847	0.514	0.038
Tezontle	20	1300	36.014	0.706	0.028
Concreto en general (ref)		1	30.00	1	1

Tabla TPT1 .- Tabla de Propiedades Térmicas



Grafica GPT1.- Propiedades Térmicas

**Propiedades Térmicas
Datos Bibliográficos**

Ref	Material	Densidad	Calor Especifico	Conductividad Térmica
		Kg/m3	Kj/kg °C	W/m °C
3	Acero	7800	0.4905	61.5
3	Acero Inoxidable	7800		46.52
3	Acrílico	1185	1.462	0.1835
19	Adobe	2600		0.814
3	Agua	999.82	4.1865	0.60
3	Aire	1.2465	1.092	0.025
4	Algodón seco			0.046
3	Aluminio	2705	0.885	236.5
3	Aplanados	900	0.995	0.375
3	Aplanado c/mortero de cal al exterior	1900	0.900	0.872
3	Aplanado c/mortero de cal al exterior	1600	0.800	0.698
3	Arcilla	1230	0.909	0.9075
3	Arena	1520	0.810	0.500
3	Asbestos Ligero en hojas y tablas	760	0.808	0.081
3	Asbestos Aislantes laminas y hojas corrugadas	960	0.945	0.215
3	Aserrín relleno, suelto y seco	120		0.116
3	Aserrín empacado, seco	200		0.081
3	Asfaltos	1600	1.03	0.640
3	Azulejos	1400	0.900	1.047
3	Basalto	2700	1.000	3.49
9	Borosilicato	2235	0.855	1.015
23	Block de cemento – arena ligero	730	0.878	0.4425
23	Block Pesado	1200	0.96	1.08
3	Bronce	1000		63.97
3	Cinc	7130	0.380	110.00
3	Cobre	8900	0.800	372.16
23	Concreto armado	2400		1.740
23	Concreto aligerado	2250	0.8265	1.22
23	Concreto muy ligero	600		0.194
3	Concreto de densidad media	1360		0.614
22	Concreto con perlita	500		0.086
9	Fibra de vidrio manta y tabla	56	0.806	0.041
9	Fibracel, duro, seco	1000		0.128
9	Fibracel, medio duro, seco	600		0.081
9	Fibracel mineral	32	0.300	0.035

**Propiedades Térmicas
Datos Bibliográficos**

Ref	Material	Densidad	Calor Especifico	Conductividad Térmica
		Kg/m ³	Kj/kg °C	W/m °C
3	Fierro	7800	0.450	52.335
3	Granito	2700	1.00	3490
3	Hielo	930	2.060	0.026
3	Hierro Colado	7490	0.5045	54
3	Hierro Forjado	7750	0.48	73.5
3	Hierro Fundido	7400	0.459	64
9	Hule Espuma	20		0.04
3	Impermeabilizante	1200	1.100	0.230
23	Ladrillo al exterior	1680	0.950	0.872
23	Ladrillo c/recubrimiento impermeable	2220	0.900	0.768
9	Lana mineral	140	0.750	0.037
9	Linóleo, seco			1.047
3	Maderas en general	770	1.95	0.2675
3	Maderas pino blanco y amarillo	555	2.07	0.175
3	Maderas Caoba y Cedro	240		0.123
3	Madera Triplay	600	1.305	0.110
3	Madera Aglomerada	700	1.80	0.14
23	Mampostería de tabique densa	2000	1.070	0.950
23	Mampostería de tabique ligera	1600	0.900	0.560
23	Mampostería de tabique mediana	1800	0.920	0.730
23	Morteros Cemento – arena	1995	0.945	1.525
23	Morteros Cal – Arena	1800	0.900	0.78
23	Morteros de yeso	1250	0.900	0.698
23	Mosaico	2166		1.047
9	Perlita expandida	119	0.300	0.045
5	Piedra Arenisca	2300	0.77	1.12
5	Piedra Caliza	2675	0.862	1.503
5	Piedra Granito	2625	0.902	2.49
5	Piedra de Mármol	2600	1.00	2.442
3	Pinturas laca negra	1000		0.260
3	Placa de paja comprimida seca	350		0.081
3	Placa de corcho	140	1.80	0.050
9	Plástico celular de poliestireno	17		0.034
9	Plástico celular de poliestireno	11		0.044
3	Plomo	11340	0.130	340.00
9	Poliestireno (espuma)	48	1.455	0.0385

**Propiedades Térmicas
Datos Bibliográficos**

Ref	Material	Densidad	Calor Especifico	Conductividad Térmica
		Kg/m ³	Kj/kg °C	W/m °C
9	Poliuretano (espuma)	74	1.32	0.027
3	Relleno de grava expuesto a la lluvia	1700	0.800	2.326
3	Relleno de terrado seco	1200	0.900	2.326
3	Relleno de tierra expuesto a la lluvia	1700	0.850	0.582
9	Siporex al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	660		0.209
9	Siporex al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	510		0.163
9	Siporex al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	410		0.140
9	Siporex al interior en espacio seco	660		0.186
9	Siporex al interior en espacio seco	510		0.51
9	Siporex al interior en espacio seco	410		0.128
9	Siporex despedazado seco	400		0.151
23	Tablero de yeso esp.0.96 cm	805		0.057
23	Tablero de papel laminado	483		0.072
23	Tabique de barro comprimido	1625	0.837	0.807
23	Tabique común ligero	1550	0.797	0.755
23	Tabique común pesado	2200	0.8945	1.16
3	Teja de asbesto - cemento	1932	0.900	0.037
3	Teja de asfalto	1127	1.140	0.163
3	Teja de barro	1680	1.480	1.411
23	Tezontle	1300	0.80	0.186
3	Virutas de relleno , seco			0.081
3	Vermiculita	700	0.880	0.190
3	Vidrios y Cristales	2700	0.785	0.94
3	Yeso	800	0.840	0.372

Tabla TPTB1 .- Tabla de Propiedades Térmicas (Bibliográficas)

PROPIEDADES ÓPTICAS
Datos Bibliográficos

	Materiales	Transmitancia	Reflectancia	Absortancia	Emitancia
		%	%	%	
3	Acero (sol)		68.5	31.5	19
9	Acrílico claro de 3 mm	80	3	17	83
4	Agua		0.35		
3	Aluminio Pulido y nuevo		91	19	4
3	Aluminio Viejo y Oxidado		87.5	12.5	20
3	Asfalto				94
23	Arcilla Seca		23		
23	Arcilla Húmeda		16		
23	Arena amarilla, blanca y de río secas		26	74	90
23	Arena oscura seca			14	
23	Arena Oscura húmeda		9		
3	Asbesto nuevo		57.5	42.5	96
3	Asbesto viejo y desgastado		26	7	96
23	Block de cemento sin color		35		
23	Block de cemento morado y café		15 – 18		
23	Block de cemento Rojo		33		
23	Concreto		18 – 42	65 – 80	79
23	Hierro laminas nuevas		39 – 96	45 – 60	
23	Hierro laminas viejas y sucias		25 – 29	70 – 80	
3	Fierro		24	77	
3	Fierro colado			94	
3	Fierro galvanizado nuevo		35	58	18
3	Fierro galvanizado pulido		75		16
3	Fierro galvanizado sucio y oxidado		14	80	90
3	Maderas en general		17.5	78	90
3	Maderas de pino		20	80	88
3	Morteros aplanado		10	40	90
23	Pasto verde		19	80	98
2	Hierva seca		30	70	90
2	Piedra y roca en general		13.5	60	90
3	Piedra y roca caliza		52	48	67
3	Pintura verde		55	45	90
3	Pintura Crema (vinílica)		47	53	
3	Pintura Crema (acrílica)		73	28	
3	Pintura Aluminio			50	40
3	Pintura amarilla		55	45	
3	Pintura Gris		37	63	88
3	Pintura Blanca		75	23	91

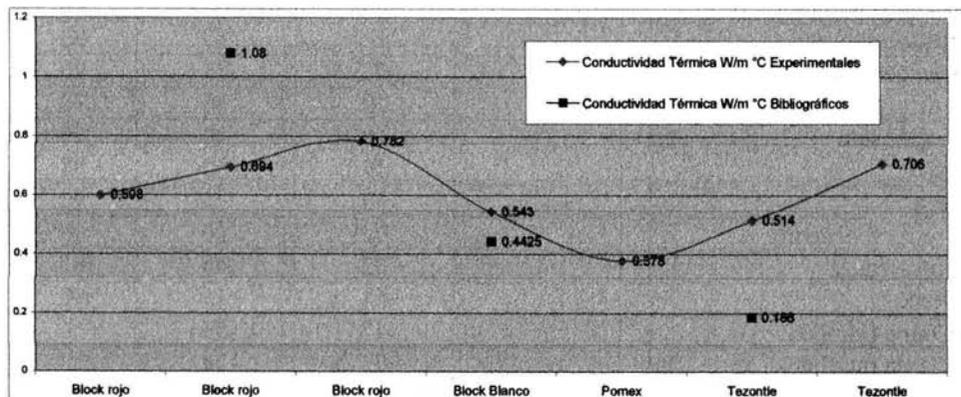
	Materiales	Transmitancia	Reflectancia	Absortancia	Emitancia
		%	%	%	
3	Pintura Negra		5.5	95	91
3	Pintura Roja			68	90
3	Pintura Verde			55	90
3	Pinturas con pigmentos metálicos		60	35	
23	Tabique rojo		32	68	82
23	Tabique de arcilla color crema		64	36	
23	Teja roja	86	33	67	82
23	Vidrio y Cristal común de 3 y 6 mm	56	6.5	10	88
23	Vidrios opacos a radiación de 3 y 6 mm		10		
23	Viruta				75
23	Yeso y Cal		86	14	89

Tabla TPOB1 .- Tabla de Propiedades Ópticas (Bibliográficas)

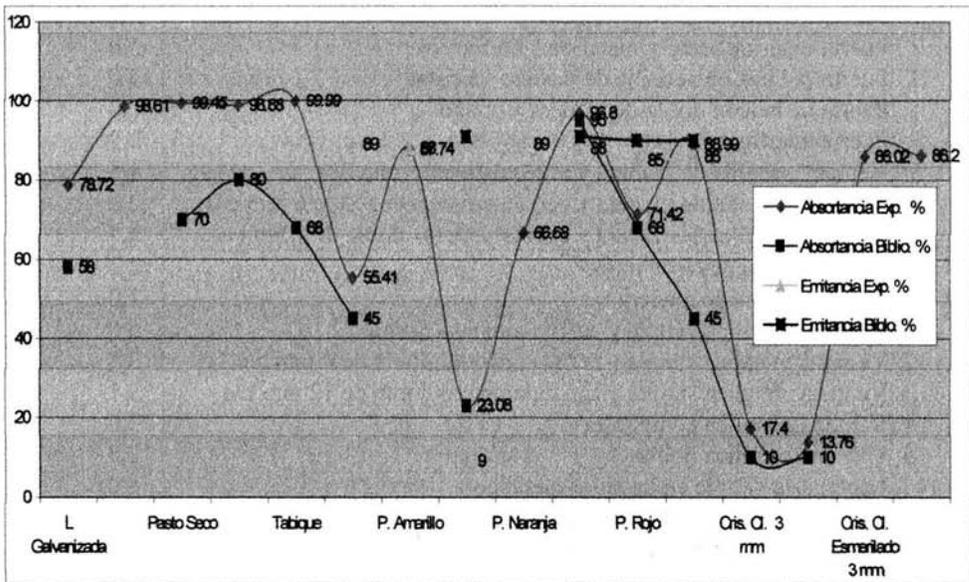
Nota: En la tabla TPTB1 y TPOB1 el número de referencia corresponde a fuente bibliográfica de la cual se obtuvo.

GRÁFICAS COMPARATIVAS

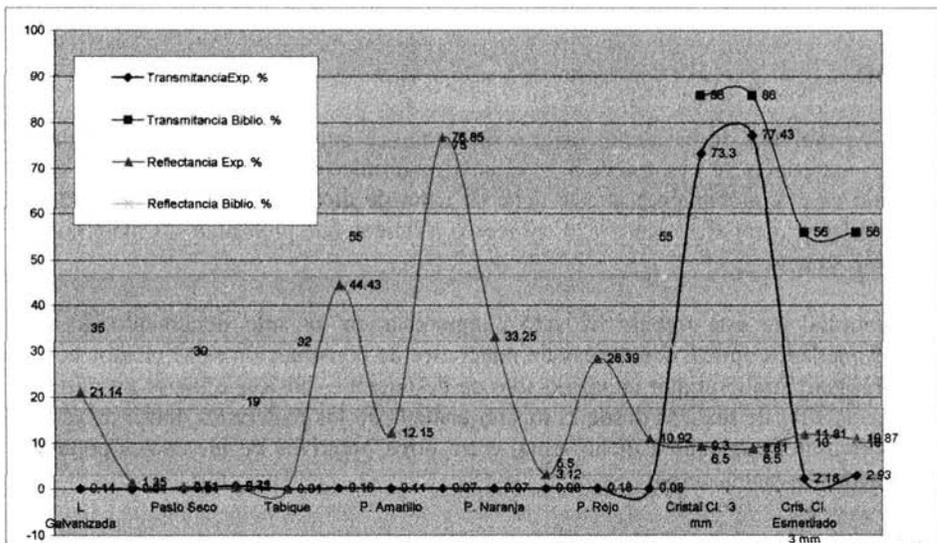
Se puede observar claramente la gran diferencia que existe entre los valores registrados en bibliografía y los obtenidos a través de la experimentación, así que la recomendación más conveniente que arroja esta gráfica es que es necesario realizar un catalogo a nivel nacional con carpetas de cada estado en los cuales se en listen los materiales de mayor uso y se describan sus propiedades, ya que los datos bibliografía no resultan ser los más convenientes, por lo menos no podemos generalizarlos.



Gráfica comparativa de propiedades térmicas



GCPO1.- Gráfica comparativa de propiedades Ópticas



GCPO2.- Gráfica comparativa de propiedades Ópticas

Coeficiente de Transmisión de Calor K^* en puertas y ventanas			
Puertas	1	Puerta exterior- madera y plástico	3,0*
	2	Puerta exterior-acero y materiales no férreos	5,0
	3	Puerta del balcón sencilla de madera y cristal	4,0
	4	Puerta de balcón doble de madera y cristal	2,0
	5	Puerta interior	2,0
	6	Ventana sencilla de madera y acristalamiento sencillo	4,5
	7	Ventana sencilla de madera y acristalamientos doble de 6 mm c/u	2,8
	8	Ventana sencilla de madera y acristalamientos doble de 12mm c/u	2,5
Ventanas Exteriores	9	Ventana compuesta de madera	2,2
	10	Ventana doble de madera	2,0
	11	Ventana metálica simple y acristalamiento simple	5,0
	12	Ventana metálica simple y acristalamiento doble de 6 mm c/u	3,4
	13	Ventana metálica simple y acristalamiento doble de 12 mm c/u	3,1
	14	Ventana metálica compuesta	3,0
	15	Ventana metálica doble	2,8
	16	Lucernario simple en bastidor metálico	5,0
	17	Lucernario doble en bastidor metálico	3,0
	18	Grandes escaparates, ventanas con bastidor de concreto	5,0
	19	Ventana de baldosas huecas de vidrio	2,5
Ventanas Interiores	20	Ventana sencilla, un local auxiliar	3,0
	21	Ventana doble, a un local auxiliar	2,0

* K = Cantidad de calor que en una hora atraviesa normalmente una pared de $1m^2$ de superficie y 1m de espesor, con una diferencia de temperatura de $1^\circ C$ entre ambos parámetros.

CONCLUYENDO

En cada uno de los capítulos se ha mencionado o destacado la importancia de las propiedades termofísicas de los materiales de construcción en el análisis térmico de las edificaciones, y sobre todo se ha insistido en el conocimiento que se debe de tener de dichas propiedades ya que esto nos permitirá entender el comportamiento y los procesos térmicos que presentan los materiales y el mismo edificio en su entorno.

El objetivo primordial de este trabajo ha sido compendiar en un solo documento, lo más relevante sobre propiedades ópticas y térmicas de materiales de construcción relacionados con el análisis térmico. Lo cual implicó tratar temas no solo de definiciones básicas que nos permitieran introducirnos al tema sino de realizar desde el mismo análisis de los materiales, hasta investigar los procesos y normas relacionadas a dicho tema, entre otros objetivos de los cuales podemos destacar los de mayor relevancia como:

- Obtener listado de propiedades ópticas térmicas y físicas de los materiales de mayor utilidad en la industria de la construcción de manera general, reportados en la literatura.
- Obtener el listado de propiedades ópticas y térmicas de materiales de construcción de mayor uso en la región de Huauchinango, Puebla. Analizados en laboratorio.

-
- Comparación de resultados experimentales con datos de bibliográficos, a través de gráficas.
 - Demostrar por medio de valores y gráficas la variación que existe con la aplicación de datos de bibliografía y datos reportados de análisis.
 - Conocer y reportar el funcionamiento de equipo de análisis y la metodología de selección.
 - Reportar los organismos así como las normas existentes relacionadas con materiales en función del uso eficiente de energéticos.

Por lo tanto, después de realizar este trabajo se puede concluir, que el objetivo principal se cumplió mediante la realización de cada uno de los objetivos particulares, que anteriormente se mencionaron.

Y es necesario realizar un juicio de las condiciones en que se encuentran los materiales y de sus características, antes de hacer la elección de cualquier valor, con el único fin de poder proporcionar un valor lo más cercano a la realidad.

A esta conclusión se puede agregar que el obtener estas propiedades y aplicarlas es un trabajo de equipo con esto quiero decir que además de intervenir varias disciplinas para lograrlo, se debe así mismo de considerar que los materiales trabajan de manera conjunta dentro de una edificación y que el resultado obtenido del grado de confort que se logre no solo dependerá de estas propiedades sino que intervienen mucho factores a considerar, los cuales se han mencionado en el capítulo III y que vienen a generar el conjunto de características que nos indicaran el comportamiento de la edificación ante los diferentes factores tanto climáticos, como de suelo, ubicación y todos aquellos que forman parte del concepto *Arquitectura*, una arquitectura *consciente del consumo racional de Energéticos*.

Hoy, en la conclusión de este trabajo es quizá conveniente recordar la serie de interrogantes expuestas en la metodología general, con el único fin de recapacitar y poner en marcha todo proyecto que nos permita encontrar las respuestas y soluciones a las mismas.

“Se esta dando el momento en el que uno es quien dé las características y especificaciones de los materiales, por que así lo demanda el clima, el cliente, la estética, etc., pero realmente, ¿sabemos lo que pedimos?, ¿Conocemos los términos con los que nos proporcionan la información?, Conocemos las unidades?. ¿En México presentamos antes o conjuntamente al entregar el proyecto, el cálculo que avala que la edificación cumple con los niveles de confort necesarios, para que dicha edificación sea habitable?. Y sobre todo, ¿Cuanto me costara dar una buena iluminación y una temperatura adecuada?, no solo hablando de dinero sino de Energéticos

Todos estas preguntas no las hemos hecho quizás desde hace mucho tiempo y las podemos contestar, pero seria más útil pensar, decir y hacer las cosas, que solo archivarlas.”

Es importante recordar que:

***La energía no sobra
La energía cuesta dinero
La energía no se debe derrochar***

Además de que la Calidad es un derecho al que no se debe renunciar.

BIBLIOGRAFIA

Libros:

- (1) **ACOSTA, Vladimiro,**
Vivienda y clima,
Editorial Nueva visión, Buenos Aires,
Argentina. 1976.
- (2) **AREVALO Gutierrez Manuel,**
Materiales aislantes y su uso en la construcción;
UNAM. 1972
- (3) **ASHARE.**
Handbook of fundamentals
Cap. 23. New York, 1972.
- (4) **CARRIER HANDBOOK OF AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN,**
Editorial Mc Graw – Hill, New York,
USA 1982.
- (5) **CEAC,**
Materiales y elementos de construcción;
CEAC, Barcelona. 1994
- (6) **Centro de Investigaciones en Energía**
Notas del curso de actualización en Energía Solar,
UNAM. México. 1997.
- (7) **GARZA, Gaspar de la,**
Materiales y construcción
Trillas, México. 1991.
- (8) **GILLAM Scott Robert,**
Fundamentos del diseño
Edit. Víctor Leru, México, 1975.
- (9) **GUIDE TO PLASTICS PROPERTY AND SPECIFICATION CHARTS,**
Mc Graw-Hill
Inc. New York, USA. 1978
- (10) **GUILLEN Monterrubio, Darwin Ramón,**
Materiales y su aplicación en la vivienda popular;
UNAM. 1987

-
- (11) **GUYO Alan,**
Arquitectura Bioclimática
Gustavo Gili; Barcelona, 1983.
- (12) **HOLLMAN J.P.,**
Heat Transfer
5ª Edición, Mc Graw.Hill.
USA, 1981
- (13) **KREIDER and Kreith,**
Solar Energy Handbook,
Mc Graw-Hill,
USA. 1981
- (14) **KREIDER & Kreith**
Solar principles of solar Engineering,
Mc Graw-Hill, USA.
- (15) **MORALES Ramírez, José Diego,**
Climatización Natural de edificios en climas cálido
UNAM. 1989
- (16) **MORILLON Galvez David**
Diseño de dispositivo y método para medición de conductividad térmica de
materiales de construcción,
Tesis de maestría, facultad de Arquitectura de la Universidad de Colima, 1990.
- (17) **MOSQUEIRA Salvador R.,**
Física
Editorial Patria, 1976
- (18) **PERRY Robert H. & Green Don,**
Manual Del Ingeniero Químico
Editorial Mc Graw – Hill
- (19) **OZISIK Necati M.**
Heat Conduction
2ª Edición Edit. Wiley inter- science
Carolina, Canadá. 1995
- (20) **PLAZOLA Cisneros Alfredo,**
Arquitectura Bioclimática;
México 1983.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

-
- (21) **RESNICK R. & HLLIDAY David,**
Física,
Edit. Continental,
México, 1980.
- (22) **ROHSENOW w.,Hartnett J.**
Handbook of heat transfer,
Mc Graw-Hill, USA 1973
- (23) **ROJAS Mendoza, José Alberto,**
Propiedades ópticas y térmicas de algunos materiales de construcción.
Tesis de Heliodiseño, Temixco, Morelos.
UNAM. 1992.
- (24) **SABADY Pierre Robert,**
Arquitectura Solar (ejecución de edificios solares)
CEAC, Barcelona.1982.
- (25) **SHIMADZU DOUBLE-MONOCHEMATOR RECORDING**
SPECTROPHOTOMETER UV-365.
Shimadzu Corporation, Kyoto Japan, 1985
- (26) **SZOKOLAY. S**
Arquitectura Solar;
Blume, Barcelona 1983.
- (27) **Universidad Autónoma Metropolitana**
Ecodiseño (Colección de ensayos)
UAM Xochimilco, México. 1982
- (28) **WRIGHT David,**
Arquitectura Solar Natural;
Gustavo Gili, México. 1983.
- (29) **CAEMM**
La oferta de materiales y sistemas para el aislamiento térmico de viviendas en
Mexicali, baja California
Mexicali Baja California, México. 1990.
- (30) **TEDESCHI Enrico**
Teoría de la Arquitectura.
Editorial Nueva Visión.
México 1977.
-

-
- (31) **MOTA R. A. Y VALDERRAMA O.**
Evaluación del Recurso Solar, Notas del curso de actualización en energía solar
LES-IIM-UNAM, México. 1988.

Artículos:

- (32) **LIRA Cortés Leonel, Chávez Chana Yvonne, Morales José M.**
Instrumentación y Caracterización de un aparato para medir la conductividad
térmica de sólidos aislantes
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
Cuernavaca Morelos. México. 1996
- (33) **LIRA Cortés Leonel, Chávez Chana Yvonne, Morales José M.**
Determinación de la conductividad térmica de materiales aislantes
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.
Cuernavaca Morelos. México. 1997
- (34) **MARROQUÍN, Karla F.**
Investigación de Materiales en Arquitectura Bioclimática.
UNAM. México, 1996.
- (35) **OCAMPO Ruiz E.**
Sistemas Pasivo y Activos
UNAM: México, 1996

Normas:

- (36) **Norma Oficial Mexicana NOM- 018- ENER-1997**
Aislantes térmicos para edificaciones.
Características, límites y métodos de prueba.
- (37) **Norma ASTM C177-76**
Standard Test Method for Steady-state thermal transmission
Properties by means of the guarded hot plate
- (38) **Norma ASTM C177-85**
Standard Test Method for Steady-state Heat Flux Measurements and thermal
transmission
Properties by means of the guarded hot plate Apparatus

-
- (39) **NOM-C-127-1982**
Industria de la construcción - materiales
Termoaislantes - muestreo
 - (40) **NOM-C-238-1985**
Industria de la construcción- Materiales
Termoaislantes- Terminología
 - (41) **NOM-C-30-1986**
Industria de la construcción
Agregados, Muestreo
 - (42) **NOM-C-10-1986**
Industria de la construcción concreto
Bloques, Ladrillos o tabiques y tabicones
 - (43) **Instituto Meteorológico Nacional**
Normales Climatológicas de Huauchinango, Puebla
Periodo de 10 años (1980 - 1990)
 - (44) **Norma Oficial Mexicana NOM- 008- ENER-1995**
Envolvente en Edificios.
Requerimientos mínimos para el diseño y construcción
en la envolvente de las edificaciones
 - (45) **Norma Oficial Mexicana NOM- 008- ENER-2001**
Envolvente en Edificios.
Requerimientos mínimos para el diseño y construcción
en la envolvente de las edificaciones
 - (46) **Norma Básica de Edificación NBE-CT-1979**
Ahorro energético a través de una adecuada construcción de los edificios.

Catálogos:

- (47) **VIDRIO PLANO DE MEXICO, SA DE CV.**
Catalogo de productos de Vitro Vidrio Plano
Tlalnepantla, Edo. De México.,
1998.México.
- (48) **CONAE**
www.conae.gob.mx
Normalización
México. 2003.

GLOSARIO

Calidad: La calidad es una estrategia empresarial, que estudia al cliente, y cuyo objetivo principal, es satisfacer sus necesidades y/o expectativas, a través de un correcto programa arquitectónico, de una correcta asesoría o a través de un correcto proceso de obra.

Caloría: Cantidad de calor necesario para elevar de 1°C a 2°C una masa de 1g de agua.
 $1000 \text{ cal} = 1 \text{ k cal} = 3.9683 \text{ Btu} = 4186.8 \text{ J}$

Calor específico: Cantidad de calor necesaria para elevar en una unidad la temperatura de un cuerpo de masa igual a la unidad. $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.

Calor específico volumétrico: Cantidad de calor necesario para elevar en una unidad la temperatura de un cuerpo de volumen igual a la unidad. $\text{J}/(\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

Coefficiente de reflexión (ρ): Cociente entre la energía radiante reflejada por la superficie y la energía radiante incidente, %.

Coefficiente de transmisión): Cociente entre la energía transmitida por transparencia y la energía radiante incidente, %.

Coefficiente de Absorción (α): Es el coeficiente entre la energía radiante absorbida por la superficie y la energía radiante incidente. %

Conductancia Térmica: Calor transmitido de una superficie a otra en un régimen estacionario, por unidad de tiempo y por unidad de área cuando la diferencia entre las temperaturas de las dos superficies es igual a la unidad, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

Conductividad Térmica: Calor transmitido en régimen estacionario desde una superficie a otra paralela a través de un cuerpo homogéneo de espesor igual a la unidad, en la unidad de tiempo y por unidad de área cuando la diferencia entre las temperaturas de ambas superficies es igual a la unidad. Un material es homogéneo si su conductividad térmica no varía cuando se modifican el espesor y el área. La expresión real y la simplificada de la unidad es $1 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$.

Densidad: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Kg/m^3

Densidad de Flujo de Calor: Calor transmitido en la unidad de tiempo y por unidad de área W/m^2

Emitancia (ϵ): Cociente entre el total de la energía radiante emitida por una superficie y la energía radiante total emitida por un cuerpo negro cuando las áreas y temperaturas de ambos son iguales. %

Espesor: distancia entre las dos caras paralelas de un material, medida perpendicularmente a las mismas, m .

Flujo de Calor: Calor transmitido en la unidad de tiempo. W

Humedad absoluta: Masa de vapor de agua contenida en un volumen de aire igual a la unidad. También se expresa como la masa de vapor de agua contenida en un volumen de aire cuya masa es igual a la unidad.

Humedad Relativa: Relación entre la masa de vapor de agua presente en un volumen de aire y la masa de vapor de agua contenida en un volumen de aire saturado, a la misma temperatura y presión barométrica.

Irradiancia: Energía radiante emitida por una superficie en la unidad de tiempo y por unidad de área. W/m^2

Joule: Es el trabajo desarrollado cuando el punto en que se aplica una fuerza de 1 newton se desplaza una distancia de 1 m en la dirección de la fuerza.

Longitud de onda (λ): distancia entre dos máximos consecutivos de una onda electromagnética, *m*.

Material: Insumo o materia susceptible de ser transformado para conformar productos, componentes o elementos.

Movimiento ondulatorio: Es la propagación de la energía por medio de una perturbación en un medio, en lugar del medio en sí.

Onda mecánica: Es una perturbación física en un medio elástico.

Radiación solar Difusa: Energía solar recibida por un plano únicamente desde celeste, en la unidad de tiempo y por unidad de área.

Radiación solar directa: Energía solar recibida por un plano directamente del sol, por unidades de tiempo y de área. W/m^2

Radiación solar global: $I_g = I_r + I_s$ en W/m^2

Resistencia térmica: Valor recíproco de la Conductancia térmica $R = 1/C$, ($m^2 \text{ } ^\circ C/W$)

Retraso Térmico ($\Delta\tau$): tiempo que se mide desde el momento que produce la temperatura y el instante en que tienen lugar la temperatura superficial, *h*.

Temperatura sol – aire: Temperatura de un medio exterior que da lugar a un proceso de transmisión del calor igual al que tendría lugar en las condiciones reales, en las que se incluyen los intercambios térmicos por radiación y por convección que ocurren entre la superficie del elemento y el sol, el cielo, las otras superficies que lo rodean y el aire. $^\circ C$

Watt: Potencia, trabajo o flujo de calor realizado en la unidad de tiempo $1 W = 1 J/s$. *W*