

24'
70

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería



ENERGIA SOLAR Y EDIFICACION

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
ABUD FRANCO CHATAJ



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE.

	Introducción	1
I	Conceptos básicos	4
I.1	Conceptos de física.	4
I.2	Concepto de energía.	12
I.3	Origen de la energía	13
I.4	Conversiones de la energía	15
I.5	Demanda futura de energéticos	16
I.6	Unidades de energía.	18
II	Energía solar.	25
II.1	Origen de la energía solar	25
II.2	Conceptos básicos en energía solar.	31
II.3	Técnicas de conversión de energía solar	35
II.4	Geometría solar	39
II.5	Usos de la energía solar	46
II.6	Limitaciones actuales del aprovechamiento de la energía solar.	49
III	Dispositivos y sistemas solares.	63
III.1	Colectores solares	63
III.2	Almacenamiento Térmico.	64
III.3	Aislantes térmicos	66
III.4	Bombas de calor	73
III.5	Sistemas solares activos	76
III.6	Sistemas solares pasivos	78
IV	Diseño bioclimático.	99
IV.1	Carta bioclimática	100
IV.2	Sistemas bioclimáticos.	101
IV.3	Elementos reguladores	110
V	Aplicación de la energía solar a la vivienda en la República Mexicana.	127
V.1	Localización de la República Mexicana.	127
V.2	Síntesis climática de la República Mexicana	127
V.3	Requerimientos de climatización en la República Mexicana	130
V.4	Adaptación de la vivienda al clima.	133
V.5	Disponibilidad de energía solar en la República Mexicana	135
V.6	Gráficas solares para la República Mexicana	136
V.7	Recomendaciones para tomar en consideración al diseñar una vivienda o una urbanización	137
	Conclusiones	162
	Bibliografía	165

INTRODUCCION.

A partir de la revolución industrial se incrementó el uso de los combustibles fósiles, principalmente el carbón, para mover las máquinas de vapor.

Posteriormente, al inicio de este siglo se le volvió a dar un uso múltiple al petróleo con la invención del automóvil, desplazando al carbón ya que es más fácil su extracción y transporte, se requiere de un menor espacio para almacenarlo y tiene un mayor poder calorífico; este recurso es el más empleado actualmente a gran escala.

El primer boom petrolero se desató en el año de 1973 durante el conflicto árabe - israelí, lo que llevó a un incremento en el precio del petróleo por los países productores del medio oriente para financiar la guerra, con lo que se originó una inflación galopante que llevó a aumentar los costos de fabricación de equipo y tecnología; todo esto ocasionó un segundo boom petrolero en el año de 1976, donde hubo otro fuerte incremento en el precio de este hidrocarburo. Este nuevo costo del petróleo motivó a los países potencialmente productores a financiar la exploración y explotación de los yacimientos.

El resultado de la intromisión de estos nuevos productores de petróleo en el mercado internacional fué una sobreproducción que rebasó la demanda, con lo que el precio del petróleo ha ido decreciendo a últimas fechas.

Sin embargo, a partir de 1973 los países no productores y si consumidores, financiaron proyectos de investigación para aprovechar las fuentes de energía no combustibles (naturales) modernizando sistemas y utilizando combustibles que ya se habían

deshechado pero que con el alto costo del petróleo y las perspectivas a futuro en aquel entonces su uso volvió a ser costeable, además que esos países contaban con ese tipo de recursos.

Otro factor que intervino para desarrollar nuevas fuentes de energía fue el crecimiento y la importancia que ha tenido el movimiento ecológico a nivel mundial, principalmente en los países desarrollados, donde incluso han llegado a tener fuerza política. Las nuevas fuentes de energía son mucho menos contaminantes que las fuentes convencionales de energía.

Una de estas fuentes naturales de energía es la energía proveniente del sol por medio de radiación, y aunque es una fuente basta de energía, el problema radica en convertir toda esta radiación en energía aprovechable en formas conocidas. Si toda esta radiación fuera aprovechada podría satisfacer la demanda mundial de energía de la actualidad en miles de veces, además es una fuente inagotable de energía ya que el sol continuará brillando por miles de millones de años más.

Naturalmente no toda la radiación solar que llega al planeta es aprovechable, ya que, una gran parte se refleja hacia el espacio exterior, otra la absorbe la atmósfera y solo queda el 50% que recibe la superficie del globo terráqueo y considerando que las 2/3 partes de la superficie están cubiertas de agua se tiene que solo un 16% de la energía solar que recibe la tierra es aprovechable.

A pesar de todo no se descarta el uso que actualmente puede tener este tipo de energía en diversas formas, amortiguando la dependencia de otras fuentes de energía no renovables, contaminantes y costosas.

Uno de los usos de la energía solar es el que se aplica en el acondicionamiento climatológico en la vivienda por medios naturales.

El propósito de esta tesis, consiste en despertar el interés de todas las personas involucradas en decisiones sobre el diseño y construcción de las viviendas, respecto a la potencialidad que representa el considerar las características climáticas locales y las propiedades térmicas de los materiales de construcción, ya que en conjunto se encuentran ligadas a las condiciones óptimas del confort térmico.

En el capítulo I se presentan las bases en que se funda el estudio de la energía solar, se dan los conceptos y unidades de física que se manejan en este campo.

En el capítulo II se mencionan los conceptos usados en la energía solar desde su fuente luminosa hasta la geometría que guarda con respecto a la tierra, además de sus usos y limitaciones.

El capítulo III incluye la descripción de los dispositivos de captación y almacenamiento de la energía térmica, así como una gama de aislantes térmicos usados en la construcción.

En el capítulo IV se plantea el aprovechamiento de la energía solar en forma pasiva, como una solución factible a problemas de acondicionamiento climático y las propiedades térmicas de los distintos materiales de construcción.

Finalmente, en el capítulo V se analizan las características de intensidad y duración de la insolación en el país, incluye información respecto a los distintos climas y orientaciones preferentes para diversas ciudades de México.

Al final de cada capítulo se incluyen las tablas y figuras mencionadas en el cuerpo del capítulo.

CAPITULO I

CONCEPTOS BASICOS.

I.1 CONCEPTOS DE FISICA.

Toda rama de la ingeniería se basa en la física; el estudio de la energía solar requiere de las interrelaciones entre la calorimetría, trabajo y energía, óptica y termodinámica; las cuales se describen a continuación:

I.1.1 TRABAJO Y ENERGIA.

La definición física del trabajo (W) es el producto de la fuerza (F) que se aplica a una partícula por la distancia (x) que recorre; matemáticamente se expresa como:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F (.X) dx$$

La energía es la capacidad de hacer trabajo, dimensionalmente se mide en las mismas unidades.

La rapidez con que se hace un trabajo se llama potencia (P) y físicamente se define como:

$$P = dW / dt$$

El trabajo también puede indicarse en unidades de potencia por tiempo.

El trabajo hecho sobre un cuerpo por la fuerza resultante que obra sobre el, es igual al cambio de energía cinética (K) del cuerpo.

Existen también otros tipos de energía como la potencial (U) en donde interviene la posición de un cuerpo, la energía calorífica (Q) que se crea por la fricción entre dos cuerpos, y otras.

Todas las anteriores intervienen en el teorema del trabajo y la energía que dice: "La energía puede transformarse de una clase a otra, pero no puede ser creada ni destruida; la energía total es constante". Matemáticamente:

$$0 = \Delta K + \sum \Delta U + 0 + (\text{cambio en otras formas de energía})$$

I.1.2 CALORIMETRIA.

Cuando se realiza un trabajo, cierta cantidad de energía se transforma en calor, ya sea por medio de fricción, presión, fusión, etc., es decir, el calor es una forma de energía.

El calor se define como la energía que pasa de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperaturas entre ellos.

La cantidad de calor se define como el calor necesario para producir un cambio patrón durante un proceso físico, así, una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5°C a 15.5°C . Las sustancias difieren unas de otras en la cantidad de calor que requieren para elevar su temperatura un incremento dado. La relación de la cantidad de calor ΔQ proporcionada a un cuerpo a su elevación de temperatura ΔT , se llama Capacidad calorífica (C) y se expresa como:

$$C = dQ / dT \quad \text{en (cal/ K).}$$

La capacidad calorífica por unidad de masa, llamada Calor específico es una característica del material del que esta hecho el cuerpo, se expresa como:

$$c = \frac{dQ}{m dT} = \text{capacidad calorífica/ masa.}$$

y el calor que debe proporcionarse a un cuerpo de masa m, cuyo material tiene una capacidad calorífica c, para elevar su temperatura de T_1 a T_2 es:

$$Q = m \int_{T_1}^{T_2} c dT.$$

donde c es función de la temperatura.

I.1.2.1 EQUIVALENTE MECANICO DEL CALOR.

Al ser el calor una forma de energía, las unidades de la energía son unidades de calor. Joule fué quien midió el equivalente de la energía mecánica a energía calorífica, o sea, la cantidad de Joules equivalentes a una caloría. Joules estableció que Q es proporcional a W , y por medio de experimentos comprobó que:

$$4\ 186\ \text{joules} = 1\ \text{caloría.}$$

I.1.2.2 METODOS DE TRANSMISION DEL CALOR.

La propagación del calor se realiza desde los cuerpos de temperatura alta hacia los de temperatura baja. La transmisión del calor se lleva a cabo por tres procesos, y son:

a) Conducción.- El calor se propaga por conducción, cuando existe contacto directo entre los cuerpos de mayor y menor temperaturas, o cuando entre ambos existe un medio sólido que adquiere temperaturas intermedias entre los dos cuerpos, sin que se produzca un movimiento de materia. La conducción del calor es característica de los sólidos.

b) Convección.- Este tipo de transmisión del calor se realiza particularmente en los fluidos (líquidos y gases) y se basa en el movimiento de las partículas que van desde los puntos calientes a los frios y viceversa por los cambios de densidad al cambiar la temperatura.

c) Radiación.- El calor se propaga sin la intervención de partículas materiales, todo cuerpo emite hacia el espacio ondas electromagnéticas, esta emisión de ondas produce en el cuerpo emisor una pérdida de energía calorífica.

I.1.2.3 CONDUCTIVIDAD TERMICA.

Es la capacidad que tiene un material para transmitir calor por conducción. Físicamente, es la cantidad de calor que pasa en una unidad de tiempo a través de una unidad de área unitaria, que tenga una diferencia de temperatura de 1°C entre sus caras, en un material homogéneo, (K).

$$\frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/ m}} \quad \bar{=} \quad \frac{\text{BTU}}{\text{h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/ ft}}$$

I.1.2.4 RESISTENCIA TERMICA.

Es la capacidad que tienen los materiales de oponerse al pa so del calor. La resistencia total de un cuerpo, es igual a la suma de las resistencias térmicas de sus componentes. La resistencia térmica es el inverso del coeficiente de transmisión térmica.

I.1.2.5 COEFICIENTE DE TRANSMISION DEL CALOR. (U).

Es la cantidad de calor que pasa en un tiempo a través de elementos compuestos por varios materiales en sus espesores por unidad de superficie y por cada grado celsius de diferencia entre sus caras exterior e interior.

$$U = \frac{\text{kcal}}{\text{h m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{1/ f_e + 1/ f_i + e_1/ K_1 + e_2/ K_2 + \dots + 1/a}$$

donde: $a = 5.37 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ cuando existe cámara de aire intermedia.

e_1, e_2, \dots, e_n = espesores de los distintos materiales que componen el elemento.

K_1, K_2, \dots, K_n = coeficientes de conductividad térmica de cada material que compone el elemento.

f_e y f_i = Coeficientes de transmisión superficial exterior e interior.

I.1.2.6 CUERPO NEGRO.

El concepto de cuerpo negro, es un concepto abstracto, ya que no se conoce en la naturaleza. Se define como una superficie ideal que absorbe toda la radiación que incide sobre el y no emite ninguna.

I.1.3 TERMODINAMICA.

Sería difícil establecer los conceptos de calor y trabajo en un marco aislado de referencia, por lo que es preciso establecer la interacción de trabajo y calor con el sistema y con el medio, el estudio de estas interacciones de los cambios de energía que ocurren al efectuar un trabajo, además del flujo del calor es lo que estudia la termodinámica, la cual se rige por las siguientes leyes y conceptos:

I.1.3.1 TEMPERATURA.

La temperatura es una medida de la intensidad del calor.

I.1.3.2 LEY CERO DE LA TERMODINAMICA.

Si dos cuerpos están en equilibrio térmico con un tercer cuerpo, entonces esos dos cuerpos están en equilibrio térmico entre sí. Esta ley indica que si dos sistemas que se encuentran a diferentes temperaturas y se ponen en contacto, el valor final de la temperatura será un valor intermedio entre las temperaturas de los dos cuerpos.

I.1.3.3 PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA.

El calor es una forma de movimiento y por lo tanto de energía y para una cantidad de trabajo se produce una cantidad equivalente de calor. En resumen, el postulado de la primera ley nos dice que: " La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma".

I.1.3.4 ENTROPIA.

En cualquier sistema termodinámico, una parte de la energía transformada se pierde en forma de calor, algún día en que toda la energía del universo se haya convertido en calor, esta se dispersará uniformemente por todo el universo; se llegará a un estado de equilibrio térmico, al no haber diferencias de temperaturas no podrá existir el trabajo. El concepto de entropía involucra la medida en que las temperaturas de un sistema están en equilibrio. Conforme la entropía crece, la diferencia de temperaturas es cada vez menor, y el movimiento molecular es cada vez más desordenado. Sus dimensiones son $ML^2T^{-2}K^{-1}$.

I.1.3.5 SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA.

En esta ley se involucra el concepto de entropía. Para producir trabajo es necesario que las moléculas que lleven calor se muevan en una dirección determinada por las temperaturas de los cuerpos que conformen a un sistema. El alemán R. Clausius concluyó que: " Una máquina que actúe por sí misma no puede, sin ayuda de un agente externo, hacer pasar calor de un cuerpo a otro de mayor temperatura".

I.1.3.6 TERCERA LEY DE LA TERMODINAMICA.

Su enunciado es el siguiente: " Es imposible reducir la temperatura de un sistema al cero absoluto, siguiendo un número finito de operaciones", esto indica que no es posible tener máquinas termodinámicas cuya eficiencia sea el 100%.

I.1.3.7 CICLO DE CARNOT.

Se le llama ciclo a una serie de procesos mediante los cuales regresan a un sistema a sus condiciones originales. Si el ciclo contiene solo procesos reversibles, es un ciclo reversible.

Un ciclo reversible es el ciclo de Carnot. El sistema consiste en una sola sustancia homogénea que trabaja (un fluido, especialmente un gas), el ciclo lo componen dos procesos isotérmicos y dos procesos adiabáticos reversibles. En la figura 1.1 se presenta una máquina que sigue el ciclo de Carnot, y en la fig. 1.2 se ilustra el mismo ciclo en un diagrama presión - volumen. El trabajo neto W hecho por el sistema durante un ciclo, está representado por el área encerrada por la trayectoria abcd. La cantidad neta de calor recibida por el sistema en el ciclo es $Q_1 - Q_2$, donde Q_1 es el calor absorbido en la etapa 1 y Q_2 es el calor desprendido en la etapa 3. Tenemos que, de la primera ley de la termodinámica:

$$W = Q_1 - Q_2$$

El resultado del ciclo es que el sistema ha convertido calor en trabajo, es decir, opera como una máquina térmica. Se define como eficiencia e de una máquina térmica a la relación del trabajo neto hecho por ella durante un ciclo a la cantidad de calor tomada de la fuente de elevada temperatura en un ciclo, o sea;

$$e = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

De la ecuación anterior se muestra que la eficiencia es siempre menor que 1.

I.1.4 FÍSICA DE LAS ONDAS.

Cualquier movimiento oscilatorio que se propague en un medio material, en una dirección determinada, se transmite por medio de ondas, las ondas son portadoras de energía; por su origen las ondas pueden ser luminosas, sonoras, mecánicas, etc.. Se puede establecer una clasificación de las ondas dependiendo de la forma de como los movimientos de las partículas están relacionados

con la dirección de propagación de las ondas.

Si los movimientos de las partículas de materia que transporta la onda es perpendicular a la propagación de la onda misma, se tiene una onda transversal. Si el movimiento de las partículas que transporta la onda es coincidente con la dirección de la onda, se tiene una onda longitudinal.

Las ondas mecánicas son ondas transversales, mientras que las ondas sonoras son longitudinales, aunque puede haber otro tipo de ondas mixtas.

Las ondas luminosas no son ondas mecánicas, la perturbación que viaja con la luz no es un movimiento de materia, sino que se debe a la excitación de un campo electromagnético, pero como los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la dirección de la propagación, las ondas luminosas son ondas transversales.

I.1.5 OPTICA.

La óptica estudia a la luz en todos sus aspectos; tanto a la naturaleza de la fuente luminosa, como a la forma en que se propaga, la iluminación que produce, la velocidad con la que se propaga, etc..

La fuente luminosa es un cuerpo en el que sus átomos emiten energía luminosa en forma de ondas electromagnéticas. A las ondas luminosas se les llama también rayos.

Los cuerpos tienen distintas propiedades relativas a su comportamiento hacia la luz, y se rigen por las siguientes leyes y conceptos:

a) Reflexión.- Es el rechazo de los rayos por la superficie que separa el medio en que se propagan de otro medio en el

cual la velocidad de propagación es diferente a la del primero, (fig. 1.3). La reflexión obedece a las dos leyes siguientes:

- La normal a la superficie, la onda incidente y la onda reflejada están contenidas en el mismo plano.

- El ángulo de incidencia y el de reflexión son iguales.

b) Refracción- Es el cambio de dirección de la onda incidente cuando pasa de un medio a otro; cuando esta onda viaja oblicuamente a la superficie que separa a los dos medios. (fig 1.4).

La relación entre la velocidad de la luz en ambos medios es:

$$n = \frac{\text{Vel. de la luz en A}}{\text{Vel. de la luz en B}} = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$$

donde n es el índice de refracción de B con respecto a A.

c) Dispersión.- La luz blanca está compuesta por un determinado número de ondas de diferentes frecuencias y longitudes, cada frecuencia constituye un color característico, la gama de longitudes de onda en el aire que componen el espectro visible abarca desde 380 nm (violeta) hasta 780 nm (rojo).

El índice de refracción de los materiales ópticos transparentes aumenta a medida que disminuye la longitud de onda.

1.2 CONCEPTO DE ENERGIA.

El hombre moderno no tiene dificultad en comprender a la energía y a la materia como los dos aspectos que definen al universo; a la materia como a la sustancia y a la energía como al móvil de la sustancia.

El concepto de materia es más comprensible para el hombre, ya que se refiere a todo lo que ocupa un lugar en el espacio y cuya principal característica es su masa, en cambio, el concepto de energía es difícil de imaginar, es un concepto abstracto.

Se sabe que para poder mover una cantidad de materia se requiere de un esfuerzo físico, la energía se manifiesta una vez que el cuerpo ha empezado a moverse. Hasta hace unos años los físicos sostenían la tesis de que existían solo cuatro formas básicas de energía en la naturaleza; las originadas por las fuerzas de gravitación, las electromagnéticas, la interacción nuclear fuerte a la que se debe la poderosa fuerza de atracción entre protones y neutrones y la interacción nuclear débil que desempeña un papel fundamental en la transformación de un tipo de partícula subatómica en otra.

Las formas de energía antes mencionadas pueden convertirse unas en otras, como podría ser, la gravitación en electricidad (centrales hidroeléctricas), la interacción nuclear fuerte en electromagnetismo (energía solar), etc.

En la actualidad hay científicos que sostienen que la interacción nuclear débil es igual a las fuerzas electromagnéticas, lo cual se ha probado y su objetivo es demostrar que todas las fuerzas se pueden manejar como una sola.

I.3. ORIGEN DE LA ENERGIA.

Como se ha visto, los recursos energéticos del planeta provienen de las fuerzas fundamentales de la naturaleza, como son la gravitación, el electromagnetismo y las interacciones nucleares. Algunos de los recursos son renovables, otros no lo son; por otra parte, la utilización de un recurso energético, ya sea para producir electricidad o para realizar un trabajo útil, requiere de un proceso mediante el cual la energía potencial que contiene el material energético se transforme en energía útil o energía de trabajo.

La principal fuente de energía del planeta es el sol, el cual suministra a la tierra cerca de 173 billones de kilowatts. Esta energía llega continuamente a la tierra en forma de radiación infrarroja, ultravioleta y luz visible, el 30% de esta energía se refleja hacia el espacio exterior en forma de radiación de onda corta y el 47% se refleja en forma de radiación de onda larga. El 23% restante se acumula en el planeta, principalmente en forma de calor en el agua de los mares y provoca la evaporación y la precipitación pluvial, además de cambios climatológicos que mantienen al planeta a una temperatura anual promedio de 20°C. Una fracción ínfima de la energía solar (el 0.02%) conduce a la fotosíntesis, proceso mediante el cual las plantas fijan el bióxido de carbono de la atmósfera para sintetizar carbohidratos.

Los combustibles fósiles representan la acumulación durante años de la energía solar almacenada en materiales orgánicos.

Actualmente se estima que en un lapso de 300 años se agotarán los combustibles fósiles. (9).

I.3.1 DIVERSAS FUENTES DE ENERGIA.

La energía hidroeléctrica representa una fuente energética accesible, su origen físico es la fuerza gravitacional de la tierra y se renueva indirectamente por la acción de la energía solar al evaporar el agua, la cual se acumula mediante la precipitación pluvial en depósitos naturales o artificiales elevados sobre la superficie de la tierra.

La energía de las mareas tiene su origen físico en la acción gravitacional de la luna. El período cíclico de las mareas implica que esta fuente energética es renovable; por ejemplo, es con

cebible acumular agua en una pequeña bahía durante la marea alta y dejarla escapar cuando esta baja, accionando una turbina. Sin embargo, los costos son elevados debido a la acción corrosiva del agua de mar.

La geotermia se origina directamente por la fisión nuclear, es decir, por el decaimiento radiactivo de ciertos minerales en el interior de la tierra. El calor producido asciende a regiones cercanas a la superficie y calienta el agua evaporándola. Sin embargo, la actividad corrosiva del agua geotérmica requiere de materiales resistentes que elevan los costos de producción. (9 y 10)

El origen de los minerales radioactivos y de otros elementos pesados, como el uranio, se remonta al período de formación de nuestra galaxia. Fué entonces cuando se produjeron las condiciones físicas que favorecieron la síntesis de elementos más pesados que el carbono y se cree que estas condiciones surgieron después de la explosión de una estrella supernova.

I.4 CONVERSIONES DE LA ENERGIA.

El primer tipo de energía de la que el hombre tuvo conocimiento fue la energía mecánica, pero poco a poco fué conociendo otros tipos de energía, como son la energía calorífica, luminosa o radiante, química, eléctrica y nuclear.

La facultad de conversión entre las diversas formas de energía es una de sus más importantes propiedades; cualquier forma de energía puede ser convertida en otra, ya sea por procesos fáciles de comprender o muy complicados.

La energía de la naturaleza no puede ser destruida ni creada, solo transformada; cada vez que se efectúa una conversión,

parte de la energía se transforma en calor inútil que se difunde a través del universo.

La materia puede ser convertida en energía según la fórmula $E = m c^2$, donde m es la masa y c es la velocidad de la luz, esta ecuación fué propuesta por Alberto Einstein, y se comprobó en 1932 en California.

La fig. 1.5 ilustra las transformaciones de la energía. Las transformaciones de energía nuclear son complicadas y actualmente solo se hace en base a la fisión de los átomos de uranio enriquecido.

En la tabla 1.1 se muestran las posibles formas de intercambio de energía.

1.5 DEMANDA FUTURA DE ENERGETICOS.

La demanda de energéticos en el mundo es cada vez mayor, las formas convencionales de energía se agotarán, ya que el consumo de estos supera cada vez más a la localización de nuevos yacimientos.

El 98% de la energía utilizada actualmente procede de combustibles fósiles; lo que indica una dependencia casi total de fuentes no renovables de energía, además tanto el carbón como el petróleo tienen una gran importancia en la industria tanto química como metalúrgica donde se tienen márgenes de ganancia mucho mayores al elaborar productos manufacturados que al quemarlos para obtener energía eléctrica o mecánica.

Algunas fuentes alternas de energía tienen la ventaja que son anticontaminantes, renovables y pueden disminuir la gran dependencia de los combustibles fósiles que tiene actualmente la humanidad.

Entre estas fuentes de energía cabe mencionar las originadas por las mareas, el sol, los vientos, el calor interno de la tierra, la fisión y fusión nucleares, el gradiente térmico de los océanos, etc.

En la tabla 1.2 se dan los datos de la oferta de energía para inicios del próximo siglo y el posible desarrollo que tendrán las nuevas fuentes de energía.

I.6 UNIDADES DE ENERGIA.

CANTIDAD FISICA	NOMBRE DE LA UNIDAD EN EL SI	SIMBOLO	DIMENSIONES
FUERZA	NEWTON	N	(F, L, T^{-2})
ENERGIA Y TRABAJO	JOULE	J	(F, L^2, T^{-2})
POTENCIA	WATT	W	(F, L^2, T^{-1})
TEMPERATURA	° KELVIN	K	adimensional

OTRAS UNIDADES DEFINIDAS EN TERMINOS DE UNIDADES DEL SI.

CANTIDAD FISICA: Fuerza

UNIDAD.	SIMBOLO	IGUAL A:
Poundal	pdl	$1.38255 (10^{-1})N$
Libra fuerza	lbf	4.44822 N
Kilogramo fuerza	kgf	9.80665 N

CANTIDAD FISICA: ENERGIA Y TRABAJO

UNIDAD	SIMBOLO	IGUAL A:
Caloría (IT)	Cal IT	4.1868 J
Caloría (15°C)	Cal (15°)	4.1855 J
Caloría (termoquímica)	Cal th	4.184 J
Unidad térmica británica	B.T.U.	1.055.6 J
poundal pie	pdl. pie	$4.21401 (10^2) J$
libra (f) pie	lbf. pie	1.35582 J
Kilowatt hora	Kwh	$3.6 (10^6) J$
Electrón volt	ev	$1.06021 (10^{-19}) J$

CANTIDAD FISICA: Potencia

UNIDAD	SIMBOLO	IGUAL A:
BTU por hora	BTU/h	0.293 w
BTU por minuto	BTU/min	17.58 w
Caballo de fuerza	Hp	745.7 w
Caloría por hora	Cal/h	1.1653 (10^{-3}) w
Caloría por minuto	Cal/min	69.923 (10^{-3}) w

CANTIDAD FISICA: Temperatura

UNIDAD	SIMBOLO	IGUAL A:
Grado Rankine	°R	5/9 °K
Grado fahrenheit	°F	5/9 °K
Grado celsius	°C	1 K

PREFIJOS PARA LAS UNIDADES DEL SI

FRACCION	PREFIJO	SIMBOLO	MULTIPLO	PREFIJO	SIMBOLO
10^{-1}	deci	d	10	deca	da
10^{-2}	centi	c	10^2	hecto	ha
10^{-3}	mili	m	10^3	kilo	k
10^{-6}	micro	μ	10^6	Mega	M
10^{-9}	nano	n	10^9	Giga	G
10^{-12}	pico	p	10^{12}	Tera	T
10^{-15}	femto	f	10^{15}	Peta	P
10^{-18}	atto	a	10^{18}	Exa	E

Otras unidades especiales.

- Grados día: El calentamiento por grado día es una unidad de medición que se basa en la diferencia de temperaturas y el tiempo. La unidad representa un grado de diferencia entre la temperatura base (18.3°C) y la temperatura media exterior en un día. Se usa para estimar el consumo de combustible y especificar la carga mínima de calefacción para un edificio o construcción en invierno; si en cualquier día la temperatura media exterior fuese menor que 18.3°C , existen tantos grados día como grados centígrados haya de diferencia entre la temperatura media exterior y 18.3°C .

-Langley: Unidad de radiación, es la cantidad de energía que recibe un cuerpo irradiado por unidad de área.

$$1 \text{ ly} = \text{cal}/\text{cm}^2$$

-Tonelada Equivalente de Petróleo: Unidad de medida de producción de energía equivalente a la producida por una tonelada de petróleo.

$$1 \text{ T.E.P.} = 10^{13} \text{ kcal.}$$

- Tonelada Equivalente de Carbón: Unidad de medida de producción de energía, que representa la cantidad de energía a la producida por una tonelada de carbón.

$$1 \text{ T.E.C.} = 8 \text{ 000 kwh.}$$

Un barril de petróleo equivale a 1 870 kwh.

Forma final Forma inicial	Mecánico	Calorífica	Eléctrica	Química	Radiante
Mecánica →	↑	↑ Frotamiento	↑ Máquina dinamo eléctrica	↑ Reacciones favorecidas por la compresión	↑ Ruptura de ciertos cristales
Calorífica →	↑ Máquina de vapor	↑	↑ Pila termoeléctrica	↑ Reacciones endotérmicas	↑ Emisión de luz por incandescencia
Eléctrica →	↑ Motores eléctricos	↑ Efecto Joule	↑	↑ Electrólisis	↑ Descargas en gases enrarecidos
Química →	↑ Motores de explosión	↑ Reacciones exotérmicas	↑ Elementos electroquímicos	↑	↑ Oxidación del fósforo
Radiante →	↑ Radiómetro	↑ Radiaciones caloríficas	↑ Efecto Fotoeléctrico	↑ Fotografía	↑

Tabla 1.1 Transformaciones entre las diversas formas de energía.

USOS MUNDIALES ACTUALES Y FUTUROS, ESTIMADOS, DE FUENTES DE ENERGIA NUEVAS Y RENOVABLES

Fuente	Uso actual en miles de millones (10 ⁹) kWh	Utilización en el año 2000 en miles de millones (10 ⁹) kWh
Solar	2.3	2.000-5.000
Geotérmica	55	1.000-5.000
Eólica	2	1.000-5.000
Geotérmica	0.4	30-60
De las olas	0	10
Gradiente térmico marino	0	1.000
Biomasa	550-700	2.000-5.000
Leña	10.000-12.000	15.000-20.000
Carbón vegetal	1.000	2.000-5.000
Turba	20	1.000
Animales de tiro	30 (en la India)	1.000
Esquistos bituminosos	15	500
Arenas alquitranadas	130	1.000
Energía hidráulica	1.500	3.000

Tabla 1.2 (Ref. 9)

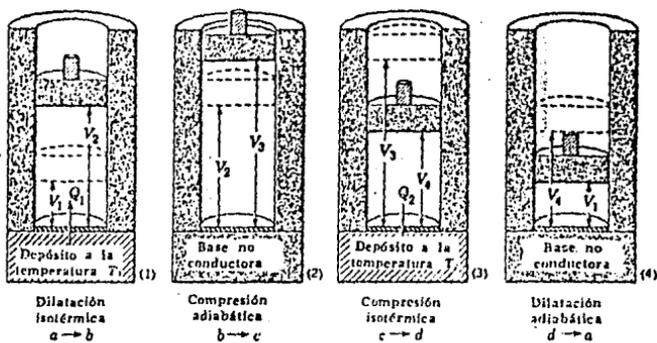


Fig. 1.1 Se representa una máquina que sigue el ciclo de Carnot, las letras a , b , c , d , se refieren a los puntos correspondientes a la fig. 1.2



Fig. 1.2 Ciclo de Carnot en un diagrama $P - V$ para un gas ideal.

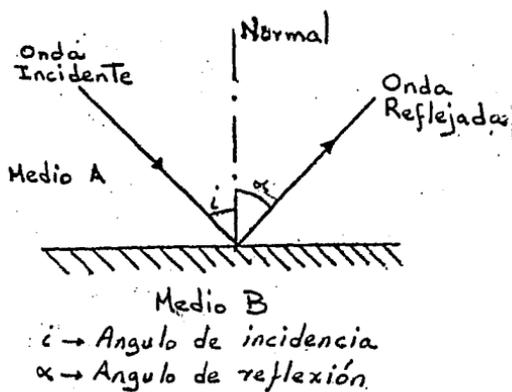


Fig. 1.3 Fenómeno de Reflexión.

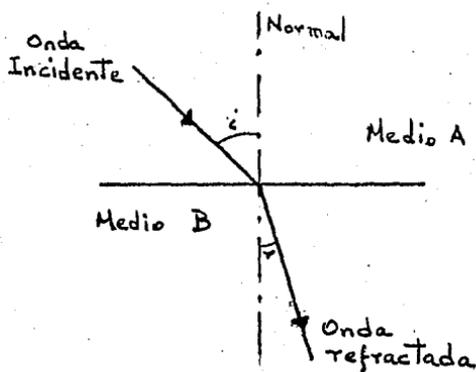


Fig. 1.4 Fenómeno de Refracción.

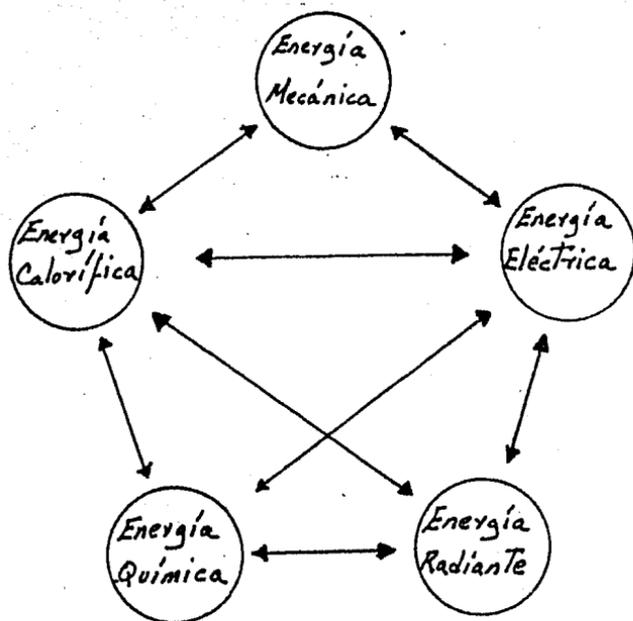


Fig. 1.5 Conversiones de la energía.

CAPITULO II

ENERGIA SOLAR.

II.1 ORIGEN DE LA ENERGIA SOLAR.

II.1.1 NATURALEZA DE LA LUZ.

Los científicos han estudiado el enigma de como el sol puede mantener por tanto tiempo una temperatura tan elevada y lo explican de la siguiente manera: Los núcleos de los elementos ligeros (el hidrógeno que constituye el 80% de la masa solar) se une a otros más pesados como el caso del helio logrando una fusión nuclear.

Se cree que la reacción principal es la fusión de grupos , de cuatro núcleos de hidrógeno para formar uno de helio, como la masa atómica del helio es menor que la de los cuatro núcleos de hidrógeno, parte de la masa se convierte en energía.

La energía solar despedida en forma de calor y de luz se origina por este proceso.

Cuando la materia es convertida en energía, basta con una pequeña masa para crear un desequilibrio en los átomos produciendo energía.

Esta energía que irradia el sol llega a la tierra por ondas electromagnéticas que viajan a una velocidad de 3×10^8 m/s.

Aunque el espectro solar muestra en su descomposición solo los rayos de seis colores: violeta, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo, en realidad existen rayos invisibles y se hallan a ambos lados de dicho espectro, los ultravioleta con una longitud de onda menor a 0.35 micrómetros y los infrarrojos cuya longitud de onda es mayor a 0.75 micrómetros.

Según Maxwell la luz es uno de los componentes del espectro electromagnético que se muestra en la figura 2.1.

Todas las ondas mostradas en la figura son de carácter electromagnético y tienen la misma velocidad c (velocidad de la luz) en el espacio libre difieren solo en su longitud de onda.

La luz se puede definir como toda radiación que puede afectar al ojo, en la fig. 2.2 se representa la sensibilidad relativa del ojo a las radiaciones de diversas longitudes de onda imaginando un supuesto observador de referencia.

Las ondas electromagnéticas transportan energía del sol a la tierra. El transporte de energía mediante una de estas ondas en el espacio libre queda definido por el vector Poynting (S) donde:

$$S = \frac{1}{\mu_0} \bar{E} \times \bar{B} \quad S \text{ se expresa en } W/m^2$$

\bar{E} y \bar{B} son los valores instantáneos de los vectores del campo eléctrico y magnético respectivamente.

μ_0 es una constante de permeabilidad magnética.

Las ondas electromagnéticas también pueden transportar cantidad de movimiento lineal, en otras palabras, es posible ejercer una presión (presión de radiación) sobre un objeto dirigiendo una luz sobre el, estas fuerzas son pequeñas en comparación a las fuerzas debidas a la gravedad.

Considérese un haz de luz paralelo que cae sobre un objeto durante un tiempo t , de tal manera que la luz incidente sea absorbida totalmente por el objeto (cuerpo negro). Si durante este tiempo es absorbida una cantidad de energía U , la cantidad de movimiento p aplicada al objeto según Maxwell es:

$$p = U / c \quad (\text{absorción total.})$$

donde c es la velocidad de la luz, la dirección de p es la dirección del rayo incidente.

Si la energía luminosa U se refleja íntegramente, la canti-

dad de movimiento proporcionada será el doble que la indicada anteriormente, o sea:

$$p = 2U / c \quad (\text{reflexión total}).$$

Si la energía luminosa U es parcialmente reflejada y parcialmente absorbida, la cantidad de movimiento recibida estará comprendida entre U/c y $2U/c$.

II.1.2 PROPAGACION DE LA LUZ.

Cada forma de energía radiante que compone el espectro electromagnético: la luz visible, los rayos infrarrojos y ultravioleta, los rayos X y gama y las ondas de radio, han sido descubiertos separadamente y parecían tener propiedades distintas, Maxwell había establecido que todas las ondas antes mencionadas son de naturaleza eléctrica y magnética y consideradas en conjunto, formaban el espectro electromagnético.

El argumento de Maxwell en favor de la teoría ondulatoria de la luz confirmó a esta teoría sobre otra que establecía en imaginar a la luz como haces formados por partículas individuales, a esta teoría se le conoce como teoría corpuscular.

Con el descubrimiento del efecto fotoeléctrico y con los experimentos de Lenard que observó que un incremento en la intensidad de un haz ultravioleta no parecía aumentar la velocidad con que los electrones salían del metal, este fenómeno no podía ser explicado por la teoría ondulatoria.

Max Plank estableció que la radiación calorífica es absorbida o emitida en pequeños paquetes de energía llamados cuantos.

Einstein dijo que la luz debe comportarse de la misma manera y afirmó que la luz de cada color estaba constituida por paquetes que tenían distintas cantidades de energía, estos cuantos de luz

son los llamados fotones.

Los fotones ofrecían una explicación parcial al efecto fotoeléctrico y a los experimentos de Lenard, puesto que decía que se requería de cierta cantidad de energía para hacer saltar a un electrón de la superficie del metal. Einstein explicó que la luz roja no estaba compuesta de fotones con suficiente energía para producir esa acción, pero si la luz violeta.

Actualmente las teorías corpuscular y ondulatoria de la propagación de la luz coexisten, la teoría ondulatoria explica los fenómenos donde intervienen ondas largas (del rango de ondas de radio) del espectro electromagnético, mientras que para las ondas cortas (rayos X y gama) se explican más fácilmente con la teoría corpuscular, al estar la luz entre estos dos tipos de ondas, su comportamiento se explica por medio de ambas teorías.

II.1.3 CONSTITUCION DEL SOL.

Las partes del sol accesibles a la observación son la fotosfera, la cromósfera y la corona, que constituyen la atmósfera solar. La fotosfera forma el disco aparente del astro y emite casi la totalidad de la luz solar, es una capa de centenas de kilómetros que se caracteriza por un espectro continuo, la estructura vertical se estudia basandose en la variación del oscurecimiento de los bordes que es otra de las características de dicha capa.

La cromósfera de estructura heterogénea se extiende por encima de la fotosfera, inicialmente solo podía ser observada durante los eclipses de sol, pero debido al desarrollo de la fotografía es posible observarla en cualquier momento, la principal característica de la cromósfera es la coexistencia de elementos fríos y calientes; el fenómeno cromosférico denominado protuberancia tiene su origen y evolución en la actividad solar.

La corona se sitúa por encima de la cromósfera, aparece en los eclipses de sol como una aureola blanca que rodea al astro, la forma varía según el estado de la actividad solar, casi regular en los estados de máxima actividad solar y muy irregular durante los mínimos de esta.

Las investigaciones sobre el interior del sol solo son teóricas, pero es posible suponer su constitución interna en base al equilibrio del astro en cuanto a la distribución radial de la temperatura, la densidad y el coeficiente de producción de energía necesarios para mantener la estabilidad. En el interior del sol se han detectado 57 elementos químicos conocidos en la tierra, pero se han detectado 20 000 trazas del espectro solar que se atribuyen a elementos desconocidos o a elementos sometidos a estados no posibles en la tierra, también se han detectado rayos X, ultravioleta y de onda larga.

Las manchas solares son una manifestación de la actividad solar y aparecen entre las latitudes de los 5° a los 30° Norte y Sur.

En la fig. 2.3 se puede ver un corte de la estructura externa y la posible estructura interna del sol.

II.1.4 MOVIMIENTO DE TRANSLACION DE LA TIERRA.

La tierra además de girar sobre su propio eje (movimiento rotacional) se mueve alrededor del sol en una trayectoria casi elíptica (movimiento de translación), este movimiento dura un año terrestre y al no ser circular la trayectoria alrededor del sol provoca cambios representados por la variación de la insolación, precipitación pluvial, declinación solar, clima, etc., en diversos períodos del año; a estas variaciones se les conoce

como estaciones.

La trayectoria de la tierra alrededor del sol no es a una distancia constante del sol, por lo que se tiene un punto donde la tierra está más alejada del sol (afelio) y otro donde la distancia es más corta (perihelio). La trayectoria se realiza sobre el plano de la eclíptica, el cual tiene una inclinación de $23^{\circ}27'$ con respecto al plano ecuatorial.

En el hemisfério norte, el invierno se inicia cuando el sol está más cerca de la tierra (solsticio de invierno) y el verano cuando está más lejos (solsticio de verano). En la fig. 2.4 se ilustra este fenómeno.

II.1.5 CANTIDAD DE RADIACION QUE LLEGA A LA TIERRA.

La cantidad promedio de radiación solar que llega cerca de la atmósfera terrestre se conoce como la constante solar I_0 , y se ha medido en $1\ 353\ \text{W}/\text{m}^2$. sin embargo, como la trayectoria de la tierra alrededor del sol es elíptica las distancias varían en $\pm 1.7\%$ durante el año, y la radiación también varía como se muestra en la siguiente tabla. (5).

FECHA	DISTANCIA MEDIA SOL - TIERRA	RADIACION SOLAR W/m^2
Enero 1	0.9832	1 399
Febrero 1	0.9853	1 394
Marzo 1	0.9908	1 379
Abril 1	0.9993	1 354
Mayo 1	1.0076	1 333
Junio 1	1.0141	1 312
Julio 1	1.0167	1 308
Agosto 1	1.0149	1 312
Septiembre 1	1.0092	1 329
Octubre 1	1.0011	1 350
Noviembre 1	0.9925	1 373
Diciembre 1	0.9860	1 392

La constante solar representa la energía total en el espectro solar.

La energía que irradia el sol esta distribuida en un rango de longitudes de onda, y la cantidad de energía por unidad de área en un período entre un rango de una banda espectral en particular se conoce como radiación espectral, esta se expresa en $W/m^2 m$. (5).

La atmósfera terrestre recibe 1.7×10^{17} W de radiación del sol, en la figura 2.5 se observa el comportamiento de flujo de energía que llega a la tierra a través de la atmósfera, el comportamiento para un cuerpo negro y la condición de absorción total.

En la fig. 2.6 se observa que el total de radiación recibida, el 25% se refleja hacia el espacio exterior en forma de onda corta en la atmósfera se fija el 25% y en la superficie queda un 50%; de la radiación de onda larga que es el 75% del total reflejado para alcanzar el equilibrio, el 50% se refleja directamente, el 24% se almacena en las grandes extensiones de agua y hielo, el 0.2% se almacena en los vientos, olas y corrientes, un 0.03% se ocupa en la fotosíntesis y da lugar a los combustibles fósiles, el 0.02% se refleja por conducción y el 0.002% se refleja por convección.

II.2 CONCEPTOS BASICOS EN ENERGIA SOLAR.

II.2.1 AISLAMIENTO.

Es la acción de aminorar las pérdidas de calor de un cuerpo cubriendo su superficie con materiales que ofrecen resistencia al paso del calor.

II.2.2 PLANO DE LA ECLIPTICA.

Se denomina eclíptica al plano de la órbita terrestre en su movimiento de translación y también al círculo de intersección de

dicho plano con la esfera celeste. Debido al movimiento aparente del sol alrededor de la tierra, la eclíptica representa el camino aparente del sol entre las estrellas. Este plano forma un ángulo de $23^{\circ}27'$ con respecto a un plano horizontal o ecuatorial, (fig. 2.4).

II.2.3 CONFORT CLIMATICO.

Se dá por la combinación media de tres factores climáticos que son: el viento, la humedad relativa y la temperatura. La combinación adecuada de estos tres factores propicia que el ambiente sea adecuado para vivir en diferentes épocas del año; esto se puede lograr con el uso adecuado de sistemas pasivos.

II.2.4 EFECTO DE CHIMENEA.

Debido a la diferencia de densidad entre el aire caliente y el aire frío, se forman corrientes por convección natural, el aire caliente se eleva pudiendose canalizar así al exterior. Este efecto acelera los cambios de aire en el interior de una edificación a modo de un extractor.

II.2.5 EFECTO DE INVERNADERO.

El efecto de invernadero se presenta cuando la radiación solar incide sobre una masa térmica detrás de un espacio cubierto por una membrana transparente (vidrio). Dependiendo de las propiedades térmicas de dicha masa y de la intensidad y tiempo de incidencia de la radiación este aumentará su temperatura emitiendo calor en forma de radiación infrarroja. Una función muy importante del vidrio o de la membrana transparente es evitar la fuga de calor emitido por la masa (receptora - almacenadora) y propiciar, con su permanencia en el espacio cerrado que caliente el volumen de aire ahí contenido, hasta igualar sus temperaturas.

Los materiales que transmiten radiación solar visible no necesariamente transmiten radiación térmica. El vidrio permite que toda la radiación que llega a su superficie lo penetre, absorbiendo la mayor parte de la radiación térmica que intercepta. Una vez que se transmite la luz solar a través del vidrio y es absorbida por los materiales localizados en el espacio interior, la energía térmica que estos irradian no pasa a través del vidrio, conservándose el calor en el espacio considerado.

II.2.6 GANANCIA AISLADA.

En el tipo de construcción que se proyecte para usar la energía solar mediante este sistema, la captación, la colección y el almacenamiento pueden estar separados de la construcción, aunque el almacenamiento puede no estarlo; siendo así posible una independencia entre el edificio y el dispositivo, lo cual permite también una fácil instalación para cualquier edificación.

II.2.7 GANANCIA SOLAR DIRECTA.

Es el hecho de aprovechar el calor producido por los rayos solares al atravesar primero el espacio habitable por calentar e incidir después en masas térmicas captadoras - almacenadoras, que luego emitirán en un tiempo, como son los materiales densos de baja porosidad. Esta situación se da a través de paredes, cubiertas, ventanas, etc. al captar, absorber o permitir estos el paso de los rayos solares sin el uso de medios mecánicos.

II.2.8 GANANCIA SOLAR INDIRECTA.

Aquí los rayos solares ya no viajan a través del espacio habitable, pero siguen incidiendo sobre la masa almacenadora, la cual transfiere los flujos de calor al interior por medios naturales (según sus propiedades térmicas). En este concepto, una masa

de almacenamiento colecta y almacena directamente el calor del sol y transfiere el calor al interior por medios naturales.

II.2.9 HUMEDAD RELATIVA.

Es la cantidad de vapor de agua existente en el aire, en relación a la máxima cantidad de vapor de agua que puede tener para saturarse a la misma temperatura y presión atmosférica .

$$H.R. = \frac{\text{presión de vapor del aire}}{\text{presión de vapor saturado.}}$$

II.2.10 INERCIA TERMICA.

La temperatura del sol - aire es variable durante las 24 horas, esta variación se presenta como una curva sinusoidal, también la variación en las temperaturas interiores tendrán una gráfica similar, pero esta variación dará una curva menos pronunciada por efectos de amortiguación y un defazamiento con respecto al tiempo de los máximos y los mínimos, se tienen así las curvas de temperatura - tiempo de el exterior y del interior, comparando las dos curvas, resulta evidente en que intervalos se tiene un flujo térmico del exterior al interior y viceversa.

Se dice que un material tiene más o menos inercia térmica, cuando mayores o menores sean su amortiguación y retraso térmico. (ver fig. 2.6a).

II.2.11 INSOLACION.

Es la intensidad de radiación recibida por una superficie terrestre expuesta a los rayos solares.

II.2.12 CALOR SENSIBLE.

Es la cantidad de calor absorbido por una sustancia (un fluido generalmente) al elevar su temperatura sin cambiar su estado físico.

II.2.13 CALOR LATENTE.

También conocido como entalpía de evaporación, es la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado físico de una sustancia sin variar su temperatura.

II.2.14 RADIACION SOLAR DIRECTA.

Radiación proveniente del sol recibida con una dirección determinada por un rayo solar que pasa através de la atmósfera.

II.2.15 RADIACION SOLAR DIFUSA.

Es la radiación solar esparcida en las moléculas de aire, polvo, y por el mecanismo Rayleigh, no tiene dirección única, incluye la radiación reflejada del suelo.

La radiación total o global es la suma de las radiaciones directa y la difusa.

II.3 TECNICAS DE CONVERSION DE ENERGIA SOLAR.

De acuerdo a la NASA, los métodos de conversión de la energía solar se dividen en sistemas de colección natural y tecnológica, como se indica en la fig. 2.7.

II.3.1 CONVERSION TERMICA.

Requiere de tecnología para poder aplicarla y se basa en el principio de la refracción de la luz. Cuando una superficie oscura es expuesta a la radiación solar, esta absorbe la energía y se calienta.

El principio se aplica a los colectores solares que transmiten el calor a un fluido de trabajo que está en contacto con el colector.

Para reducir las pérdidas de calor a la atmósfera una o dos cubiertas de vidrio se ponen sobre la superficie de absorción para mejorar su eficiencia. Estos tipos de colectores térmicos sufren

de pérdidas de calor debidas a la convección y a la radiación, que se incrementan al incrementarse la temperatura del fluido de trabajo.

Accesorios tales como el uso de ciertas superficies, aislamiento del colector para reducir pérdidas de calor y tipos especiales de vidrio son usados para incrementar la eficiencia de estos aparatos.

El dispositivo simple de conversión térmica descrito anteriormente se le llama colector solar de placa plana y hay disponibilidad actualmente para operarlos a temperaturas de 365 K. Su uso más común es el de calentamiento de agua y calefacción de ambientes, además de sistemas de aire acondicionado con bombas de calor.

La utilización térmica de la energía solar para generar calor en poca cantidad es factible tanto técnica como económicamente para el calentamiento de agua y de aire. (fig. 2.8).

II.3.2 CONVERSION FOTOVOLTAICA.

La conversión de radiación solar a energía eléctrica por medio de celdas solares ha sido desarrollada gracias a la tecnología espacial. La eficiencia teórica de las celdas solares es del orden del 24%, y en la práctica se han alcanzado eficiencias del 15% con celdas fotovoltaicas de silicón. La tecnología de la conversión fotovoltaica esta siendo desarrollada, pero su aplicación a gran escala se ha topado con el alto costo de las fotoceldas.

Las celdas solares fotovoltaicas, a diferencia de los colectores solares que convierten radiación en calor, utilizan los fotones de energía de la radiación solar incidente directamente para producir electricidad.

II.3.3 CONVERSION BIOLÓGICA.

La conversión biológica de la energía solar por medio de la fotosíntesis es un proceso natural que ha sido estudiado por los científicos durante muchos años.

Este tipo de energía ha contribuido en pequeñas cantidades (0.03% de la energía solar acumulada a través de los años en la fauna y flora del planeta), pero la más importante en el desarrollo actual del hombre, transformandose en combustibles fósiles.

En principio es posible cultivar ciertas plantas con el exclusivo fin de generar energía, ya sea por bioconversión o por medio de pirólisis obteniendose combustibles líquidos o gaseosos. (ver fig. 2.9).

Desafortunadamente la energía solar cedida para la fotosíntesis en la agricultura es del 1%, pero cultivos de caña de azúcar puede generar una conversión media anual del 2.5%, y los procesos de reciclaje donde los desechos orgánicos son usados para producir metano, son algunas de otras posibilidades.

Las plantas aprovechan la energía solar gracias a la fotosíntesis, que produce hidratos de carbono a partir del bióxido de carbono existente en la atmósfera y de la luz del sol. Por esto se puede considerar que todos los combustibles fósiles, los productos agrícolas y los desechos orgánicos son combustibles solares. Se calcula que la energía solar total almacenada es de unos 635 TW/ por año, renovandose todos los años a un ritmo muy rápido.

Se ha demostrado, teórica y experimentalmente que el etanol (alcohol de caña) y la gasolina son equivalentes, utilizado en motores especialmente concebidos para su consumo, el alcohol genera un 18% más de energía por litro que la gasolina; su consumo

como combustible para vehículos con motores para gasolina es mayor que el de esta en un 15% al 20%. Las materias primas que se necesitan para la producción de etanol a gran escala es principalmente la caña de azúcar. Otra ventaja del etanol sobre la gasolina es que no contamina tanto como esta. (experiencia brasileña).

II.3.4 CONVERSION DE ENERGIA SOLAR POR LOS OCEANOS.

En las corrientes oceánicas hay almacenados de 5 a 8 TW de energía. Los intentos de aprovechar esta energía mediante turbinas resultan bastante futuristas, en cambio la diferencia de temperatura entre el agua fría a unos pocos centenares de metros de profundidad y el agua caliente cercana a la superficie del océano, constituye sin duda alguna una fuente potencial enorme de energía calculada entre 20 000 y 40 000 TW, de los cuales se podrían explotar en la práctica unos 4.

El 70% de la superficie terrestre está cubierta por océanos, y en ciertos lugares de los océanos la diferencia de temperaturas es del orden de 20°C a 25°C en profundidades menores a 1 km, esta diferencia de temperaturas puede ser utilizada para operar turbinas de vapor a baja presión, y así generar electricidad.

Actualmente se están experimentando con centrales llamadas OTEC (Ocean Termal Energy Conversion) con sus modalidades de " ciclo abierto" y " ciclo cerrado"; en lo que respecta al primero, se utiliza el agua del mar como fluido de trabajo, su temperatura de ebullición se reduce haciéndola pasar por una cámara de vacío mantenida al 3.5% de la presión atmosférica normal. (fig. 2.10). En el sistema de ciclo cerrado, se bombea amoníaco, que tiene una baja temperatura de ebullición, por un circuito cerrado, el amoníaco es calentado por el agua de mar gasificándose, el vapor obtenido pasa a través de una turbina donde pone en movimiento al

generador, al salir más frío y con menos presión se licúa comenzando otra vez el ciclo.

Uno de los principales problemas a resolver en este tipo de centrales es la corrosión que sufre su estructura, lo que aumenta considerablemente los costos al disminuir la vida útil.

III.3.5 ENERGIA EOLICA.

En los vientos que soplan sobre la superficie de la tierra se acumulan unos 2 700 TW. Desde hace miles de años se vienen utilizando los molinos de viento para captar una pequeña fracción de esta energía.

Los principales obstáculos que se oponen al uso actual en gran escala de esta fuente de energía son: la forma irregular en que soplan los vientos, lo que hace necesario almacenar de alguna manera la energía captada incrementando el costo; otro es que la energía eólica esta muy diluida, para producirla se necesita una superficie de tierra cinco veces mayor que la que se requiere para captar una cantidad equivalente de energía usando colectores solares.

La energía eólica resulta útil en pequeña escala para satisfacer necesidades locales en sitios privilegiados en cuanto a este recurso. Por decir algo, la cuarta parte de la energía eólica disponible está comprendida entre los primeros cien metros de altura sobre el nivel del mar.

II.4 GEOMETRIA SOLAR.

II.4.1 METODOS DE PROYECCION SOLAR.

Algunos tipos de colectores son fijos sin seguimiento o con una libertad limitada de movimiento, esto provoca que no todo el tiempo den la cara al sol directamente.

La magnitud de la componente de radiación directa normal al plano colector varía con respecto a la hora del día y según la posición del sol.

Existen varios métodos para determinar la posición del sol con respecto a la tierra, los métodos analíticos son usados para orientar concentradores de rayos solares, heliostatos, etc., pero para fines de diseño de viviendas los métodos gráficos son más recomendables y confiables para uso práctico.

El cambio de posición del sol a través de las horas y los días del año se visualiza si el punto de observación se imagina en una superficie plana y rodeada por una bóveda transparente llamada bóveda celeste, en la cual el sol se mueve describiendo una trayectoria aparentemente circular. La recta vertical sobre el observador es el cenit y bajo el observador es el nadir.

La ruta solar cambiará su posición en círculos paralelos entre los solsticios de verano e invierno.

Uno de los métodos usados para proyectar la ruta del sol en un plano es la llamada proyección ortográfica. Esta es una proyección geoméricamente correcta de la bóveda celeste, pero este método sufre la desventaja de severa contracción hacia la orilla, dificultando las lecturas y la representación gráfica.

Por medio de la geometría solar es posible conocer los ángulos verticales o alturas que tiene el sol en cualquier hora del año y, por medio de esto, se puede conocer el ángulo de incidencia de la radiación solar directa.

El sol puede ser localizado por medio de dos ángulos (fig. 2.11) el ángulo de altitud solar α se mide a partir del observador que se encuentra en un plano horizontal hacia el centro del sol. Se mide con una línea paralela a la dirección de los rayos del sol

y el plano horizontal.

El ángulo acimutal γ_g está contenido en el plano horizontal con respecto al sur y la proyección del sol en el plano horizontal.

El ángulo cenital Θ_z es el complemento del ángulo de altitud solar.

El ángulo horario W es igual a 15° , los ángulos medidos del sur al este son positivos y al oeste negativos; al mediodía $W = 0^\circ$.

La declinación solar δ es el ángulo entre el cenit y los rayos del sol al mediodía sobre el ecuador, o dicho de otro modo, tiene el mismo valor de la latitud a la cual el sol está vertical al mediodía en un día dado (ver fig. 2.14).

La latitud ϕ de los trópicos son las latitudes extremas donde el sol incide directamente por lo menos una vez al año. En las latitudes $\pm 66^\circ 30'$ se definen los círculos polares donde el sol no se eleva del horizonte por lo menos una vez al año.

Las declinaciones al norte del ecuador son positivas y al sur de este son negativas.

Otro ángulo básico es el de la latitud del lugar, positiva en el hemisferio norte y negativa en el sur.

Los ángulos horarios, la declinación y la latitud, se muestran en la fig. 2.12.

En cualquier día la ruta del sol se encuentra en un plano inclinado a un ángulo del plano horizontal igual a $(90 - \phi)$, los diagramas isométricos de la ruta solar en los solsticios y equinoccios se muestran en la fig. 2.13.

La proyección de la ruta del sol en el plano horizontal se llama diagrama de la ruta del sol. Estos diagramas se usan para determinar el fenómeno de sombreado asociado con colectores sola-

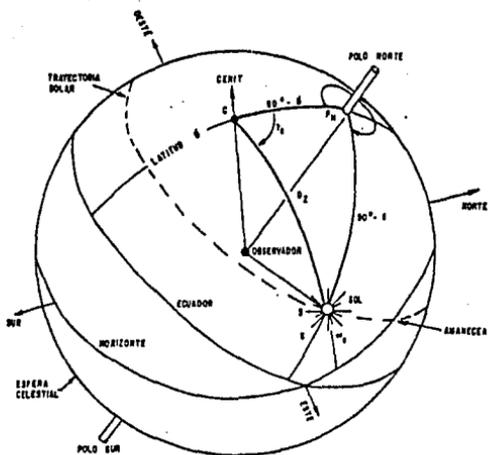
res, posición de las ventanas o aleros, etc.

Los diagramas de la ruta del sol para una latitud dada se utilizan para los valores de declinación del sol y para el ángulo horario.

En la fig. 2.15 se muestra el diagrama de la ruta del sol para una latitud de 30° , los círculos concéntricos representan los valores de altitud solar, y en dirección radial se obtienen los valores del ángulo acimutal.

A continuación se dan las ecuaciones angulares solares para el cálculo analítico de los valores de altitud, acimut, etc.:

II,4,2 ECUACIONES ANGULARES SOLARES.



1. Angulo Zenital y altitud

$$\cos \theta_z = \cos \alpha = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$$

2. Angulo de Azimut

$$\sin \gamma_s = -\frac{\sin \omega \cos \delta}{\sin \theta_z} = -\frac{\sin \omega \cos \delta}{\cos \alpha}$$

3. Angulo de Ganancia

$$\tan \alpha_w = \frac{\tan \alpha}{\cos (\gamma_s - \gamma_w)}$$

4. Angulo de Incidencia

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \phi \cos \beta + \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma +$$

$$\cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega - \cos \delta \sin \phi \cdot \sin \beta \cdot$$

$$\cos \gamma \cos \omega - \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega$$

5. Angulo de Incidencia para una superficie vertical

$$\cos \theta_v = \sin \delta \cos \gamma - \cos \gamma \sin \phi \cos \gamma \cos \omega -$$

$$- \cos \delta \sin \gamma \sin \omega$$

6. Angulo de Incidencia para un colector inclinado hacia el sur.

$$\cos \theta_s = \sin \delta \sin (\phi - \beta) + \cos \delta \cos (\phi - \beta) \cos w.$$

7. Angulo de Incidencia para un colector inclinado a la latitud del lugar hacia el sur.

$$\cos \theta_{1t} = \cos \delta \cos w$$

8. Angulo de Incidencia para un colector vertical

$$\cos \theta_{sv} = - \sin \delta \cos \phi$$

9. Angulo de Incidencia para el azimut en el amanecer

$$\sin \gamma_{sr} = - \sin w_{sr} \cos \delta$$

10. Angulo de Incidencia para el azimut en el atardecer

$$\sin \gamma_{ss} = - \sin w_{sr} \cos \delta$$

Collectores con seguimiento:

11. Angulo de Incidencia para un colector horizontal con seguimiento Norte-Sur.

$$\cos \theta_{nsh} = (\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos w)^2 + \cos^2 \phi \sin^2 w \quad 1/2$$

12. Angulo de Incidencia para un colector horizontal con seguimiento Este-Oeste.

$$\cos \theta_{ewht} = (1 - \cos^2 \delta \sin^2 w)^{1/2}$$

Ecuaciones complementarias:

$$13. \delta = 23.44 \sin \frac{360 (D - 81)}{365}$$

$$14. H_s = TLL + ET + 4 (L_{tz} - L) \quad (\text{tiempo solar}).$$

$$15. W = 15 (H_s + 12) \quad \text{en la mañana.}$$

$$16. W = 15 (H_s - 12) \quad \text{en la tarde.}$$

Símbolo	Descripción	Unidades	Rango
D	Días del año	Dfa	0 a 366
E. T.	Ecuación de tiempo	minutos	-16 a +16
Hs	Tiempo solar	hora	0 a 24
L	Longitud	Grados	-180°(E) a +180° oeste
TLL	Tiempo local	h:m;seg	0 1-24
Ltz	Longitud de la zona de tiempo	Grados	Incrementos de 15°
P _n	Polo Norte	-	-
Z	Punto Zenital	-	-
S	Sol	-	-
α	Altitud del sol	Grados	0°(horizontal) a 90°(vertical)
α_w	Angulo de ganancia	Grados	0° a 90°
B	Angulo de inclinación de un colector	Grados	0° a 90°
δ	Declinación del sol	Grados	-23.44° a + 23.44°
γ	Azimet del colector	Grados	0°(Sur) a +180°
γ_s	Azimet del sol	Grados	0°(Sur) a +180°
γ_{sr}	Azimet del amanecer	Grados	0°(Sur) a +180°
γ_{ss}	Azimet del atardecer	Grados	0°(Sur) a +180°
θ	Angulo de Incidencia	Grados	0° a 90°
θ_z	Angulo Zenital	Grados	0° a 90°
θ_v	Angulo de Incidencia para una superficie vertical	Grados	0° a 90°
θ_s	Angulo de Incidencia para una superficie inclinada hacia el sur	Grados	0° a 90°
θ_{sv}	Angulo de Incidencia para un co- lector vertical con difusor	Grados	0° a 90°
θ_{lt}	Angulo de Incidencia de un co- lector inclinado a la latitud del lugar hacia el sur	Grados	0° a 90°

Símbolo	Descripción	Unidades	Rango
θ_{nsh}	Angulo de Incidencia para un co- lector horizontal con seguimien- to Norte-Sur	Grados	0° a 90°
θ_{ewht}	Angulo de Incidencia para un co- lector horizontal con seguimien- to Este-Oeste	Grados	0° a 90°
ϕ	Latitud del lugar	Grados	-90 (Polo Sur) a +90 (Polo Norte)
W	Tiempo solar angular	Grados	0° al medio dfa
W_{sr}	Tiempo solar del atardecer	Grados	0° al medio dfa
W_{ss}	Tiempo solar del amanecer	Grados	0° al medio dfa

II.5 USOS DE LA ENERGIA SOLAR.

Desde la crisis de energéticos a principios de la década de los setentas, el desarrollo de técnicas para aprovechar la energía solar ha avanzado; por otra parte se sabe que la energía es necesaria para el desarrollo de los pueblos, logrando mejores niveles de vida de sus habitantes.

El uso de la energía solar como complemento de las necesidades energéticas de los pueblos puede ayudar a evitar una excesiva dependencia de fuentes de energía no renovables, inexistentes en esa zona y contaminantes.

Existen varios campos de aplicación de la energía solar, entre los cuales destacan los siguientes:

II.5.1 DESALACION DE AGUA.

En zonas áridas cercanas al mar o a los lagos salados es posible producir agua dulce en base a la evaporación y condensación del agua salada. (6).

II.5.2 PRODUCCION DE SALES Y FOSFATOS.

Al evaporarse el agua dulce de un recipiente donde está diluida con sales, la materia sólida (sales minerales) queda en el estanque mientras el líquido se evaporiza. (6).

II.5.3 CALENTAMIENTO DEL AIRE SECO.

Por medio de cambiadores de calor es posible el calentamiento del aire a bajas temperaturas, lo que a su vez es aplicable al calentamiento de viviendas, secado de granos, precalentamiento del aire para industrias, invernaderos, etc.

II.5.4 CALEFACCION DE EDIFICIOS.

El calentamiento ambiental del interior de los edificios a temperaturas de confort requieren de poco calor, los fluidos como

el aire o el agua son los más utilizados para este fin y se usa el que satisfaga la condición de humedad relativa- temperatura que se requiera. (5).

II.5.5 ENFRIAMIENTO DE EDIFICIOS.

Esto se puede lograr por medio de sistemas de refrigeración por absorción o por medio de bombas de calor, y así enfriar el interior de los edificios en las épocas calurosas del año. (2 y 5).

II.5.6 COCINADO DE ALIMENTOS.

En regiones donde se carece de combustibles fósiles o de leña es posible que mediante el almacenamiento de energía térmica se disponga de temperaturas relativamente altas donde se puedan cocer los alimentos durante un tiempo un poco más largo que el que se requeriría usando gas o leña. (9).

II.5.7 GENERACION DE ELECTRICIDAD.

Existen varios procesos para generar electricidad en base a la energía solar. Uno de los cuales consiste en las fotoceldas, pero estas son altamente costosas en la actualidad, otro es con el auxilio de estanques solares y turbinas de baja presión, lo cual se utiliza en el sistema OTEC ya mencionado. (9).

II.5.8 CALENTAMIENTO DE AGUA.

Es posible calentar agua a bajas temperaturas por medio de colectores solares y esta agua se puede utilizar para fines domésticos, precalentamiento de agua para las industrias, para albercas, etc. (5).

En la siguiente tabla se muestran los usos y aplicaciones que puede tener la energía solar:

FUENTE	ATMOSFERA	ENERGIA UTILIZABLE	U S O S Y APLICACIONES								EN SISTEMAS CONVENCIONALES		
			TIPO	PRODUCTO	SISTEMAS	RECEPTORES USUALES	CIRCUITOS	VEHICULO	ALMACENAMIENTO	DISTRIBUCION		CIRCULACION	
S O L	REFLEJA	LUMINOSA	VISIBLE	LUZ	PASIVOS (LUMINACION NATURAL)	VENTANAS Y TARCANES					DIRECTA REFLEXION REFRACCION		NO
		FOTONICA	FOTOVOLTAICA	ELECTRICIDAD	HIBRIDOS	MODULOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS DE SILICIO, ETC.			ALMACENAMIENTO DE PLOMO O SIMILARES	CABLE	D. C. A. C. (CONVERTIDOS)		NO
	ABSORBE	RADIACION CALORIFICA	SALENTAMIENTO	DE AGUA	ACTIVOS	COLECTOR PLANO	ABIERTOS o CERRADOS	AGUA	DEPOSITO AISLADO DE AGUA	TUBERIA	TRANSFORMACION o FORZADA		NO
					DE AMBIENTES	PASIVOS	AGUA QUIETA o CERMINIANTES			AGUA QUIETA o CERMINIANTES	REFRACCION o CIRCULACION DE AIRE	TRANSFORMACION o FORZADA	NO
				DE AGUA	ACTIVOS	COLECTOR PLANO o COLECTORES PARABOLICOS	ABIERTOS o CERRADOS	AGUA o AIRE	DEPOSITOS AISLADOS DE AGUA, PIEDRA, SALES	RADIADORES o CIRCULACION DE AIRE	TRANSFORMACION o FORZADA	NO	
					DE AMBIENTES	ACTIVOS		CERRADO o SIMILARES	DEPOSITO AISLADO DE AGUA	TUBERIA	FORZADA	SI	
										DEPOSITO AISLADO DE AGUA, PIEDRAS	RADIADORES o CIRCULACION DE AIRE	FORZADA	SI
							PASIVOS	SUPERFICIE EMISORA	CERRADO o ABIERTOS	AGUA o AIRE	DEPOSITOS DE MATERIALES DIVERSOS	CIRCULACION DE AGUA o AIRE	TRANSFORMACION o INVERSA	NO
	TIERRA	EMITE	RADIACION CALORIFICA	ENFRIAMIENTO									NO

II.6 LIMITACIONES ACTUALES DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA

SOLAR.

El principal problema encontrado en el diseño ingenieril de equipos que utilizan la energía solar es la dispersión de la radiación, que hace necesario grandes superficies para coleccionar esta y utilizarse a gran escala.

Otra limitación práctica la constituye el hecho de que solo unos sitios privilegiados pueden contar con energía solar en grandes cantidades, lo que ocasiona que en la mayor parte de las poblaciones se requiera de un medio de transporte para la energía obtenida.

Una tercera limitación consiste en la intermitencia de la fuente de calor y radiación; debido al movimiento de rotación de la tierra no se dispone de radiación constante en un sitio durante las 24 horas, además la nubosidad del lugar puede interceptar esta radiación disminuyendo las horas de insolación que puede, en teoría, tener una población.

Existen otras limitaciones con posibilidad de sobreponerse a ellas conforme existan los avances tecnológicos requeridos; una de estas es el almacenamiento de energía obtenida durante las horas de insolación, por lo que, a las limitaciones naturales hay que sumar las limitaciones debidas a las eficiencias de los equipos solares existentes y al alto costo de estos.

La siguiente tabla nos muestra las posibilidades del aprovechamiento de la energía solar en todas sus facetas actuales, así como los costos y problemas a resolver en el futuro.

TECNOLOGIA	APLICACIONES PROMISORIAS	ESTADO ACTUAL	COSTO en DOLARES ⁷⁸	OBSERVACIONES
Sistemas solares pasivos	Calentamiento y enfriamiento ambiental	Comercialmente disponible		Todavía existen problemas sin resolver en comercios y edificios.
Colectores estacionarios	Calefacción y refrigeración ambiental, secado solar, calentamiento de agua	Disponibles	de 8 a 15 por GJ	
Colectores con seguimiento				
distribuidas	Calor industrial Energía mecánica y eléctrica en el medio rural	En etapa de desarrollo	>50/GJ	Requieren alto porcentaje de radiación solar directa.
Torre central	Calor industrial a altas temperaturas. Electricidad	En investigación y desarrollo. Algunas prototipos.	>30/GJ	Requieren alto porcentaje de radiación solar directa.
Celdas fotovoltaicas.	Electricidad	En desarrollo, con aplicación importante	275/GJ	Su costo es alto.

El almacenamiento de la energía colectada representa otro problema, debido a que no se han desarrollado técnicas eficientes de almacenamiento.

Para bajas temperaturas de almacenamiento térmico cabe la posibilidad de utilizar almacenamientos de piedra o de agua; pero para sistemas de producción de energía eléctrica o almacenamientos térmicos para altas temperaturas, se requieren de otros medios de almacenar a la energía como pueden ser baterías de plomo - ácido, de hidrógeno, sistemas de aire comprimido, sodio líquido o alguna solución salina.

En la siguiente tabla se puede comparar algunos sistemas de almacenamiento de energía para altas temperaturas y electricidad.

TIPO DE ALMACENAMIENTO	EFICIENCIA %	DENSIDAD ENERGÉTICA KW-HR/FT ³	ESTADO ACTUAL
BATERIAS DE PLOMO - ACIDO	60-75	1-2	Disponible comercialmente.
BATERIAS DE CLORATO DE ZINC.	60-80	1-10	En estudio
BATERIAS DE ASUFRE Y METALES ALCALINOS	60-75	0.5-2	En investigación y desarrollo
ALMACENAMIENTO TERMICO USANDO METAL LIQUIDO O SOLUCIONES SALINAS	~75	—	En desarrollo.
ALMACENAMIENTO HIDRAULICO	65-70	0.001	En uso a gran escala
SISTEMAS DE AIRE COMPRIMIDO.	—	0.5-2	Existen prototipos en prueba.

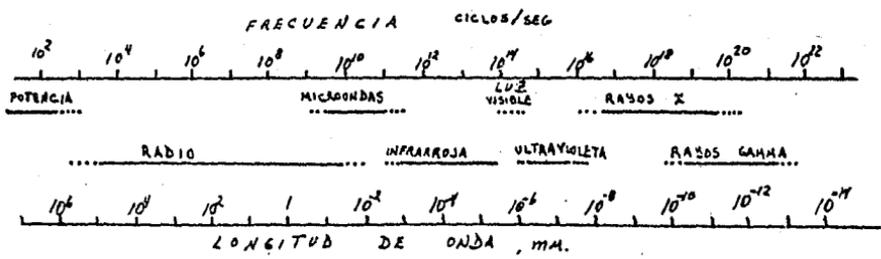


Fig. 2.1 Espectro Electromagnético

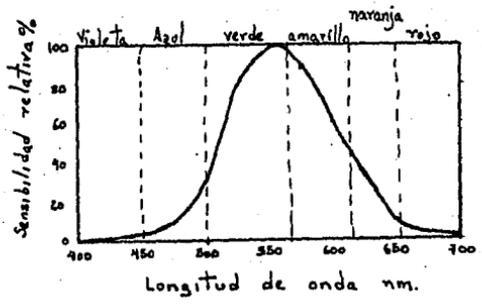


Fig. 2.2 Sensibilidad relativa del ojo humano con respecto al espectro solar.

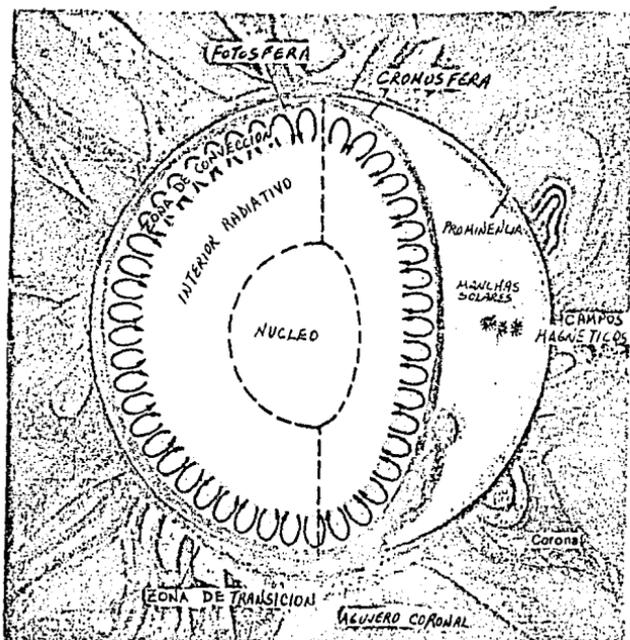


Fig. 2.3 Estructura interna del Sol.

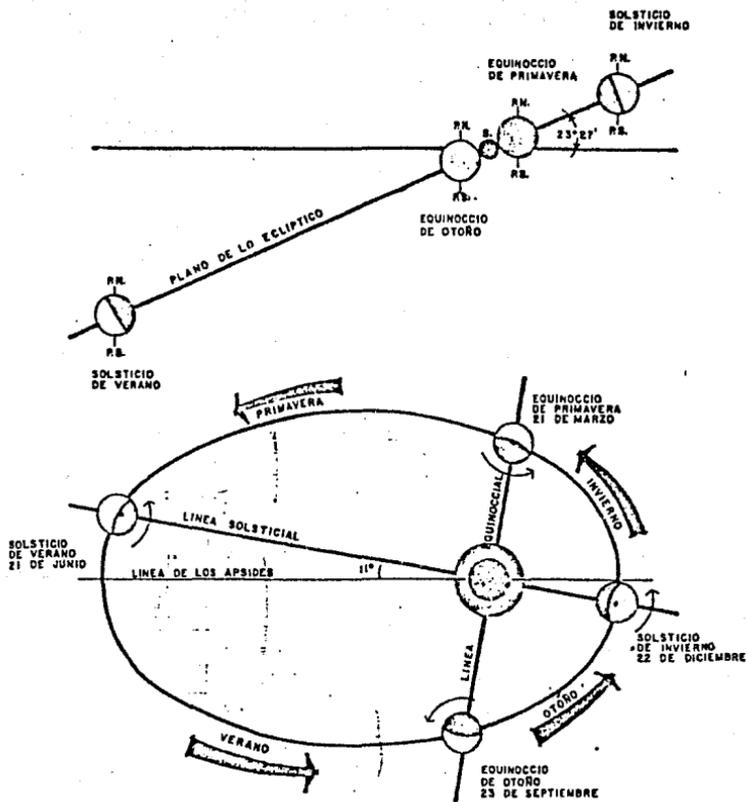


Fig. 2.4 Movimiento de translación de la tierra.

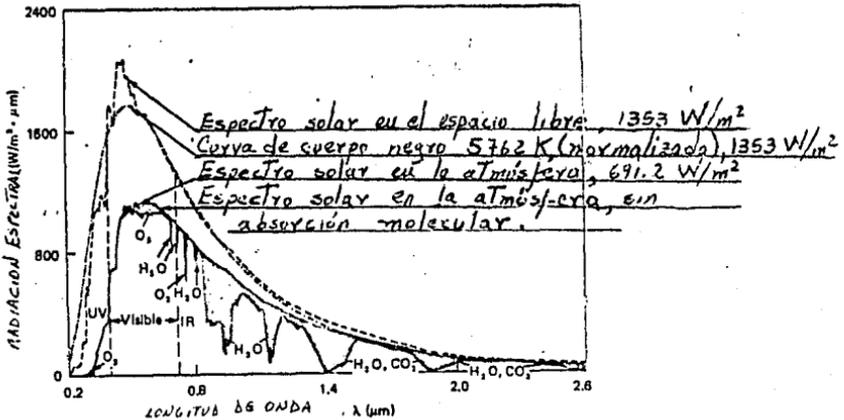


Fig. 2.5 Distribución de la radiación solar del espectro electromagnético en el espacio libre, su equivalencia a la emitida por un cuerpo negro y el efecto atenuador de la atmósfera.

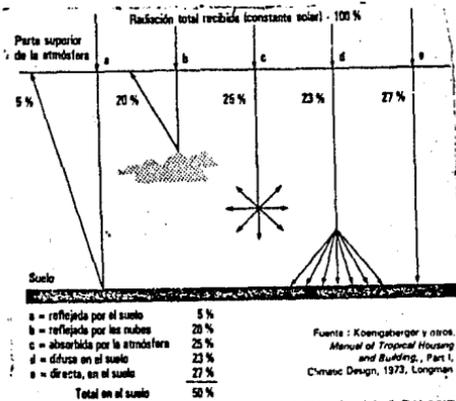
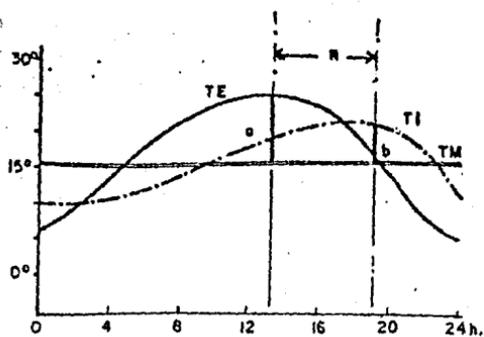


Fig. 2.6 Distribución de la radiación solar recibida por la Tierra.



TE : TEMPERATURA EXTERIOR

TI : TEMPERATURA INTERIOR

R : RETRASO TERMICO

TM : TEMPERATURA MEDIA

$\frac{b}{a}$ = Am = Amortiguación

Fig. 2.6 a Gráfica tiempo - temperatura.

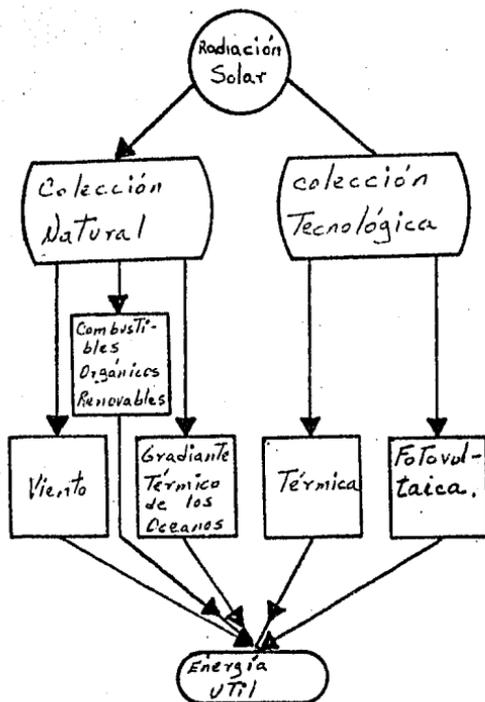


Fig. 2.7 Conversiones de la energía solar (NASA).

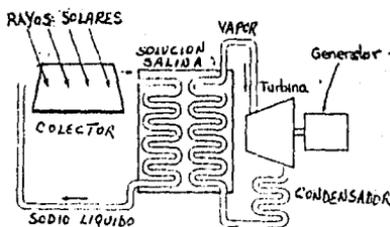


Fig. 2.8 Planta de energía solar funcionando con metal líquido (sodio), este calienta a una solución salina cuyo vapor acciona la turbina y por medio de un generador se produce la electricidad.

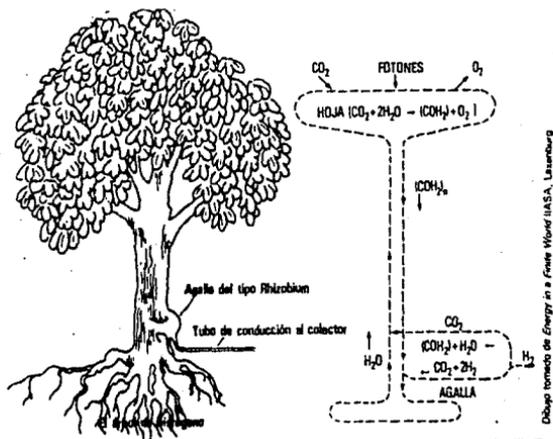


Fig. 2.9 Producción de hidrógeno por medio de la fotosíntesis.

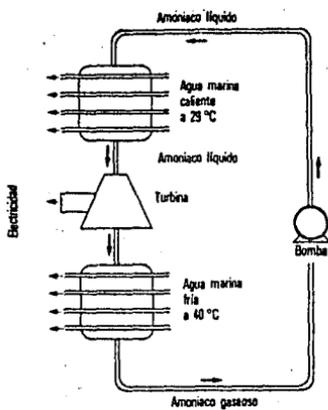


Fig. 2.10 Proceso de transformación de energía eléctrica por medio del gradiente térmico de los océanos. Central OTEC de circuito cerrado.

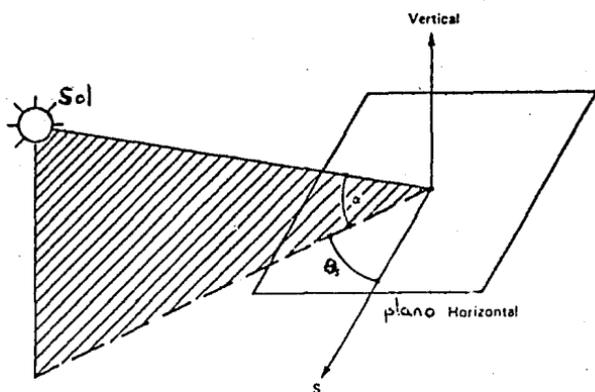


Fig. 2.11 Posición de los ángulos de altitud solar y acimutal

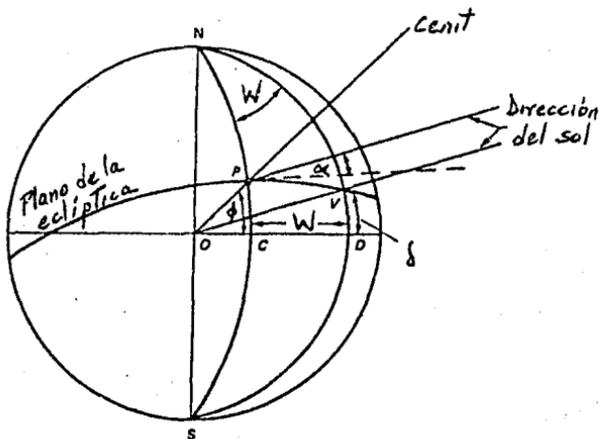


Fig. 2.12 Posición del ángulo horario, la declinación solar y la latitud

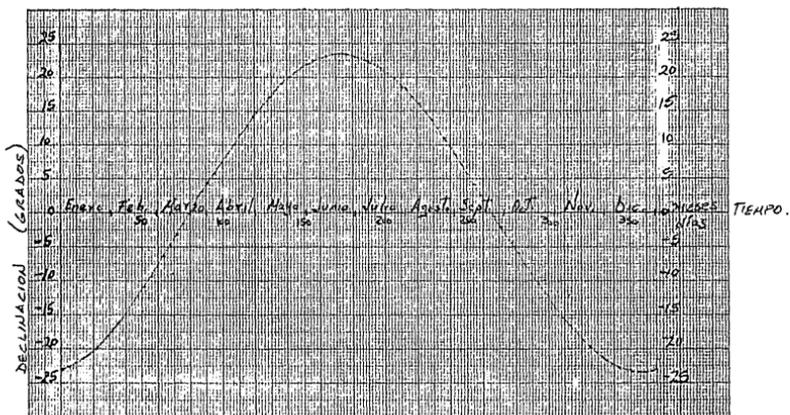


Fig. 2.14 Gráfica Declinación - Tiempo

* Al tener el año aprox. 365.25 días la declinación varía año con año.

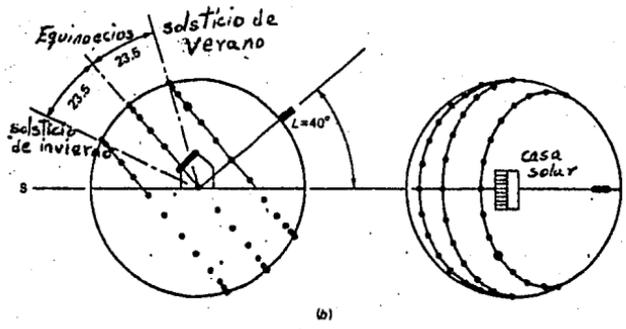
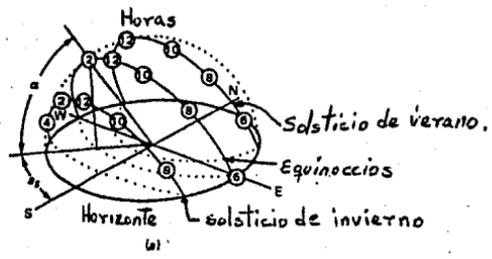
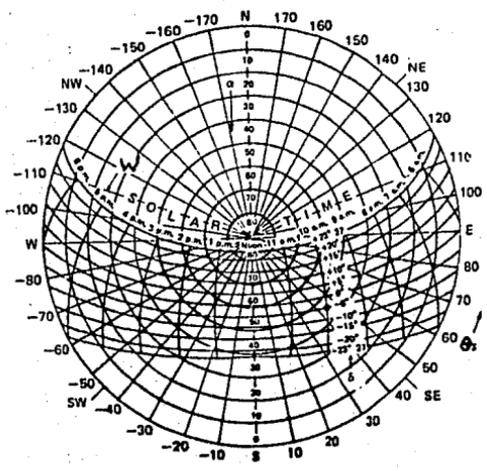


Fig. 2.13 Ruta del sol para los solsticios y equinoccios en la latitud N 40°. a) Isométrico, b) Vistas on planta y elevación..



δ	Fecha Aprox.
+23°27'	June 22
+20°	May 21, July 24
+15°	May 1, Aug. 12
+10°	Apr. 16, Aug. 28
+5°	Apr. 3, Sep. 10
0°	Mar. 21, Sep. 23
-5°	Mar. 8, Oct. 6
-10°	Feb. 23, Oct. 20
-15°	Feb. 9, Nov. 3
-20°	Jan. 21, Nov. 22
-23°27'	Dec. 22

Fig. 2.15 Diagrama de la ruta del sol para a latitud de 30°N.

CAPITULO III

DISPOSITIVOS Y SISTEMAS SOLARES.

III.1 COLECTORES SOLARES.

Estos dispositivos son diseñados con el fin de efectuar la conversión de energía de radiación proveniente del sol en energía térmica que toma un fluido.

La captación de energía solar se efectúa en una superficie cuyo color no sea muy reflejante, lo que se logra usando pintura negra y cubiertas por placas de vidrio de color blanco agua y de bajo contenido de hierro y con una textura rugosa en el lado exterior. Con lo anterior se disminuyen las pérdidas en la transmisión de la luz.

Los colectores solares por su geometría se clasifican en:

- a) Colectores parabólicos y paraboloidales.
- b) Colectores de placa plana.

III.1.1 COLECTORES PARABOLICOS Y PARABOLOIDALES.

La principal característica de este tipo de colectores es la forma curva de sus lentes que concentran los rayos solares en un punto focal, tienen un rango de concentración de luz que pueden alcanzar temperaturas de 250°C a 600°C en el caso del colector parabólico, mientras que el colector paraboloidal con mecanismo de seguimiento puede alcanzar temperaturas de hasta $2\ 200^{\circ}\text{C}$.

Por su eje focal pasa un tubo que conduce el fluido a calentar, estos colectores no captan la radiación difusa.

El uso de estos colectores se puede extender a la industria y a la producción de energía eléctrica por medio de vapor. Adicionalmente el colector paraboloidal se podrá usar para la industria siderúrgica en un futuro.

Los colectores paraboloïdales son más eficientes porque concentran a la energía solar en un solo punto, pero para requerir de grandes cantidades de energía es necesario un colector grande y si aumentamos a esto un mecanismo de seguimiento se tendrá un equipo muy costoso y voluminoso. Debido a lo anterior la gran mayoría de los concentradores solares emplean sistemas de reflectores como el que se muestra en la fig. 3.1.

III.1.2 COLECTORES DE PLACA PLANA.

Estos colectores son de uso más común debido a su facilidad de construcción, operación y costo; son fijos y su rango de temperaturas oscila de 60°C a 100°C ; captan parte de la radiación difusa y consisten de una placa negra que capta el calor del sol que es removido por un fluido que circula por el colector. (fig. 3.2)

La placa negra debe ser de un material de alta conductividad térmica, aislada por su base y por los lados y cubierta por una o más láminas de vidrio.

Este tipo de colectores se utilizan para calentar agua o aire para fines domésticos.

Para su buen funcionamiento deben estar orientados hacia el sur (en el hemisferio norte) y su inclinación por regla general debe ser de aprox. 15° mayor a la de la latitud del lugar.

III.2 ALMACENAMIENTO TERMICO.

III.2.1 ALMACENAMIENTO DE PIEDRA.

El calor captado por calentadores solares de aire de placa plana se almacena dentro de una caja hermética y aislada construida en los linderos de la casa, ya que la pérdida de calor del tanque lo recupera la casa parcialmente. En la fig. 3.3 se observan los requerimientos de construcción para un tanque de este tipo.

El tamaño de la caja depende del tamaño del colector, ya que deberá alojar 0.6 m^3 de roca por m^2 de colector.

En el fondo de la caja se colocan bloques de concreto separados entre sí 30 cm, sobre los bloques se tiende una malla de alambre y de esta manera se forma un colchón de aire en la parte inferior del tanque.

Sobre la malla se colocan rocas trituradas y lavadas dejando libres los 20 cm superiores al tanque. La geometría de este tipo de tanque está en función de la transferencia de calor y caída de presión requeridas.

Dado un volumen de almacenamiento la trayectoria más corta de flujo da una baja caída de presión, pero el tiempo que permanece un fluido en un tramo puede ser tan corto que no permita una transferencia de calor efectiva, además las velocidades del fluido deben ser las necesarias para asegurar un coeficiente de transferencia de calor por convección entre las partículas del fluido. Como regla general la longitud del lecho de roca se determina como la mínima necesaria para transferir más del 90% de la energía contenida en el fluido al almacenamiento.

III.2.2 TANQUE HIDRAULICO DE ALMACENAMIENTO.

Este tipo de almacenamiento está determinado por el hecho de que el sistema sea cerrado o abierto. En un sistema abierto un mecanismo apaga la bomba que impulsa al fluido y un sistema cerrado está presurizado todo el tiempo.

El tanque de almacenamiento en un sistema abierto puede construirse con acero, concreto prefabricado, fibra de vidrio, etc. El agua caliente que proviene de los colectores entra por la parte superior del tanque mientras que el agua que se bombea hacia el colector se encuentra en la parte inferior. (fig. 3.4).

Las pantallas de confinamiento evita que se establezca la temperatura manteniendo una estratificación de temperaturas.

Los tanques hidráulicos deben ser de materiales impermeables, capaces de resistir los cambios de temperatura, altas temperaturas y corrosión; deben sellarse con sellos aplicados a altas temperaturas. Teóricamente, un tanque de forma esférica optimiza la cantidad de material a emplear y minimiza las pérdidas de calor, pero su fabricación es difícil, por lo que es usual hacerlos en forma de cilindros rectos, de altura igual al diámetro.

El espesor y el grado de aislamiento de los tanques depende del costo de la energía térmica almacenada y de las necesidades de esta en períodos cuando se requiera.

Para una pérdida de calor dada, un almacenamiento de alta temperatura requiere de mayor aislamiento que para uno de baja temperatura.

III.2.3 ALMACENAMIENTO DE CAMBIO DE FASE.

Este tipo de tanques deben diseñarse teniendo en cuenta la transferencia de calor del medio, posible corrosión y al fracturamiento. Debe ser lo suficientemente flexible para soportar diferentes cambios de volumen al cambiar la fase. Su geometría se caracteriza por su pequeña dimensión transversal en comparación a la longitudinal.

III.3 AISLANTES TERMICOS

La mayoría de los materiales aislantes adquieren su baja conductividad de su alta "relación de vacíos" * llenadas por aire.

* Relación de vacíos- Considerese un material, este esta formado por cierto volumen de sólidos, otro de líquidos y el resto de gas. El volumen de líquidos y gases es el vol. de vacíos, si el

Si estos vacíos contienen agua, la conductividad térmica aumentará notablemente decrementando su capacidad de aislar calor.

La densidad también es parámetro primordial en estos materiales ya que la conductividad aumenta al aumentar esta.

Los materiales aislantes son producidos de tres fuentes: vegetal, mineral y petroquímico.

Los aislantes térmicos cumplen la misma función con cualquier tipo de ondas, son a su vez amortiguadores de ondas, electromagnéticas, caloríficas, acústicas, mecánicas, etc.; entre los principales se pueden mencionar los siguientes:

III.3.1 CORCHO.

Este material procede de la corteza de los árboles, principalmente del " Quercus Suber" y su principal uso es como aislante térmico, acústico y de ondas mecánicas, este material consiste de celdas tubulares de tejido orgánico, llenas de aire y no comunicadas entre sí, aglomeradas con resinas naturales. Sus propiedades son: Peso volumétrico= de 150 a 260 kg/ m³; resistencia a la compresión= de 12 a 18 kg/ cm²; resistencia a la flexión = de 4 a 8 kg/ cm²; coeficiente K = 0.032 kcal m/ h m² °C y calor específico= 0.485 kcal/ kg °C; de combustión lenta, elástico y no se pudre.

material no contiene agua, el vol. de gas será el vol. de vacíos entonces se tiene que: relación de vacíos= $\frac{\text{volumen de gas}}{\text{volumen de sólidos}}$.

III.3.2 FIBRA DE VIDRIO.

Este material se crea del procedimiento de estirado del vidrio por centrifugación al caer sobre un disco giratorio o por medio del estirado mecánico del vidrio fundido por hileras de diámetro variable y su enrollamiento sobre tambores que giran a gran velocidad obteniéndose así una fibra de vidrio de textura fina.

Tiene una composición química estable y homogénea, es incombustible y no se pudre, es impermeable y muy maleable.

Sus propiedades son: coef. $K = 0.0316 \text{ kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$; peso volumétrico = de 64 a 96 kg/m^3 ; calor específico = 0.199 $\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$

III.3.3 LANA MINERAL.

Este material se hace a partir de la diabasa* que se funde en un horno y se extrae por estirado en pequeñas fibras delgadas por medio de una máquina de hilar, la superficie de esta fibra se trata con una mezcla de aceite y de resina fenólica. Este material no se pudre, es incombustible y es de fácil manejo.

Su coef. $K =$ de 0.034 a 0.037 $\text{kcal/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

III.3.4 CONCRETO CELULAR.

Se compone de cal y bióxido de silicio molidos finamente en conjunto, en seco y en porcentajes de 30% y 70% respectivamente, se mezcla con agua para formar una lechada y se le agrega aluminio para que tenga un acabado poroso.

Su coef. K varía en función de su densidad.

Con este material pueden formarse bloques o colarse monolíticamente. Los tabiques de concreto celular se fabrican agregando perlas de poliestireno preexpandido a la mezcla; durante el proceso de cocción, las perlas sufren una gasificación total y dejan al tabique poroso, con oquedades repartidas en toda la masa.

* Diabasa- roca ígnea intrusiva del tipo del gabro.

III.3.5 ESCORIAS DE ALTOS HORNOS.

Este material se utiliza como relleno suelto para aislamiento térmico o combinarse con mortero de cemento formando un concreto ligero. El material se obtiene a partir de la producción de hierro y acero de los altos hornos. Si la escoria se humedece después de salir del horno y se calcina nuevamente, el volumen aumenta notablemente y la densidad se reduce a 0.15 kg/dm^3 y su coef. $K = 0.096 \text{ kcal m/ h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Este material es inorgánico, incombustible y no es corrosivo pero el material es afin al agua por lo que no es aconsejable utilizarlo donde exista riesgo de humedad.

III.3.6 VERMICULITA.

Este mineral pertenece a los silico- aluminatos con hierro y magnesio y tiene apariencia de mica. Se funde a 1315°C .

Los materiales de mayor densidad se utilizan como agregados de yeso y como aislantes a altas temperaturas.

La vermiculita de baja densidad se usa para el aislamiento de techos y algunas cámaras de aire de ciertas paredes.

Su coef. $K = 0.065 \text{ kcal m/ h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

III.3.7 AMEANTO ROCIADO.

Este mineral se compone de silicio, magnesio, aluminio y cal, es fibroso y resistente a la acción del fuego. En la construcción se utiliza como aislante térmico y acústico.

Se compone de fibras de ameanto tratadas en suspensión en agua y se aplica rociándolo con una pistola de chorro múltiple en las superficies interiores de paredes y techos, adheriéndose instantáneamente a las superficies y queda en estado plástico durante dos horas, en que puede ser aplanado y modelado, después de

ocho horas se convierte en protección permanente.

Su coef. K es de 0.14 a 0.63 kcal m/ h m² °C.

III.3.8 PLACAS DE VIDRIO CELULAR.

Estos elementos procuran aislamiento térmico y acústico, es ligero, rígido e impermeable.

Se fabrican piezas huecas de vidrio moldeadas que están constituidas por dos elementos soldados en caliente dejando entre sí una cámara de aire seco.

III.3.9 PLACAS DE YESO Y CARTON (TABLAROCA).

Este material se conforma por un núcleo interior de yeso que no se dilata o se contrae con el cambio de temperaturas, y está forrado con láminas de cartón.

El coef. K = 0.133 kcal m/ h m² °C.

Estos materiales se usan en la construcción como plafones falsos, muros interiores, sirviendo como aislantes térmicos y acústicos.

III.3.10 PLACAS DE MADERA IMPREGNADA.

Estas placas se hacen comprimiendo fibras de madera e impregnadas bajo presión con yeso para producir unidades sólidas de peso ligero; tiene una elevada resistencia al fuego y se usan para techos y muros.

Su coef. K = 0.074 kcal m/ h m² °C.

Otra presentación de este material es la constituida por un enlace de fibras de madera, químicamente impregnadas y adheridas con cemento bajo presión controlada, con esto se logran huecos que retienen el aire.

También se logra este material mezclando cemento y virutas de madera sometidas a un tratamiento de mineralización para que

no se pudra.

III.3.11 PAPEL ONDULADO.

Este material se compone de arrugas múltiples de papel impregnado con una mezcla de asfalto, se producen en placas de varios espesores.

Su coef. $K = 0.035 \text{ kcal m/ h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Este material tiene ventajas considerables ya que debido a su elasticidad puede adaptarse para formar una protección contra el viento, impidiendo las pérdidas por convección que se tienen cuando el aislante térmico en el interior de una pared de entramado no encaja totalmente.

III.3.12 FIBRAS VEGETALES.

Las fibras de coco son resistentes y elásticas y pueden usarse como aislante térmico cuando las fibras afieltradas se intercalan entre el papel y se protegen por ambos lados con una capa de alquitrán.

Su coef. $K = 0.06 \text{ kcal m/ h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Este material es permeable y se usa como aislante térmico debajo del pavimento, así como en el interior de las paredes.

III.3.13 PRODUCTOS PETROQUIMICOS.

Estos materiales se obtienen a partir de derivados del petróleo, entre ellos destacan los siguientes:

a) Poliestireno- Disponible en placas y se usa para aislar techos y muros. Su densidad varía de 16 a 40 kg/ m^3 y su coef. $K=$ de 0.035 a 0.04 W/ m K . Es combustible, impermeable y barato.

El poliestireno se fabrica en cinco tipos: el normal, que se caracteriza por su baja densidad y es aislante eléctrico; el antichoque, que tiene las ventajas del normal pero es de mayor

resistencia; el extrusionado, se obtiene por extrusión del poliestireno en gránulos y se conoce como espuma rígida, además es inflexible; el ABS, que se obtiene por copolimerización* del acrilonitrilo y el butadieno; y el expandido, que se presenta en forma de placas, bloques, etc., constituidos por esferas de aprox. 1 mm de diámetro.

b) Urea Formaldehído- Su densidad varía de 6 a 30 kg/ m³ y su coef. K = 0.035 W/ m K. Disponible en placas o espuma colocada en el lugar, se usa para aislar cavidades en muros.

c) Poliuretano- Con densidad de 2 a 7 kg/ m³. Disponible en placas o como espuma a colocar en el lugar por medio de un rociador o inyectado.

Existen otros productos petroquímicos cuyas propiedades térmicas se dan en la tabla 4.4.

III.3.14 PRODUCTOS MINERALES DEL PAIS.

En México existen diversos tipos de roca porosas de origen ígneo extrusivo que mediante algún tratamiento de aligeración se podrían usar como aislantes térmicos. Estas rocas consideradas como "espuma o escoria volcánica" se conocen como tezontle, piedra pomez, lapilli, etc. Su aprovechamiento para estos fines depende de la investigación.

Los minerales denominados micas (moscovita, biotita, etc.) son excelentes aislantes térmicos, fáciles de transportar y de colocar, además de ser incombustibles.

* Copolimerización- Polimerización de una mezcla de compuestos no saturados, que da como resultado la formación de macromoléculas.

III.4 BOMBAS DE CALOR.

Este dispositivo es parte de un sistema termodinámico que transfiere calor desde un medio de temperatura relativamente baja hasta un medio de temperatura más elevada, mediante el aporte de una cierta cantidad de energía.

Su comportamiento es semejante al de las máquinas frigoríficas, pero tratando de suministrar calor a un cuerpo de temperatura superior a la del medio ambiente mediante un sistema a compresión.

En ambos casos existen dos fuentes a diferentes temperaturas, pero en el caso de la bomba de calor la energía útil Q_1 es igual a la energía que se extrae de la fuente fría Q_0 más la energía del compresor W ; mientras que para la máquina frigorífica, la energía útil de refrigeración Q_1 es igual a la energía suministrada al ambiente Q_0 menos la energía de compresión W . (fig. 3.4)

El procedimiento seguido normalmente para realizar una bomba de calor consiste en hacer circular un fluido siguiendo un ciclo termodinámico entre un medio caliente al que se aportan calorías y un medio frío de donde se extraen.

La compresión necesaria para que un fluido pueda recorrer el ciclo se puede obtener por: una compresión mecánica, una compresión térmica o por medio de un eyector.

El interés que suscita el uso de estas máquinas es que la energía suministrada a un medio caliente es superior a la energía suministrada en la compresión, lo que indica un coeficiente de funcionamiento superior a 1 (no es igual a la eficiencia).

Los elementos básicos que conforman una bomba de calor son: Un evaporador que permite tomar calor de una fuente fría, un

compresor que eleva el nivel térmico de la fuente fría hasta la temperatura deseada para el medio a calentar, un condensador que permite restituir el calor tomado en el evaporador al medio a calentar y un sistema de expansión destinado a mantener la diferencia de presión entre el condensador (alta presión) y el evaporador (baja presión).

Para la calefacción de locales puede tomarse el aire exterior como fuente fría, siempre y cuando este por encima de los 0°C ya que a temperaturas menores el costo del equipo crece considerablemente y la eficacia de este decrece.

Otra fuente fría para calefacción de viviendas con ventilación mecánica es el aire extraído del cual se recuperan calorías que se vierten a la atmósfera. La ventaja radica en que la eficiencia de la bomba no disminuye drásticamente ya que la temperatura del aire extraído es casi constante, y no se produce escarcha. La desventaja es la limitación de la cantidad de aire que se extrae.

El suelo podría ser una fuente fría importante ya que es un receptor y almacenador natural de la radiación solar, sus temperaturas son muy poco variables, pero existen problemas de corrosión y bajas potencias del evaporador (de 10 a 40 W/m^2) por lo que su uso se restringe a viviendas unifamiliares.

Cuando se puede disponer de agua en abundancia, se puede aprovechar como fuente fría, como es el caso de las capas freáticas a baja profundidad, los ríos, lagos y mares.

El agua precalentada que proviene de desechos industriales, de origen geotérmico o de colectores solares; es preferible a la del agua fría natural, además, la industria puede resolver con

esto resolver problemas de polución térmica y economizar energía.

En la ambientación de viviendas y locales las bombas de calor son de tipo reversible, o sea, es posible invertir los papeles del evaporador y del condensador en forma que se pueda suministrar refrigeración en verano y calefacción en invierno.

El coef. de funcionamiento E_c (no de rendimiento) en teoría puede adquirir un valor máximo de;

$$E_c = \frac{1}{1 - \frac{T_o}{T}}$$

donde: T = temperatura de la fuente caliente y T_o = temperatura de la fuente fría.

Los diferentes tipos de bomba de calor pueden ser:

a) De compresión mecánica- Accionadas por un motor eléctrico o térmico.

b) De absorción- La diferencia de presión necesaria para que un fluido circule entre el evaporador y el condensador se puede obtener por medio de un absorbedor, este es un líquido especial que absorbe el calor del fluido de trabajo creando la depresión requerida.

c) De eyector- Se forma de un sistema de tres temperaturas, el compresor mecánico se reemplaza por un eyector, en este hay una cámara donde se mezclan el vapor motriz y el vapor del fluido un difusor transforma la energía cinética del eyector en presión. En el condensador se condensa el vapor motriz y el fluido que proviene del evaporador, una bomba recicla el líquido y lo comprime hacia el generador, los rendimientos son muy bajos y alto el consumo del agua.

d) De reabsorción - Al igual que la de absorción pero re-

quiere de una fuente caliente.

e) Eléctricas- Utilizando el efecto Peltier por el que el paso de una corriente continua provoca una diferencia de temperaturas entre dos soldaduras sucesivas de dos metales distintos.

III.5 SISTEMAS SOLARES ACTIVOS.

Los sistemas solares activos se describen técnicamente como un arreglo de colectores solares, dispositivos de almacenamiento térmico y otros dispositivos que convierten la energía solar en energía térmica y su transporte. A diferencia de un sistema solar pasivo, un sistema solar activo usa una infraestructura mecánica, que incluye bombas, ventiladores, válvulas y compuertas para hacer circular los fluidos de trabajo y distribuir el calor.

Normalmente se necesita un sistema convencional para reforzar el sistema solar que trabaja como auxiliar, el costo de un sistema activo es más elevado que el de un sistema convencional, pero a medida que se incrementa el precio de los combustibles fósiles el período de amortización decrece.

En la actualidad, instalar un equipo de calefacción solar cuesta alrededor de cinco veces más que un equipo de calefacción convencional, diferencia que se reduce paulatinamente debido a la producción en masa y a la competencia.

III.5.1 SISTEMAS CERRADOS.

El sistema para producir agua caliente que aparece en la fig. 3.5 es un sistema cerrado. Todos los controles vienen instalados de fábrica en la parte superior del tanque de almacenamiento. La tubería es simple, se requiere tender tuberías de alimentación y de retorno a los colectores, instalar un respiradero en la parte superior de los colectores y adaptar el calentador convencional de agua con la válvula de templado ajustada manualmen-

te. La bomba se controla por medio del controlador diferencial de temperaturas y tiene una válvula de alivio de presión conectada entre la bomba y el tanque de expansión. El tanque de doble pared tiene en el interior el agua para uso doméstico y entre las paredes el fluido de trabajo.

III.5.2 SISTEMAS DE AGUA CALIENTE AUTODRENANTES PARA USO DOMESTICO.

La fig. 3.6 muestra este tipo de sistema. Cuando la tubería está instalada adecuadamente no necesita solución anticongelante (climas extremos). Cuando no es posible aprovechar la energía solar el sistema se desconecta y se drena el agua que este en los colectores, eliminando la posibilidad de congelamiento.

Estos sistemas pueden calentar 4 l de agua por cada 0.1 m^2 de colector por cada día (dependiendo del lugar en promedio), el tanque de almacenamiento debe ser capaz de contener la producción de un día de agua caliente.

III.5.3 SISTEMAS AIRE- AIRE DE TERMOSIFON.

En este caso se emplean colectores donde el fluido de trabajo es aire y un almacenamiento de piedra. El sistema de termosifón consiste en la circulación natural por convección de un fluido. En la fig. 3.7 se muestra un intercambiador de calor de tubos con aletas colocado en el "colchón" superior del tanque.

III.5.4 CALEFACCION SOLAR AIRE - AIRE.

La energía térmica obtenida por medio del colector, se lleva a una manejadora de aire localizada dentro de la casa (ver fig. 3.8), el aire caliente proveniente de los colectores es aspirado a través del ducto del colector, este pasa a través de un

serpentín de agua caliente que proporciona del 75% al 85% de los requerimientos de calefacción de agua al año. Según las necesidades, la manejadora de aire puede dirigir el aire por la conexión central del ducto hacia el tanque de almacenamiento de piedra o soplar el aire por el ducto de calefacción ambiental. Las compuertas manuales cierran el paso del calor durante el verano y el aire va a un almacenamiento de piedra para calentar agua para uso doméstico. (fig. 3.9).

III.6 SISTEMAS SOLARES PASIVOS.

Los sistemas solares pasivos son equipos de almacenamiento de energía térmica y de su transporte. No utilizan lechos de piedra o tanques hidráulicos, ni bombas eléctricas, ni ventiladores mecánicos para transferir los fluidos de trabajo a los sistemas de calefacción o enfriamiento. La estructura misma del edificio almacena y transmite la energía térmica.

Los sistemas pasivos se basan principalmente en la convección natural y en la radiación, los rayos solares calientan una masa dentro de la estructura, en el espacio interior se forma una corriente de aire por convección natural. Es el método más efectivo en relación al costo para calefacción y enfriamiento, debido a que une y radía la energía a través de la construcción en forma natural.

Las cinco consideraciones básicas de diseño para una mayor eficiencia con relación al costo de la energía son:

a) Proporcionar suficiente aislamiento y protección contra la interperie.

b) Encontrar una adecuada orientación para el edificio. El eje mayor de la construcción debe mirar hacia el sur.

c) Construir la mayor parte de las ventanas en el lado sur del edificio para obtener una máxima ganancia de calor.

d) Proveer el lado sur de aleros, persianas, cortinas, etc. para hacer sombra en verano.

e) Cubrir el techo con un material de color claro, para que rechace el calor.

En la construcción, la estructura del edificio puede prestar una contribución importante a la calefacción del espacio interior. La construcción de peso ligero y sin aislantes puede ser extremadamente caliente durante el verano y muy fría en invierno, con cambios de temperatura drásticos durante el día; una construcción pesada sin aislantes reduce las temperaturas internas máximas en verano y presenta una temperatura diaria diferencial menor durante el invierno, aunque con una temperatura máxima menor.

Las principales diferencias entre estos dos tipos de construcción puede observarse en la respuesta casi instantánea a los cambios de temperatura que tienen los materiales ligeros en contraste con la respuesta más gradual de los materiales pesados.

Los materiales y estructuras del edificio pueden tener así un doble propósito, por ejemplo una ventana orientada al sur sirve para recoger el calor del sol, iluminación del interior por medios naturales o, los muros del edificio que sirven como soporte estructural y como medio de almacenamiento térmico.

A continuación se detallan algunos sistemas pasivos:

III.6.1 OBTENCION DIRECTA

Esta técnica se ilustra en la fig. 3.10, la energía solar se capta permitiendo que la luz solar caiga sobre la construcción aislada externamente, el piso de concreto es un elemento impor-

tante en la capacidad de almacenamiento requerida.

El edificio se extiende en la dirección este - oeste con los espacios que necesitan calor ubicados al sur, es posible emplear diferentes formas en la construcción si los espacios son apilados o escalonados; o admitir la luz directa del sol a través de tragaluces. Las áreas cubiertas con vidrio deben estar orientadas al sur para obtener la máxima cantidad de calor en invierno, sin embargo, deben evitarse deslumbramientos o sobrecalentamiento en verano.

Cada espacio debe contar con una masa térmica para almacenar el calor solar, esto implica una construcción pesada con muros interiores y pisos de mampostería. Las fluctuaciones de temperatura en el interior pueden variar de 6 a 16°C dependiendo del tamaño y la ubicación de las ventanas, de la masa térmica y del color de las superficies; para evitar la sobrecalentamiento son esenciales los aparatos para dar sombra; el exceso de calor se elimina con una corriente de aire.

III.6.2 MURO DE ALMACENAMIENTO TERMICO.

En este sistema de obtención, la absorción, el almacenamiento y el control se llevan a cabo fuera del área habitacional.

Una de las aplicaciones es por medio del muro Trombe que se presenta en la fig. 3.11; el muro es un elemento pesado, tal como la mampostería sólida para el almacenamiento, de cualquier modo se requiere una estructura de construcción bien aislada.

Durante la noche es necesario proporcionar algunos medios para aislar el exterior de la superficie del muro de almacenamiento con el objeto de evitar pérdidas de calor desde el muro hasta la parte exterior de la construcción.

La profundidad de un espacio está limitada a 4.5 ó 6.5 m, porque esta se considera como la distancia máxima para que el calor de un muro solar sea más efectivo.

La arquitectura predominante de la construcción es la del vidrio que dá al sur. Pueden admitirse ventanas en el muro para permitir la iluminación y el calor directo. El agua (muro Bauer) o la mampostería pueden usarse en el muro como masa térmica (fig. 3.12). Es necesario doble vidrio en el frente del muro, a menos que durante la noche se coloquen tableros para aislar.

Las fluctuaciones de temperatura en el interior son controladas por el espesor del muro, la producción total puede regularse al agregar salidas de termocirculación con compuertas de tiro operables, o por medio de tableros aislantes movibles o cortinas colocadas sobre la parte interna del muro. Este sistema se puede reinstalar fácilmente en la parte sur de un espacio con una exposición libre hacia el sur.

El sistema permite una amplia gama de selección de materiales para construcción y acabados interiores y ofrece un alto grado de control sobre el ambiente térmico interior.

III.6.3 ESPACIO SOLAR ACOPLADO.

Este sistema trabaja como una construcción de obtención directa o como un muro de almacenamiento (fig. 3.13), el invernadero debe extenderse a lo largo de la cara sur del edificio unido a los espacios que deberán calentarse. El principal material de construcción del invernadero es el vidrio doble o el plástico transparente, el muro común entre el invernadero y el edificio deberá construirse con una masa térmica (mampostería o agua) a menos que se emplee almacenamiento activo del calor,

el resto del edificio puede construirse con cualquier material.

La temperatura del invernadero puede controlarse de manera efectiva dentro de un rango predecible al medir adecuadamente el área de acumulación (colocación de ventanas) y la masa térmica, el control de la temperatura en los espacios adyacentes es el mismo que para un sistema de muro de almacenamiento térmico.

Cuando está diseñado adecuadamente, el invernadero se calentará por sí mismo y proporcionará calor a los espacios contiguos.

Este sistema se puede añadir fácilmente a cualquier edificio ya construído que tenga una exposición libre al sur. Otra ventaja del invernadero es que es posible usarlo para cultivar vegetales.

III.6.4 ALMACENAMIENTO EN EL TECHO.

Ilustrado en la fig. 3.14 incluye una técnica que consiste en exponer un sistema de almacenamiento en un techo pesado de la energía solar durante el día y aislar el exterior durante la noche.

III.6.5 CIRCUITO DE CONVECCION.

En este sistema el método de captación puede estar separado de los elementos de almacenamiento, la transferencia de energía es por medio de un circuito de convección de aire como se ilustra en la fig. 3.15, un sistema de transferencia de energía al almacenamiento compacto es utilizar mampostería de concreto seco para formar con el una serie de ductos de aire junto al piso.

Otra es la del uso del efecto chimenea.

III.6.6 AISLAMIENTO TERMICO.

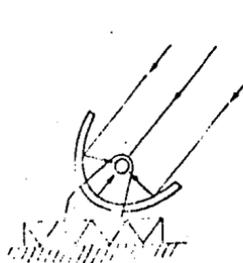
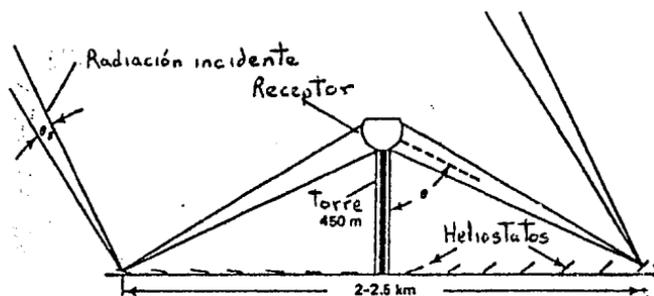
La adición de aislantes térmicos no requiere de técnicas constructivas diferentes a las convencionales.

Valores de medios a altos de resistencia térmica pueden ser alcanzados por procesos constructivos que impliquen mampostería, madera, casetones de concreto, etc. con una adición de una o varias capas de material aislante.

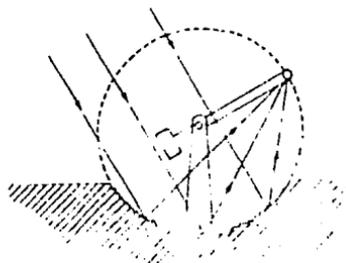
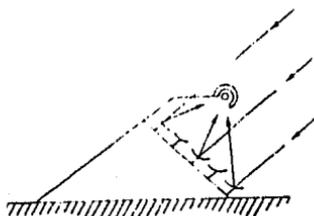
Algunos ejemplos de como un aislante térmico puede hacer decrecer el coef. de transmisión térmica a valores que varían de 0.6 a 0.1 $W/m^2 K$, se muestran en la fig. 3.16.

Los detalles constructivos para muros, pisos y techos se ilustran en la fig. 3.17.

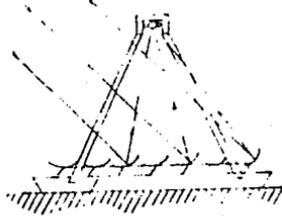
El objetivo de aislar térmicamente una habitación o una casa es disminuir al máximo las pérdidas de calor de adentro hacia afuera de la casa o la habitación en épocas de frío o también disminuir las ganancias de calor de afuera hacia adentro en época de calor.



canal parabólico

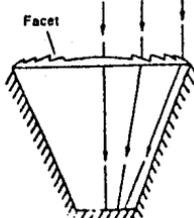

 (b)
 canal circular fijo con
 vía de absorción.


(c)



(d)

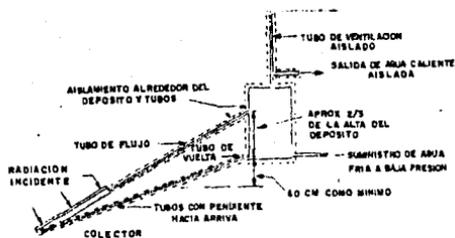
diseños de espejos tipo Fresnel.



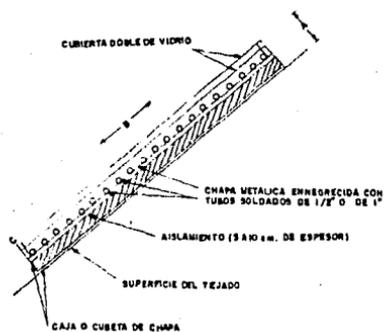
Lentes tipo Fresnel.

 Fig. 3.1 Arriba: Vista de un sistema de energía por medio
 de una torre solar.

Abajo: Colectores solares curvos,



CALENTADOR SOLAR POR CONVECCION NATURAL DE AGUA



NOTAS - TUBOS DISPUESTOS EN SERPENTIN
- OBLVA A TRES LAMINAS DE VIDRIO

DIMENSIONES ESPESOR A DE 8 A 10 CM.
- LONGITUD B DE 1 A 2 M.
- ANCHURA C DE 3 A 1,5 M.
- INCLINACION VARIABLE SEGUN EL
LUGAR Y MAYOR USO (INV. ENFO O
VENANO).

- PANEL COLECTOR PLANO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.

Fig. 3.2 Tipos de colectores solares planos.

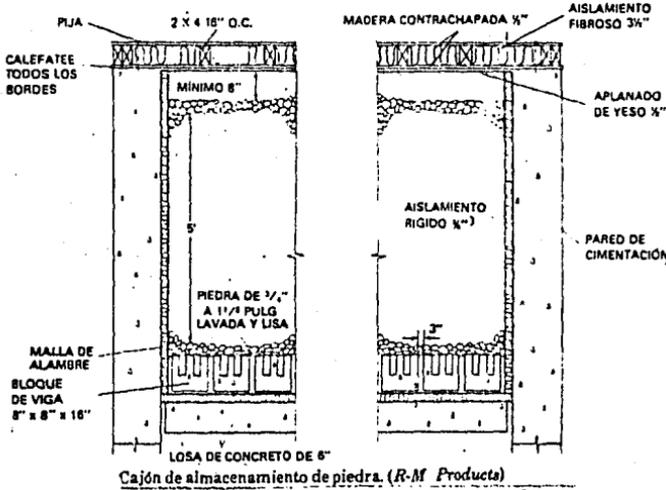


Fig. 3.3

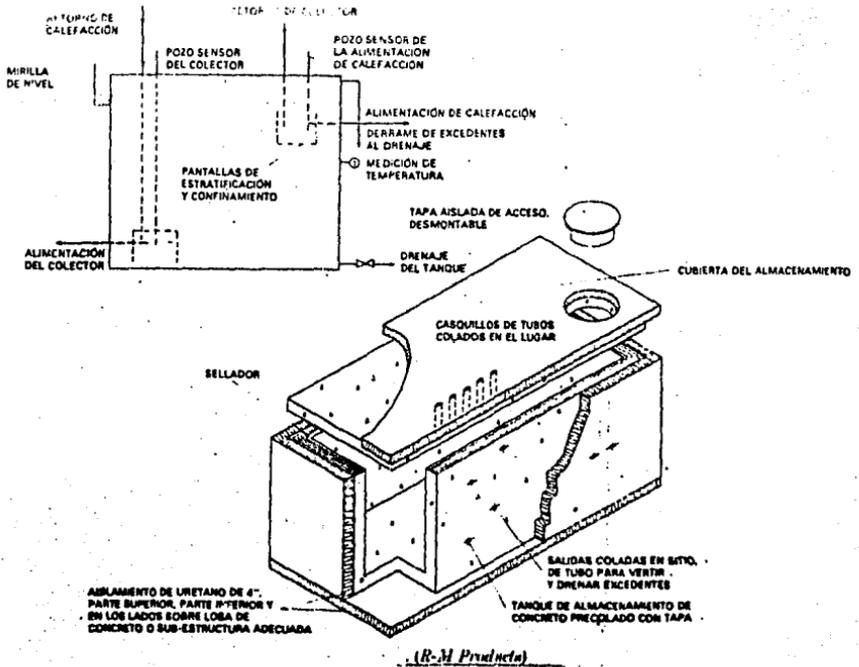
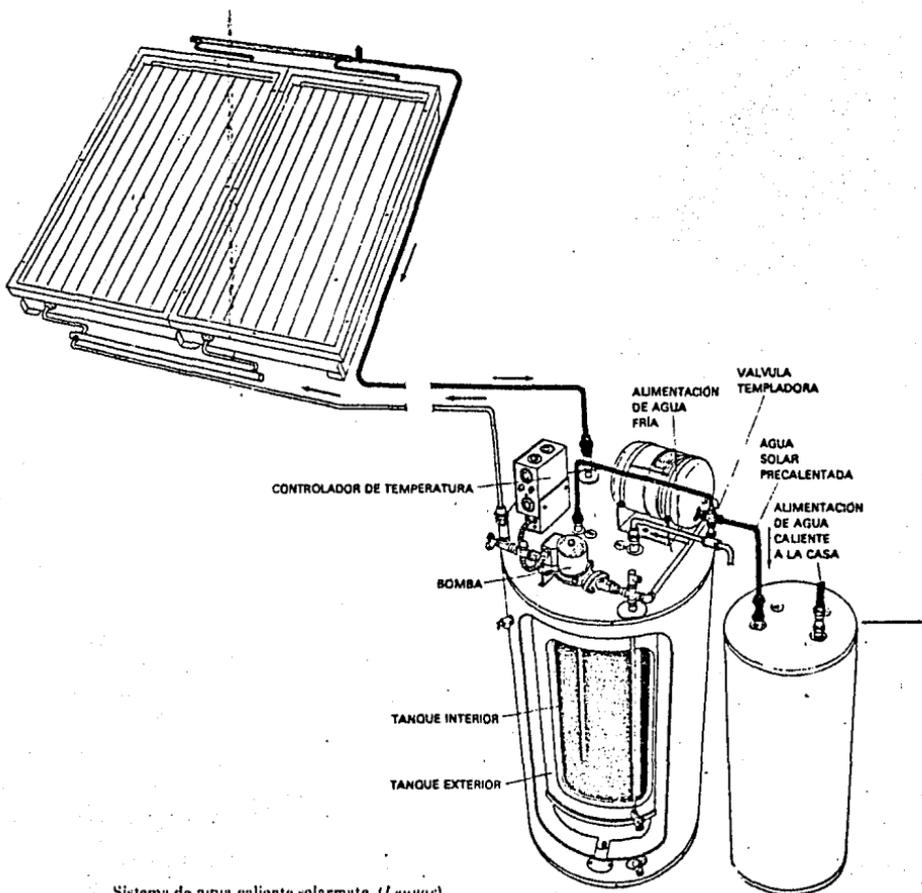


Fig. 3.4



Sistema de agua caliente solarmate. (Lennox)

Fig. 3.5 Sistema cerrado de calefacción de agua.

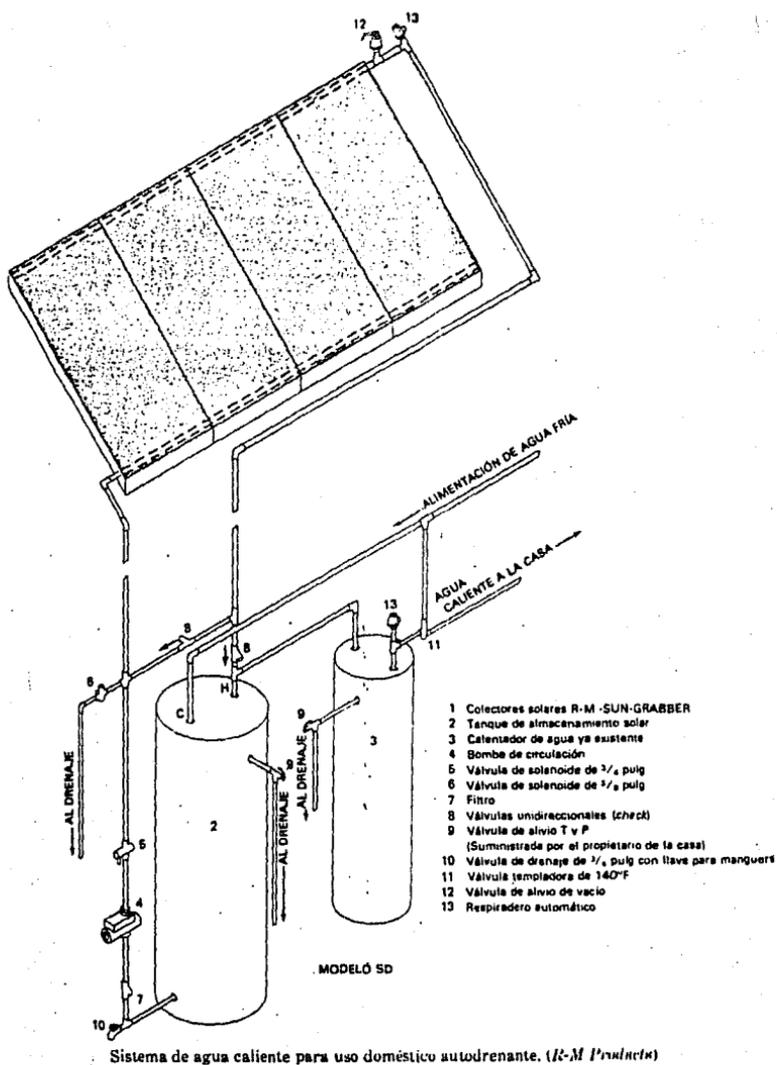
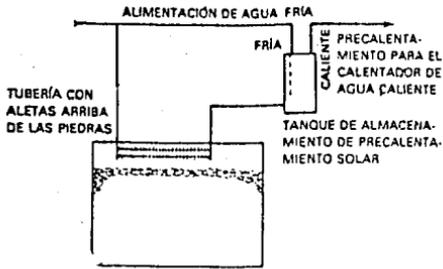
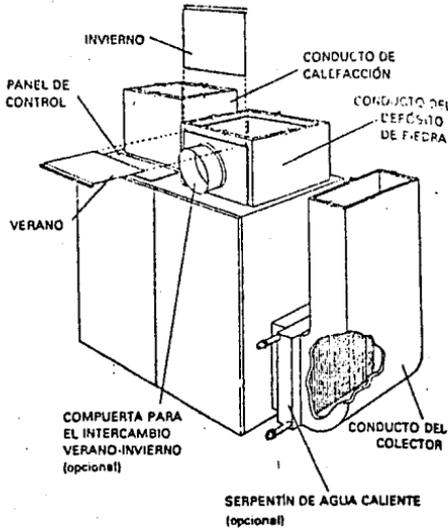


Fig. 3.6.



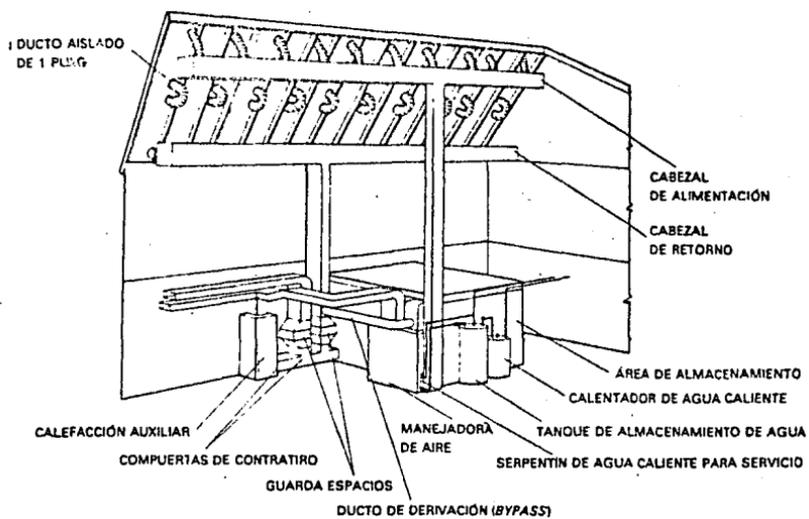
Sistema doméstico de termosifón con precalentamiento del depósito de piedra. (R-M Products)

Fig. 3.7.



Manejadora de aire con serpentín de agua. (Research Products Corp.)

Fig. 3.8.



Típica instalación aire a aire mostrando los ductos (*Research Products Corp.*)

Fig. 3.9.

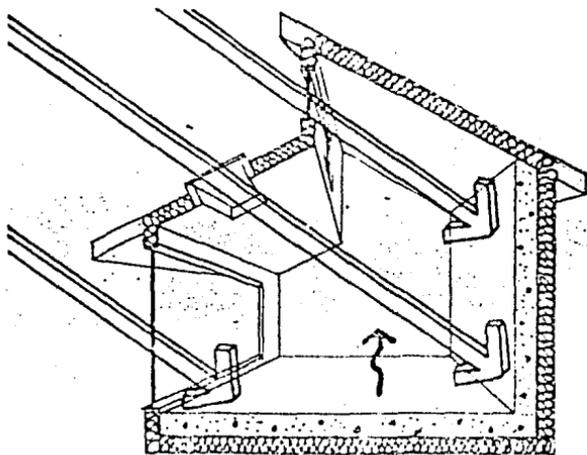


Fig. 3.10 Obtención directa de energía solar.

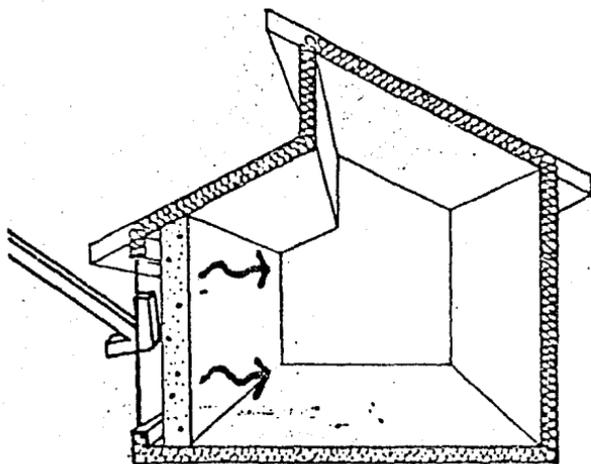


Fig. 3.11 Principio del muro trombe.

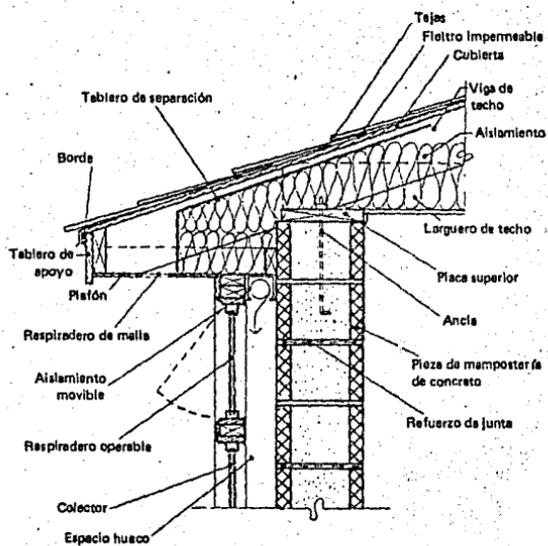
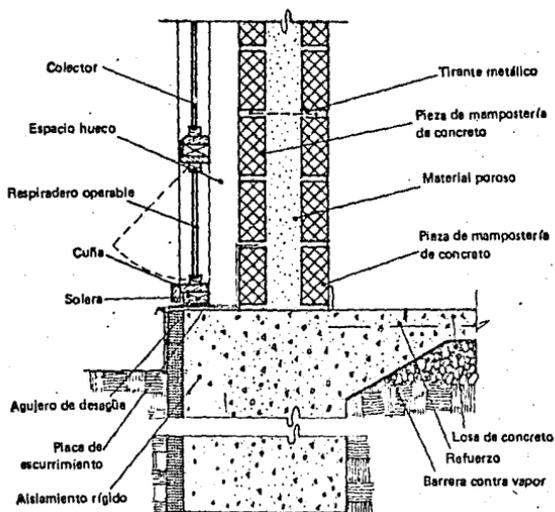


Fig. 3.12 Técnicas constructivas de un muro de almacenamiento térmico.

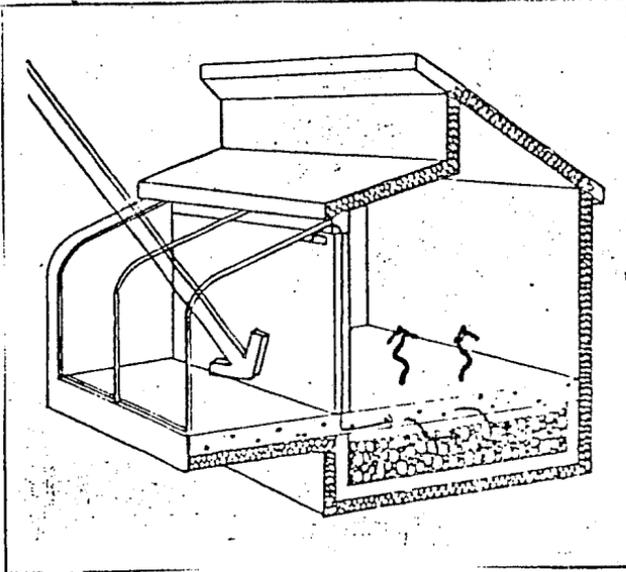


Fig. 3.13 Efecto de Invernadero.

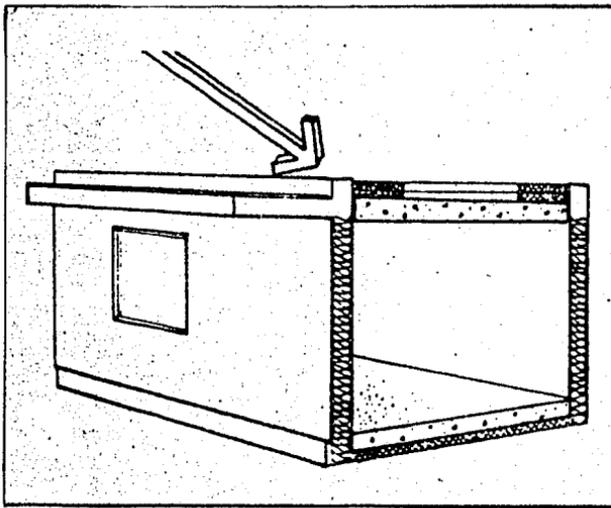
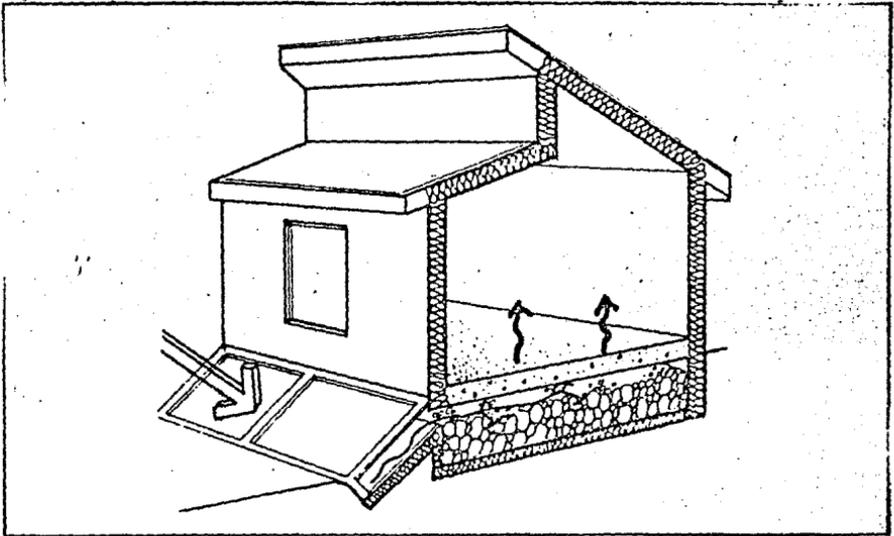
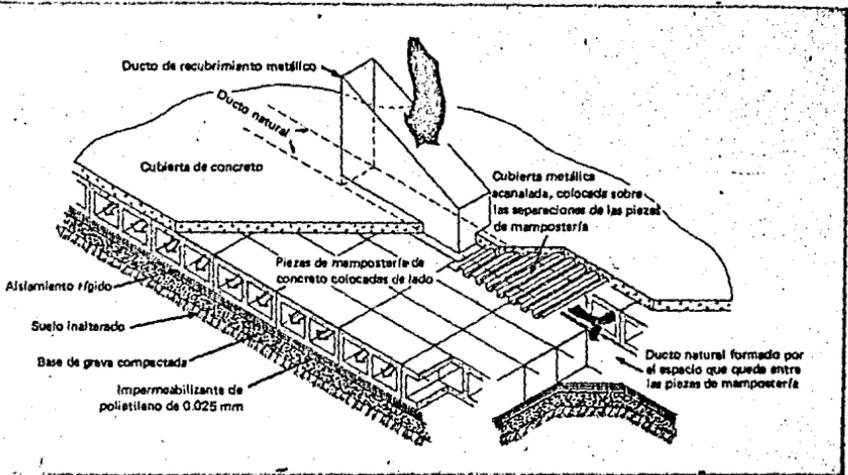


Fig. 3.14 Sistema de almacenamiento en el techo que implica cubiertas aislantes móviles.



a



b

Fig. 3.15. a) Sistema de circuito de convección.

b) Sistema de almacenamiento en bloques de mampostería para su uso en circuitos de convección.

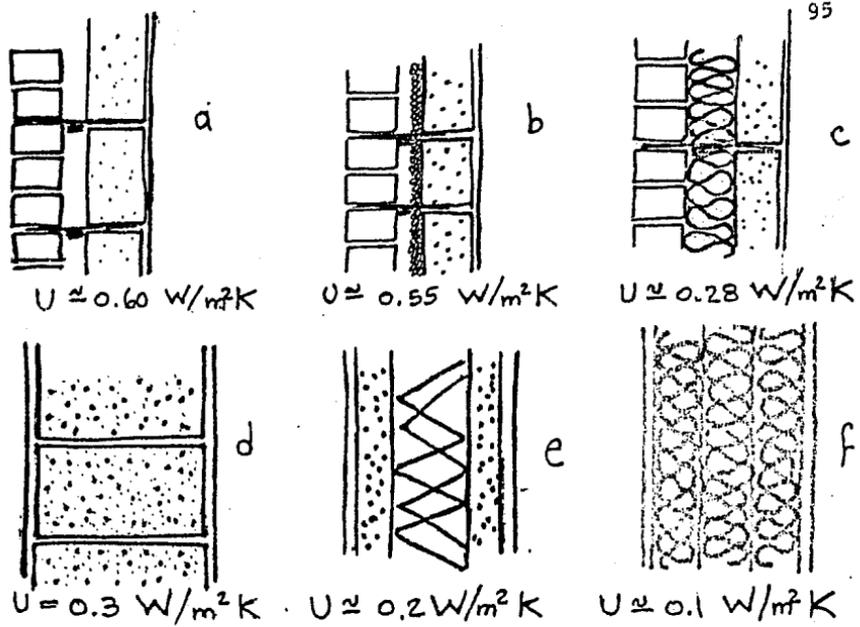


Fig 3.16 Coeficientes de transmisión de calor para diversas secciones de muros.

- a) Tabique aparente, 10 cm. de espesor.
Cavidad de aire, 5 cm. de espesor.
Block de concreto de 500 kg/m^3 , 12.5 cm. de espesor.
- b) Tabique, 10 cm. de espesor.
Aire, 2.5 " " "
Aislante, " " " "
Block de concreto de 800 kg/m^3 , 10 cm. de espesor.
- c) Tabique, 10 cm.. Aislante 10 cm.. Block de concreto de 800 kg/m^3 , 10 cm.
- d) Block de concreto celular de 35 cm.
- e) Concreto celular de 7 cm. a los lados y 16 cm. de poliuretano.
- f) Tableros aislantes de lana mineral de 10 cm.

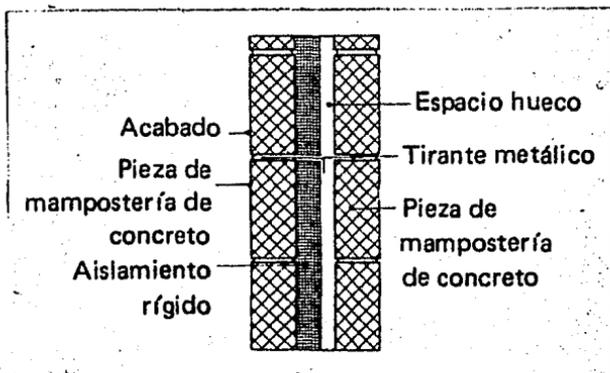
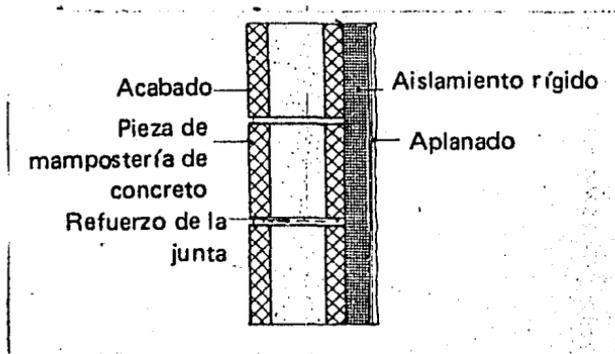
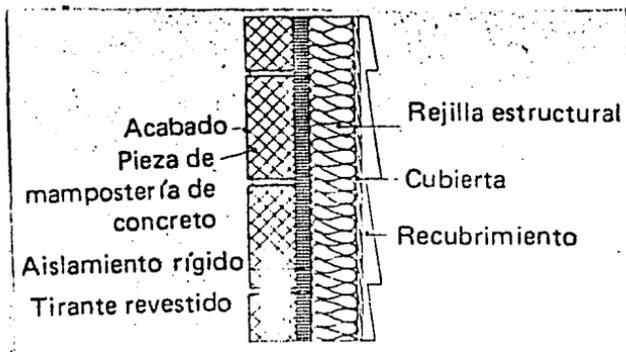


Fig. 3.17 Técnicas constructivas para el aislamiento de muros, losas, techos, etc.

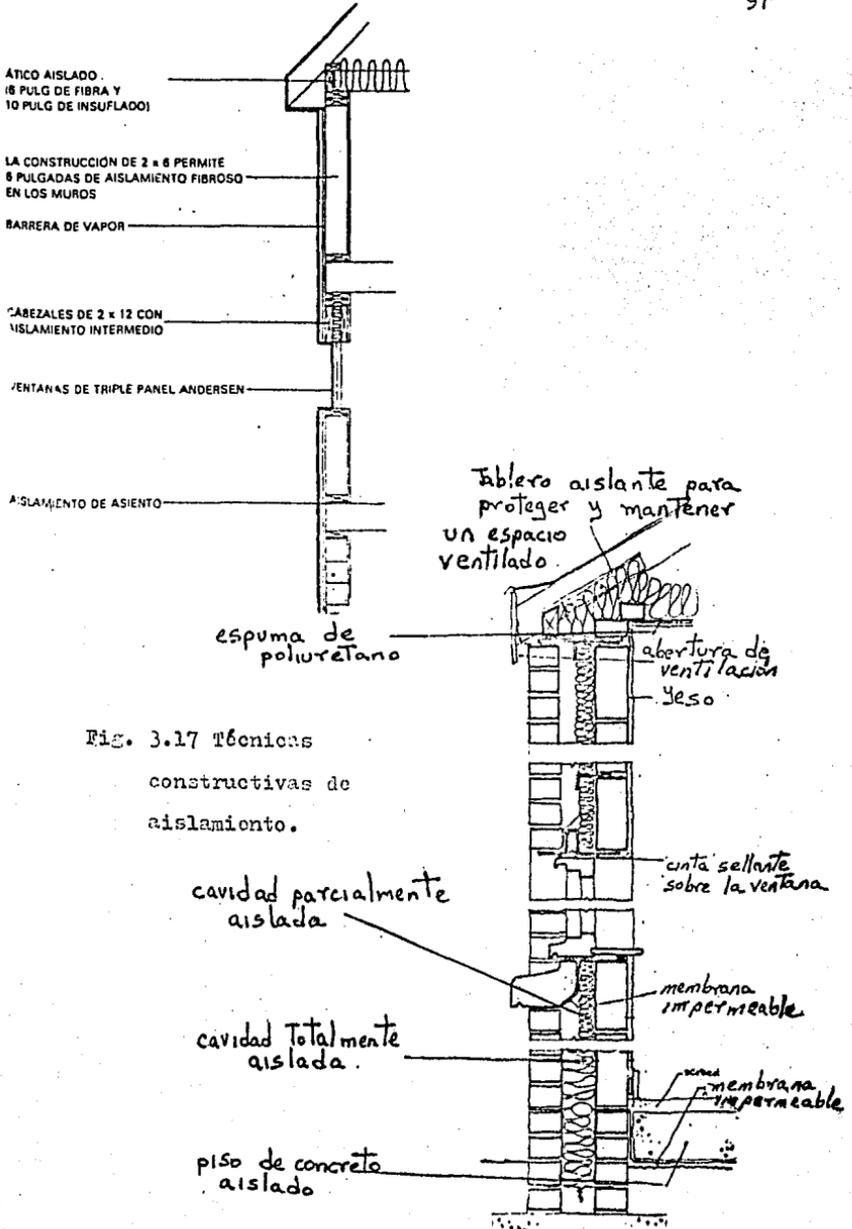
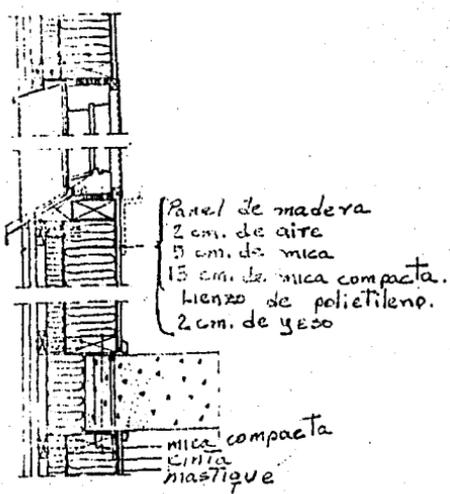
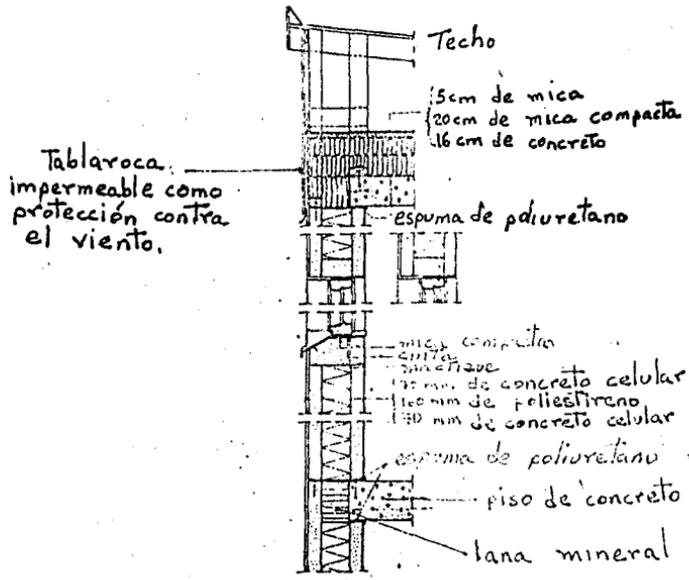


Fig. 3.17 Técnicas constructivas de aislamiento.



CAPITULO IV

DISEÑO BIOCLIMATICO.

El diseño bioclimático tiene como propósito el lograr la climatización de un espacio mediante la aplicación de tecnologías o subsistemas denominados " pasivos o naturales", que no implican mecanismo artificial alguno y toman en cuenta el empleo de elementos reguladores (constructivos y geográficos). Estos mecanismos y elementos reguladores se constituyen en manifestaciones climáticas del medio ambiente de un lugar dado como son la radiación solar, la temperatura, etc.

Con el diseño bioclimático se crea el confort térmico del medio ambiente interior de una habitación y ello propicia el buen estado de salud física y mental de sus moradores.

Estas técnicas comprenden las funciones de almacenar, captar y distribuir el calor o proteger, reducir o eliminarlo, según sea el requerimiento de calentar o enfriar respectivamente.

La operación de las tecnologías bioclimáticas permite casi el completo control del flujo y reflujo de los factores climatológicos, así como el tiempo de permanencia y ubicación de estos.

Para definir un diseño que integre a la construcción un aprovechamiento racional de la energía solar deben estudiarse detalladamente las condiciones meteorológicas, entre ellas:

- Humedad relativa.
- Vientos dominantes.
- Presión atmosférica.
- Radiación solar.
- Horas de insolación al mes.
- Temperaturas mínimas, máximas y medias mensuales, así como

las mínimas y máximas extremas.

- Precipitación pluvial media anual.

Lo anterior relacionado con la localidad donde se vaya a edificar.

Este estudio se expresa en la gráfica solar correspondiente a la localidad, diagramas de polígonos de confort térmico - hidrométrico elaborados en base a los datos de temperaturas horarias, diarias y mensuales de por lo menos tres años consecutivos.

Con el análisis e interpretación del conjunto de datos vaciados en las gráficas y en los polígonos de confort se determinan:

- a) Superficie, espesor y trabajo térmico de los muros de acuerdo a la ubicación que tengan en proyecto.
- b) Orientación de la edificación.
- c) Area, ubicación y protección de ventanas y puertas.
- d) Altura e inclinación de techos.
- e) Integración a la construcción de elementos que propicien la captación, el rechazo o ambas funciones de los agentes naturales del clima según lo requiera el ciclo diario o estacional.

Estos elementos están descritos en lo referente a sistemas solares. De acuerdo al propósito del edificio, se tienen diversas temperaturas de confort.

IV.1 CARTA BIOCLIMÁTICA.

Para diseñar optimamente una vivienda desde el punto de vista climático y saber elegir y diseñar adecuadamente los sistemas pasivos de climatización se debe recurrir a la carta bioclimática para saber las condiciones de confort pertenecientes a la localidad. (ver fig. 4.1).

La carta se forma con las temperaturas de bulbo seco en el eje vertical y la humedad relativa en el horizontal, en las temperaturas altas se muestran las velocidades del viento necesarias para restaurar la sensación de comodidad.

Para los climas secos - cálidos los movimientos de aire considerados tienen un efecto reducido. En cambio, el enfriamiento evaporativo puede usarse para proporcionar la sensación de comodidad si el calor latente de vaporización es suplido por una corriente de aire.

El límite inferior de confort es una línea horizontal a los 21°C, bajo la cual la radiación debe ser utilizada y sobre ella se requiere de sombra para lograr el confort térmico.

IV.2 SISTEMAS BIOCLIMATICOS.

Atendiendo a las finalidades básicas para lograr el control térmico ambiental de una vivienda, tenemos que se distinguen cuatro sistemas esenciales y son:

- _ Calefacción.
- _ Refrigeración.
- _ Humidificación.
- _ Deshumidificación.

Los cuatro sistemas anteriores dependen de las condiciones de radiación solar, humedad y viento, según el aprovechamiento que se haga de estos factores los sistemas pueden ser directos o indirectos, estas dos formas obedecen a la relación que guardan la radiación solar; la captación y almacenamiento de esta; el viento y la humedad en relación al medio ambiente de la vivienda.

Los sistemas bioclimáticos se desglozan a continuación:

IV.2.1 CALEFACCION.

IV.2.1.1 DIRECTA.

Se logra por radiación solar; combustión de leña, carbón, gas, etc.; incandescencia (electricidad) y metabolismo. Para fines de diseño bioclimático las instalaciones pasivas que cumplen con este fin son: los muros trombe, los muros bauer, almacenamiento en los techos, membranas y domos transparentes, volumen interno de aire, control de la vegetación y evitar las corrientes de viento.

IV.2.1.2 INDIRECTA.

Se obtiene a través de la radiación solar retrasmitada ya sea por conducción, aislada (transportada por un fluido desde otro sitio), por reflexión de superficies brillantes o pulidas y por condensación del agua.

IV.2.2 REFRIGERACION.

IV.2.2.1 ENFRIAMIENTO PASIVO.

Las fuentes de enfriamiento pasivo son los depósitos de calor del planeta. Estos transfieren el calor para conseguir el balance de energía continúa que llega del sol. Los pozos de calor naturales son también unos depósitos térmicos para los sistemas de enfriamiento activos y/o mecánicos.

Estos depósitos para el exceso de calor son: la tierra, la atmósfera y el espacio exterior.

El espacio exterior que está más allá de la atmósfera, es el único depósito de calor del planeta. La transferencia de energía se hace por radiación.

La atmósfera es un medio de transferir el calor por convección; el fluido que realiza esta transmisión puede ser el aire,

vapor de agua, etc. El enfriamiento por ventilación hacia la atmósfera es la forma más elemental de remover el calor de los edificios.

En varias regiones la evaporación puede ser una solución para el enfriamiento.

El enfriamiento usando la tierra, ríos, lagos, aguas subterráneas, etc. es quizá la menos efectiva de las fuentes pasivas.

IV.2.2.2 ENFRIAMIENTO DIRECTO.

Se logra propiciando pérdidas de calor mediante ventilación, la cual puede ser: cruzada, de convección forzada o natural (expulsión de aire caliente por diferencia de densidad conocido como efecto Chimenea) o por la extracción reducida de aire caliente provocando depresiones en el aire exterior.

IV.2.2.2.1 ENFRIAMIENTO POR EVAPORACION DIRECTA.

El enfriamiento por evaporación es un proceso que aprovecha el calor latente del vapor de agua para absorber el calor sensible del aire circundante con el que está en contacto.

En un sistema simple de enfriamiento por evaporación directa, (fig. 4.3) el aire pasa a través de un cojín húmedo o de un rociador de agua para acondicionar el espacio. Sin embargo, como el aire está enfriándose por la evaporación del agua, la humedad relativa del aire se incrementa; para ciertas condiciones de confort en la zona de enfriamiento, el enfriador evaporador directo es limitado en su uso para regiones donde las temperaturas ambientales máximas de bulbo húmedo normalmente permanecen debajo de las temperaturas de confort de bulbo seco.

La eficiencia E_s del ciclo de enfriamiento por evaporación se define como:

$$E_s = \frac{T1D - T2D}{T1D - T1W} \quad \text{donde:}$$

T1D = Temperatura de bulbo seco del aire ambiente.

T2D = " " " húmedo del aire enfriado.

T1W = " " " " " ambiente.

E_s varía de 0.7 a 0.9; dependiendo del equipo y del volumen de aire requerido.

IV.2.2.2.2 VENTILACION.

Los cambios térmicos diarios y por estación de cada lugar entre los espacios, estructuras y el medio ambiente resultan en un proceso continuo de flujo vertical, tanto en sentido descendente (acción gravitacional catabática) a causa del frío como en sentido ascendente (acción levitacional anabática) debido al calor.

Las velocidades varían de acuerdo a la diferencia de presiones creadas entre los estratos térmicos. Este movimiento es generado por el calentamiento y el enfriamiento de las superficies en el campo y la ciudad.

Las propiedades térmicas de los materiales en contacto con las capas fronteras del aire, determina la tasa de transferencia de calor y como consecuencia la tasa de flujo.

El estudio de las corrientes de aire en sentido vertical puede ser dividido según el área que abarque, y son:

- Sistemas globales.
- Sistemas locales.
- Flujo de aire vertical en edificios.

a) Sistemas globales- Estos sistemas se determinan por las relaciones diarias y temporales del sol con la tierra, que ocasiona el calentamiento de las superficies expuestas (día) y el enfriamiento de las superficies sombreadas (noche). La geometría

sol - tierra a través del año, y aún más durante los solsticios y equinoccios (fig. 2.4), es el factor principal en la generación de flujo vertical de aire (fig. 4.5); mientras que el movimiento de rotación de la tierra determina el movimiento horizontal, que es mínimo en los polos e incrementa su velocidad al disminuir la latitud. La geometría tierra - sol también determina la variación temporal en el sistema global de flujo de aire tanto verticalmente como horizontalmente.

b) Sistemas locales- Estos sistemas se determinan por la topografía, la posición de la zona de estudio dentro del continente y la urbanización.

La topografía influye en las características morfológicas y térmicas de los materiales en condiciones rurales, como son las colinas, valles y planicies, que influyen localmente en la dirección de las corrientes de aire regionales; el contorno y la diferencia de temperaturas de las superficies determinan el clima local. (fig. 4.6).

La relación entre las masas de agua y de tierra pueden alterar radicalmente el flujo de aire del sistema. Una localidad rodeada de una gran masa de tierra está sujeta normalmente a grandes ganancias y pérdidas de calor, y a consecuencia de la variación de la temperatura en el día, se afecta la dirección, frecuencia y velocidad del flujo de aire en períodos relativamente cortos.

Cuando existen grandes masas de agua y tierra en contacto como lagos, costas, etc., entonces un cambio diferente en la dirección existente del sistema regional de flujo de aire es testigo durante el día y la noche. (fig. 4.7).

La urbanización complica la dirección y la velocidad del

movimiento del aire; los factores principales son la morfología, la textura de la superficie del suelo, la orientación, las propiedades de los materiales expuestos a la radiación, la vegetación y la actividad y densidad de población. (fig. 4.8).

En algunos casos, las inversiones de temperatura causadas por la topografía local resulta en un cambio de clima debido al calor atrapado y la desaceleración del flujo vertical de aire, lo anterior genera problemas de confort y de contaminación (México, Los Angeles, Londres, etc.)*, en ambos casos, el aire frío descendente atrapa al aire caliente ascendente con auxilio de las montañas que rodean a las ciudades; la acumulación diaria de calor dá como resultado un " domo" de calor que vá agravando la situación. (ver fig. 4.9).

c) Flujo vertical de aire en edificios- En cualquier circunstancia a excepción del clima frío extremo, los edificios están en todo momento bajo los ciclos periódicos de calentamiento y/o enfriamiento, lo que ocasiona corrientes de aire ascendente y descendente entre los espacios interiores de los edificios. Históricamente se han aprovechado las condiciones naturales de calentamiento y de enfriamiento.

* A fines de diciembre de 1985 y principios de enero de 1986 este problema lo vivió la cd. de México debido a la cantidad de contaminación que se acumuló al pasar por la cd. una onda polar que no dejó escapar al esmog.

Cuando la climatización del edificio se lleva a cabo por medios electromecánicos, los espacios interiores deben permanecer herméticos para aumentar la eficiencia de los equipos; bajo estas circunstancias, cuando se sobrecalienta el " cascarón" del edificio el aire enfriado puede ser expuesto a una acción anabática durante el día y a una acción catabática durante la noche. En cualquier condición de clima con sobrecalentamiento, las cavidades de aire deben sellarse para preservarlos calientes durante la noche.

Los movimientos de aire inducido a través de los sistemas solares pasivos han incrementado el rango y la eficiencia de las corrientes de aire en edificios de varios pisos. (ver figs. de 4.10 a 4.13).

Los sistemas de flujo de aire vertical se clasifican como:

- Sistemas de efecto de chimenea. (fig. 4.10).
- Modelos históricos.
- Sistemas de patio central.
- Modelos contemporáneos.
- Sistemas mecánicos de control ambiental.

La ventilación cruzada se produce por las corrientes horizontales de aire frío al orientar las ventanas o las tomas de aire hacia donde sopla el viento dominante en una particular época del año, este entra a presión debida a su velocidad, cruza toda la casa y sale por succión al exterior por el lado opuesto, renovando el aire fresco. El flujo de aire se controla con la geometría y el tipo de ventana.

La ventilación por inducción forzada requiere de una entrada en la parte superior de la casa por donde el aire frío entra a presión e inunda la casa, extrayendose el aire caliente por la parte

superior por convección y succión.

IV.2.2.3 ENFRIAMIENTO INDIRECTO.

Se consigue aprovechando las características térmicas de los materiales, como es la pérdida de calor por inercia, o sea permitir la disipación natural hacia el espacio circundante más frío (generalmente por la noche) del calor absorbido y almacenado por ellos.

También el sombreado tiende a recibir el calor de un cuerpo caliente. Otra posibilidad es la de la evaporación del agua a la sombra y la de la evaporación del agua sobre superficies calientes.

IV.2.2.3.1 ENFRIAMIENTO POR EVAPORACION INDIRECTA.

En este tipo de enfriamiento el aire del espacio acondicionado, o preenfriado por otros medios, es usado para enfriar por evaporación un intercambiador de calor. Afuera el aire pasa a través del intercambiador de calor y se enfría sin la adición de humedad a su paso, con lo que sigue acondicionando la temperatura de bulbo seco del espacio sin alterar su humedad relativa. (fig. 4.4).

La eficiencia E_i de un ciclo de enfriamiento por evaporación indirecta se define como:

$$E_i = \frac{T_{1D} - T_{2D}}{T_{1D} - T_{4W}} \quad \text{donde:}$$

T_{4W} = Temperatura de bulbo húmedo del aire regresando al espacio acondicionado, el cual es función del volumen de aire requerido.

IV.2.2.3.2 SOMBREADO.

La proyección de varios planos radiales, que marcan la sombra que proyectaría un elemento horizontal con un ángulo de incidencia X (de 0° a 90°) forma una máscara. Esta máscara sobrepuesta a la gráfica de ruta solar, nos proporciona las lecturas en las que el ángulo solar incide a diferentes horas en las diferentes épocas

del año.

El ángulo de transportado al corte de una fachada determina la orientación de esta.

El ángulo de protección usado para los cálculos de sombreado está en una gráfica de el ángulo de altitud solar proyectado en un plano dado contra el ángulo acimutal. El ángulo de altitud proyectado α' se define como el ángulo entre la normal a una superficie y la proyección de los rayos del sol sobre un plano normal a la misma superficie. (fig. 4.19).

El ángulo α' usado para el dimensionamiento de los elementos protectores está dado por:

$$\tan \alpha' = \sec a \tan \alpha, \text{ donde:}$$

a es el ángulo acimutal normal a la pared.

IV.2.3 HUMIDIFICACION.

Es el proceso mediante el cual se incrementa la humedad relativa en un sitio.

IV.2.3.1 HUMIDIFICACION DIRECTA.

Se obtiene mediante la evaporación del agua a la sombra dentro del ambiente interior de la vivienda, en este proceso hay un intercambio de calores (sensible y latente) entre el líquido y el aire ambiente, así como una transferencia de humedad del primero al segundo, lo cual permite que el aire ambiente pierda calor y gane humedad.

IV.2.3.2 HUMIDIFICACION INDIRECTA.

Se consigue mediante la ventilación inductiva del aire húmedo el cual se humedece a partir de su paso a través de un medio húmedo como puede ser una superficie mojada, un recipiente con agua o con la vegetación.

IV.2.4 DESHUMIDIFICACION.

Es el proceso inverso a la humidificación.

IV.2.4.1 DESHUMIDIFICACION DIRECTA.

Se logra através del calentamiento, que puede ser mediante la radiación solar, la combustión o la incandescencia.

IV.2.4.2 DESHUMIDIFICACION INDIRECTA.

Se obtiene por medio de la ventilación, induciendo viento seco al espacio habitado filtrándolo a través de absorbedores de humedad o haciendolo pasar por superficies calientes.

IV.3 ELEMENTOS REGULADORES.

IV.3.1 ORIENTACION.

Este determina la posición óptima para regular el asoleamiento y la ventilación. Así se tiene que la fachada sur recibe en promedio 12 horas de radiación solar (ya sea en forma difusa o directa), las fachadas este y oeste reciben 6 horas y la fachada norte no recibe nada; todo esto depende de la latitud del lugar, el día y la estación del año, además de la nubosidad.

Con respecto al viento la orientación se determina atendiendo a su dirección dominante, su velocidad, temperatura y la cantidad que se requiera. Su aprovechamiento puede ser para ventilación o protección para su desvío.

IV.3.2 GEOMETRIA.

Determina la forma de las superficies y el volumen de los edificios como medios de regulación del calentamiento, enfriamiento y la dinámica del viento. Se tienen tres formas de superficies básicas, las cuales son:

- Plana.- En que la radiación solar se recibe con la misma intensidad en toda ella.

- Cilíndrica.- En la que la radiación más intensa se recibe en una porción de ella formada por una línea recta.

- Esférica.- En donde la radiación más intensa se recibe en un solo punto.

Por lo general y si la tecnología lo permite se deben usar superficies planas para climas fríos, cilíndricas en climas templados y esféricas en los cálidos; sin dejar de contemplar en todos los casos las variantes geométricas en función de su posición (horizontales, verticales e inclinadas) o de sus combinaciones.

Las formas geométricas volumétricas se clasifican por su aerodinámica a medida que oponen menor resistencia a la presión del viento.

IV.3.3 MATERIALES.

En función de sus características físicas y propiedades térmicas, permiten regular la captación, el almacenamiento y la distribución del calor principalmente. Atendiendo a su conductividad térmica estos pueden ser:

- Conductores. Por su densidad presentan una conductividad alta (mayor de $0.8 \text{ kcal} / \text{h m}^2\text{°C}$), ej., el concreto, acero, mampostería, etc.

- Semiconductores. De densidad media y aspecto poroso y su conductividad térmica varía de 0.1 a $0.8 \text{ kcal} / \text{h m}^2\text{°C}$, por ejemplo, la madera, el tabique, el yeso, etc.

- Aislantes. Mencionados en el capítulo anterior.

Mediante la selección adecuada de materiales y su disposición en cuanto a ubicación y espesor, se puede realizar una buena regulación de calor.

En la tabla 4.1 y 4.4 se dan las propiedades térmicas de los

distintos materiales de construcción.

IV.3.4 COMPONENTES ARQUITECTONICOS.

Estos, en función de sus geometrías, materiales de construcción y disposiciones con respecto a los agentes climáticos por controlar, permitirán la regulación adecuada de la ventilación y la penetración de la radiación solar al espacio interior.

Mediante los diseños adecuados de estos elementos como son: las puertas, las ventanas, pérgolas, techos, aleros, domos, etc. y la elección adecuada de texturas, colores, etc. (tabla 4.2 y 4.3) se puede contribuir al mejor funcionamiento de los mismos, para propiciar la correcta regulación de los agentes climáticos y el confort del espacio habitable.

IV.3.5 AGUA.

Atendiendo a su contacto con el viento o el aire, y su ubicación relativa entre estos y el espacio interior, permite la regulación de la temperatura y humedad del viento.

IV.3.6 VEGETACION.

En función de su altura, follaje (densidad, tamaño, color y caducidad), adaptabilidad, especie, variedad y ubicación, permite regular la dirección, velocidad, temperatura y humedad relativa del viento, además del asoleamiento; otro beneficio es su acción purificadora del aire contaminado.

Desatendiendo el uso de plantas se úede llegar a incrementar la temperatura del aire. La temperatura sobre una superficie artificial es mayor que la que existe sobre una superficie con vegetación (fig. 4.16). El efecto de almacenamiento de superficies artificiales expuestas (edificios, pavimentos, etc.) incrementa la temperatura de la ciudad.

Otros efectos climáticos de las plantas son los de pantalla contra el viento, polvo o esmog. El efecto del domo de esmog en las grandes ciudades se puede reducir por el uso apropiado y planificado de áreas verdes.

Los efectos psicológicos que las plantas dan al ser humano también deben ser considerados, además del ahorro de energía y de dinero, ya que se pueden tener vegetales comestibles a la mano.

En zonas áridas secas el efecto de las plantas es importante para la protección contra el polvo y el control de la erosión, pero en este caso es necesario que este a distancia del edificio de modo que no se anule la ventilación. (figs. 4.17 y 4.18).

REFLEXION DEL COLOR

COLOR	% REFLEJADO
Papel blanco	84
hojas de aluminio	83
Blanco de cal	80
Amarillo limón, marfil, crema	70
Amarillo oro, amarillo paja, ocre claro	60
Azul claro, verde pastel, gris plata,	
baldosa blanca, madera de pino clara	50
azul claro, rosa salmón	40
roble claro	33
gris cemento	32
azul celeste, anaranjado	30
anaranjado, castaño claro, beige	25
asfalto seco, bermellón, verde hierba	20
roble oscuro, nogal, ladrillo rojo	18
galvanizado, rojo escarlata	16
azul turquesa	15
carmin	10
violeta, asfalto húmedo, negro	5

Tabla 4.1

PORCENTAJE DE RADIACION SOLAR INCIDENTE REFLEJADA DIFUSAMENTE

TIPO DE SUPERFICIE	REFLEJO ESTIMADO (%)
Terreno yermo seco	10-25
Terreno yermo húmedo	8-9
Arena seca	18-30
Arena húmeda	9-18
Tierra negra seca	14
Roca	12-15
Hierba seca	32
Campos verdes	3-15
Hojas verdes	25-32
Bosque oscuro	5
Desierto	24-28
Salinas	42
Ladrillo (según color)	23-48
Asfalto	15
Arena urbana	10

Tabla 4.2

CALOR ESPECIFICO DE DIVERSOS MATERIALES

MATERIAL	KCAL/KG°C
Agua	1.0
Aire	0.240
Ladrillo, arenisca, porcalana	0.220
vidrio	0.199
bronce	0.104
latón	0.090
arena	0.195
asbesto	0.200
cal viva, caliza	0.217
caolín	0.224
corcho	0.485
grafito	0.204
granito	0.195
hielo	0.487
hormigón	0.156
maderas abeto	0.65
maderas pino	0.67
maderas roble	0.57
tierra de labor	0.44
mármol	0.210
yeso	0.259

Tabla 4.3

COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (K)

MATERIAL	W/m2K/m
Muros de tabique exterior con recubrimiento.	0.87
Muros de tabique exterior sin recubrimiento	0.77
Tabique, tabique comprimido	1.28
azulejos y mosaicos	1.05
rocas masivas	2.91
rocas porosas	1.74
aplanado exterior de mortero	0.87
aplanado de yeso	0.70
mortero de cemento	1.74
tesonle	1.35
concreto reforzado	1.74
rellenos de tierra o grava expuesta	2.33
concreto celular	0.47
tejado de asbesto	0.16
adobe exterior	0.93
adobe interior	0.58
roca panel	0.14
terrazo o baldosa, piso de cemento	1.80
linoleum	0.19
loseta acústica	0.031
Espuma de urea formaldehído	0.022-0.038
madera aglomerada	0.07 - 0.21
corcho virgen, granulado	0.046-0.05
tablaroca	0.08
lienzo de poliestireno expandido	0.037
espuma de poliuretano	0.026
cloruro polivinílico, espuma rígida	0.035-0.041
tejas de barro	0.85
tejas de concreto	1.10
tejas de asbesto PVC	0.85

madera seca	0.14
madera expuesta a la lluvia	0.23
placa asfaltada	0.37-0.14
tejamanil o placas de fibrocemento	0.73-3.72
tejamanil de madera	0.60
placa de corcho sin aglutinante	0.04
placa de fibra de madera o de caña	0.047
placa de fibra de vidrio	0.035
acolchonado de fibra de madera entre papel	0.035
lana mineral, relleno flojo	0.043
block de lana mineral o de fibra de vidrio	0.058
tepetate o arenisca calcínea	1.05
barro (lodo, paja y carrizo)	0.47
rellenos de terrados secos	0.58
virutas de relleno	0.12
aluminio	0.58
cobre	0.07
hierro	0.19
plata	1.17
vidrio	0.0015
agua	0.0013
vermiculita granulada	0.065
lana de asbesto-cemento	0.29 - 0.43
filtro de asbesto	0.078
chapopote	0.58

Tabla 4.4

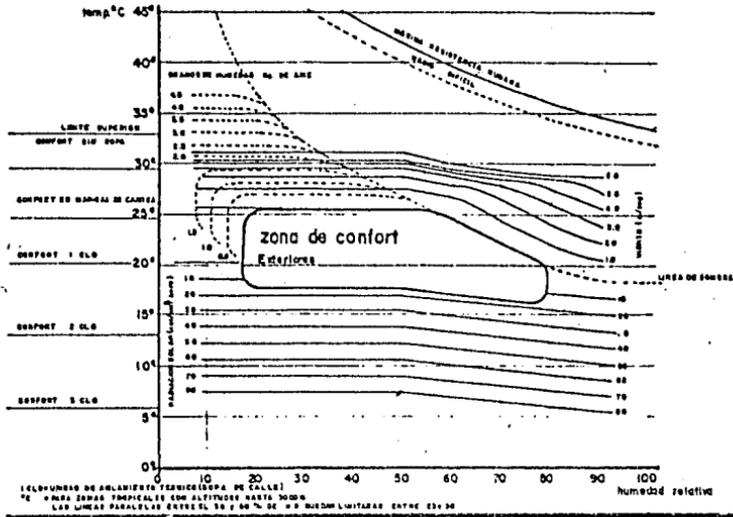


diagrama bioclimático

Fig. 4.1

Fig. 4.2

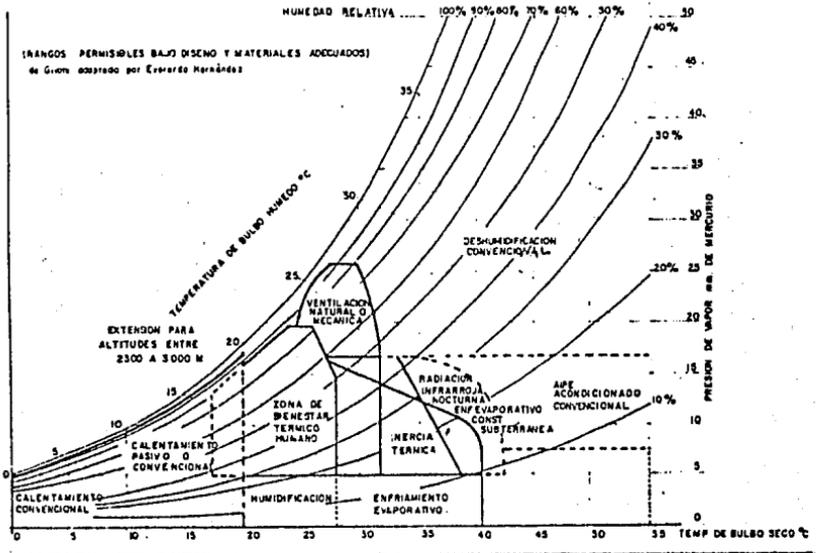


diagrama de control bioclimático en edificaciones

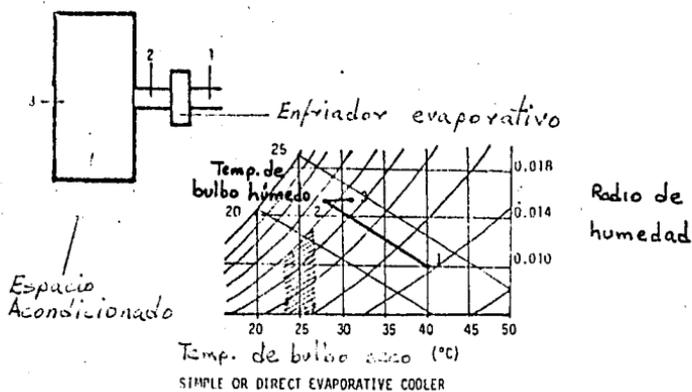


Fig. 4.3 Enfriador por evaporación directa o simple.

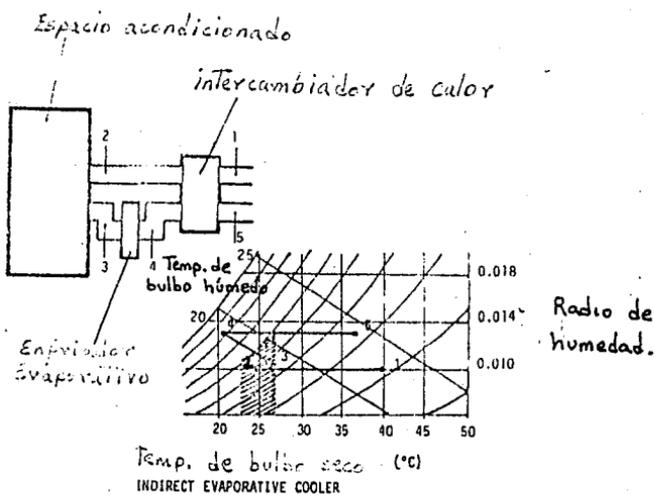


Fig. 4.4 Enfriador por evaporación indirecta.

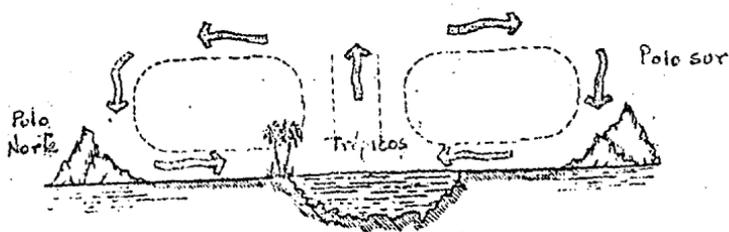


Fig. 4.5 Sistema global de circulación de aire

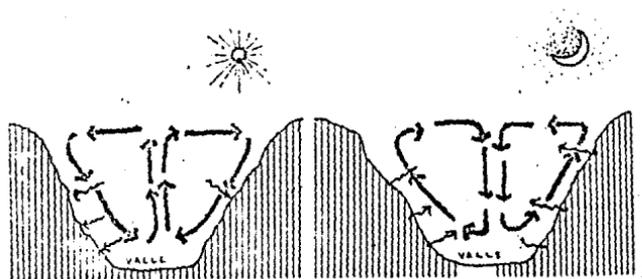


Fig. 4.6 Sistema local- patrón de flujo en un valle

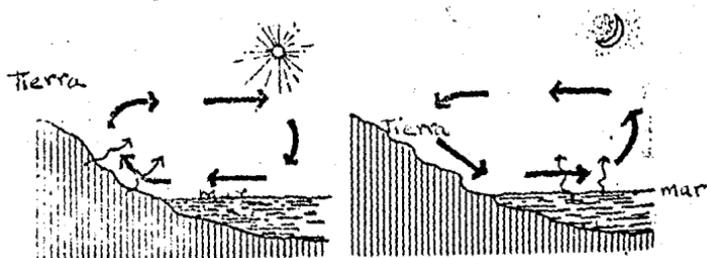
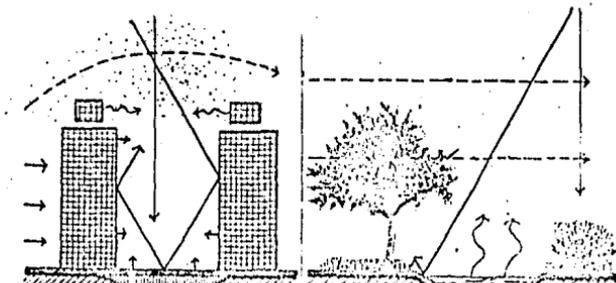
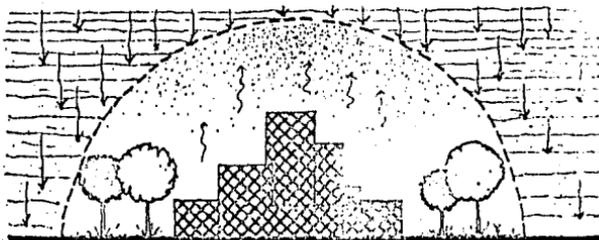


Fig. 4.7 La diferencia de temperaturas en costas causan la brisa marina durante el día, y en la noche este flujo se invierte.



Diferencias entre los patrones de aire local en microclimas urbano y rural.

- | | |
|---|---|
| 1) Reflexiones bajas y múltiples. | 1) Alto grado de reflexión. |
| 2) Alta absorción. | 2) Baja absorción. |
| 3) Poca humedad para la conversión de calor sensible a latente. | 3) Humedad disponible para la conversión de calor sensible a latente. |
| 4) Vientos restringidos y estancados. | 4) Enfriamiento de la vegetación por la libertad de flujo de aire. |
| 5) Retención de calor en las partículas. | 5) Aire limpio. |

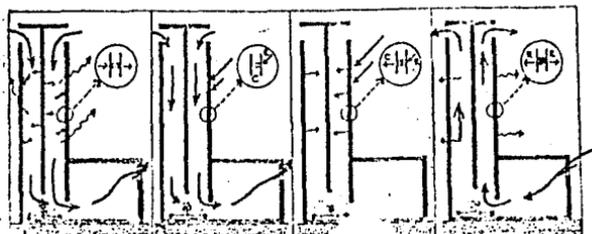


a

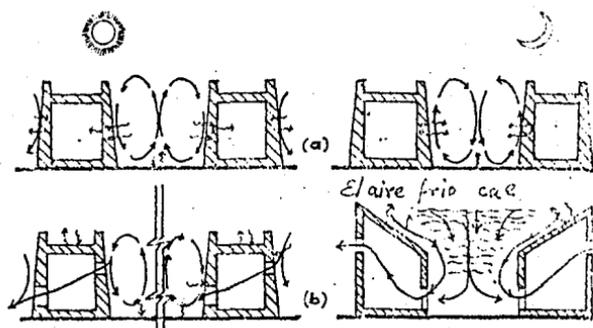
b



Fig. 4.9 a) Domo semiesférico típico de la mayoría de las ciudades, en estas se nota la ausencia de lluvia o de vientos para dispersar el calor y el smog.



- Fig. 4.10 a) Enfriamiento de aire radiativo - evaporativo. El aire entra a la habitación a través de la chimenea enfriándose a su paso y sale a través de una ventana.
- b) En la chimenea se acumula el calor y lo conduce por la estructura.
- c) La ventana esta cerrada para anular el flujo y mantener la temperatura.
- d) La ventana se abre para enfriar el aire que sale por la chimenea.



- Fig. 4.11 a) Flujo de aire a través de un patio típico en edificios cerrados.
- b) En edificios abiertos.

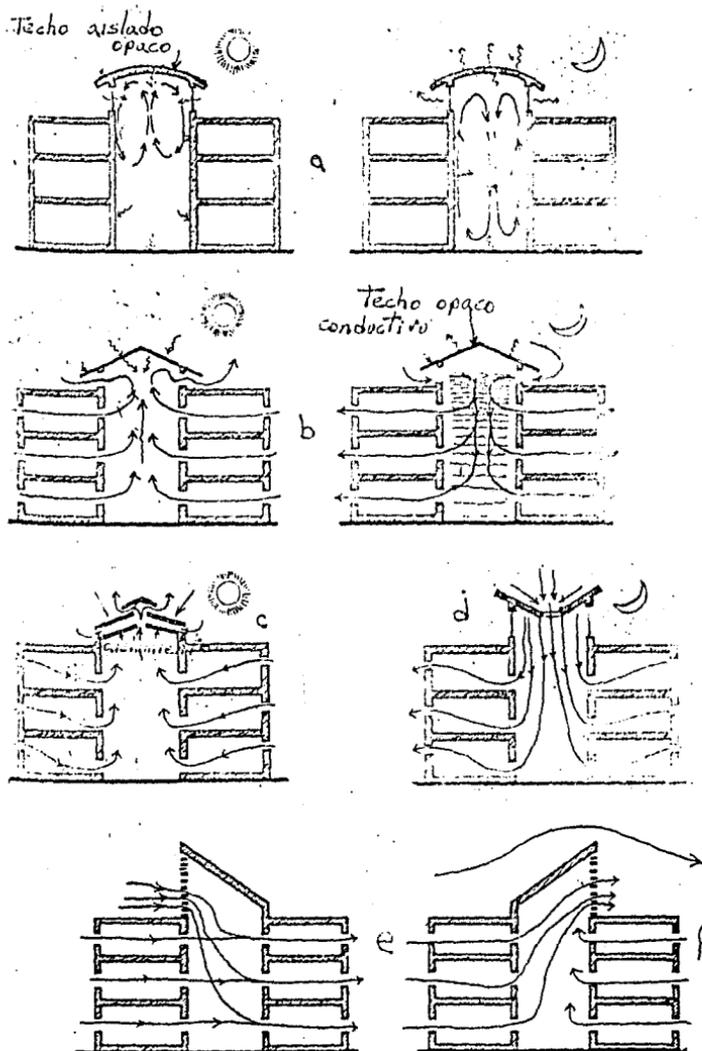


Fig. 4.12 a) Domos aislados para patios de enfriamiento.
 b) Ventilación en dos direcciones con un techo conductor de calor por convección.
 c) Techo doble fijo para enfriamiento anabático.
 d) Techo "mariposa" para enfriamiento catabático.
 e) Patio bajo ventilación por presión positiva.
 f) Patio bajo ventilación por presión negativa.

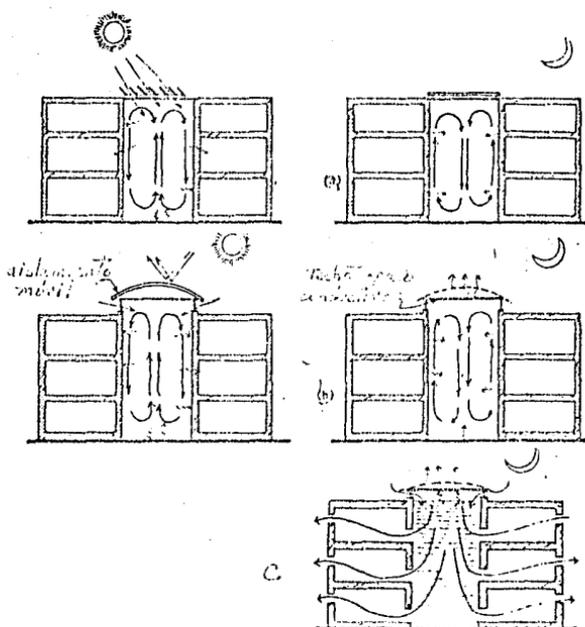
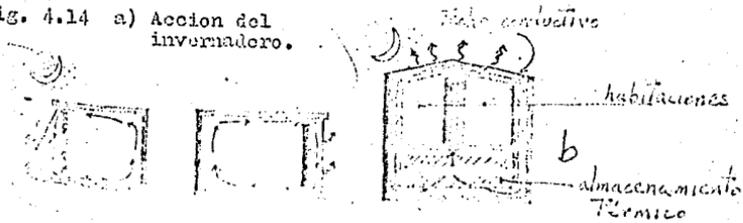


Fig. 4.13

- a) Diseño de patio con techo ajustable para calentamiento diurno y conservación nocturna.
 b) Diseño de patio con techo ajustable para conservación diurna y enfriamiento nocturno.
 c) Enfriamiento nocturno por flujo horizontal y acción catabática.



Fig. 4.14 a) Acción del invernadero.



- b) Enfriamiento y almacenamiento por flujo vertical.

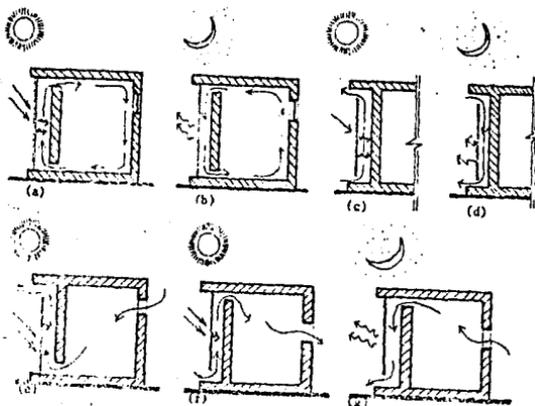


Fig. 4.15 Circulación de aire generada por un muro Trombe.

- a) Circulación de aire caliente durante el día con las ventanas cerradas.
- b) Circulación de aire frío durante la noche con las ventanas cerradas.
- c) d) e) f) y g) Aire enfriado

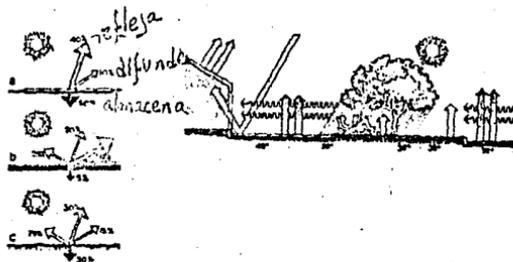


Fig. 4.16 Diferencia de temperaturas entre superficies con vegetación y superficies artificiales

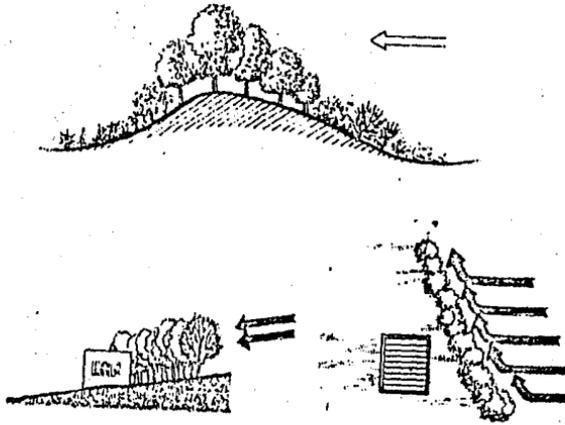


Fig. 4.17 a) Protección contra la erosión y desvío del viento.
 b) Desviación del viento por medio de una barrera de vegetación.

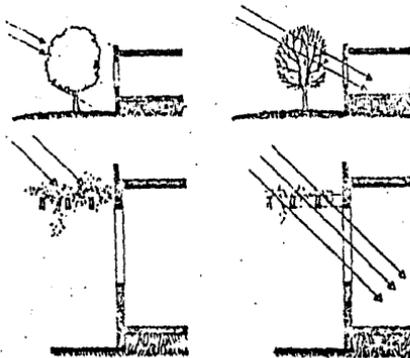


Fig. 4.18 Protección contra el asoleamiento con follaje en verano y en invierno se permite el asoleamiento al caer el follaje.

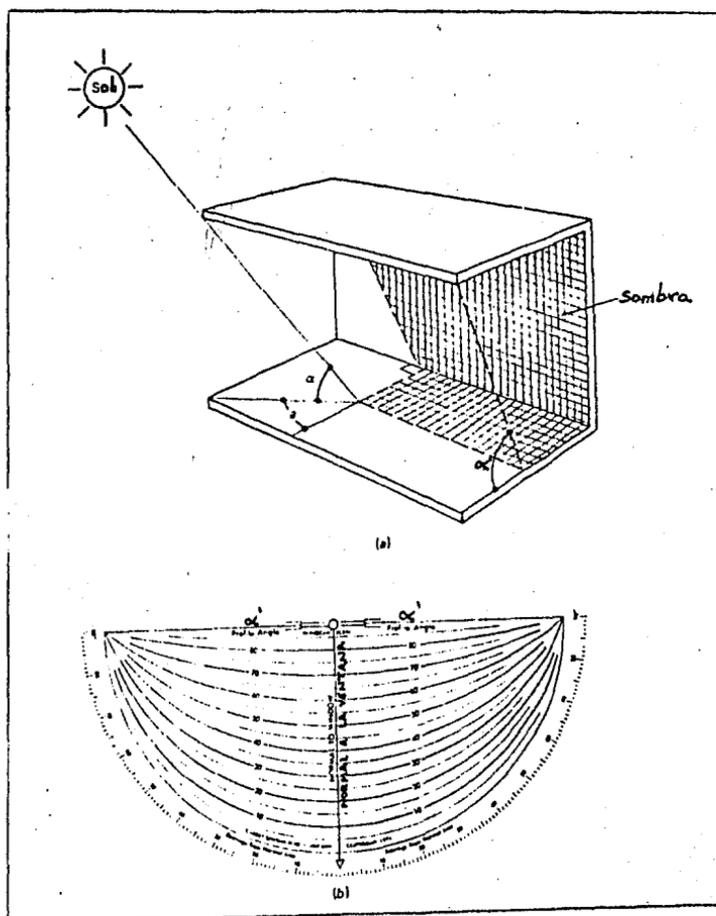


Fig. 4.19 Definición de los ángulos para sombreado en a)
Máscara de sombreado

CAPITULO V

APLICACION DE LA ENERGIA SOLAR A LA VIVIENDA EN LA REPUBLICA MEXICANA.

V.1 LOCALIZACION DE LA REPUBLICA MEXICANA.

México se encuentra entre los paralelos $32^{\circ}43'$ y $14^{\circ}32'$ de latitud norte y entre los meridianos $117^{\circ}9'$ y $86^{\circ}40'$ de longitud oeste, además el trópico de Cáncer lo cruza por el paralelo $23^{\circ}27'$, quedando el país dividido en una zona semidesértica al norte de este trópico y al sur en una zona de templada a tropical.

V.2 SINTESIS CLIMATICA DE LA REPUBLICA MEXICANA.

México está dotado con una gama climatológica que abarca desde los climas más calientes hasta los más fríos y desde los más húmedos hasta los más secos. (figs. 5.3 y 5.5).

De acuerdo a la clasificación de Koeppen, (fig. 5.1) los climas se agrupan en:

V.2.1 CLIMA TROPICAL LLUVIOSO CON LLUVIAS TODO EL AÑO (Af).

Tiene un régimen térmico caluroso regular y se localiza en la llanura tabasqueña, sur de Veracruz y este de Chiapas con excepción de la costa; las abundantes lluvias de convección de este clima determinan una asociación vegetal propia de la selva tropical.

V.2.2 CLIMA TROPICAL LLUVIOSO, CON LLUVIAS MONZONICAS EN VERANO (Am).

De régimen térmico caluroso regular y se presenta envolviendo a la zona Af en las vertientes orientales de la Sierra Madre Oriental, y Sierra de Oaxaca, sur de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

V.2.3 CLIMA TROPICAL LLUVIOSO CON LLUVIAS EN VERANO (Aw).

Tiene régimen térmico caluroso regular y se ubica en las llanuras costeras del Pacífico al sur del trópico de Cáncer, en la depresión del Balsas, en las llanuras costeras de Veracruz, en la península

de Yucatán y en el sur de Baja California.

V.2.4 CLIMA TEMPLADO LLUVIOSO CON LLUVIAS EN VERANO (Cw).

De régimen térmico templado regular y se encuentra en el sur, oeste y centro de la Meseta de Anáhuac, en el centro de Chiapas, en la vertiente sureste de la Sierra Madre Occidental y en la vertiente suroeste de la Sierra Madre Oriental, al sureste de Tamaulipas, suroeste de Puebla, en la región Mixteca de Puebla, Guerrero y Oaxaca y en la Sierra de Chiapas.

V.2.5 CLIMA TEMPLADO LLUVIOSO CON LLUVIAS TODO EL AÑO (Cf).

De régimen térmico templado medio y se localiza en las partes altas de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur y en la Cordillera Neovolcánica.

V.2.6 CLIMA TEMPLADO LLUVIOSO CON LLUVIAS ESCASAS TODO EL AÑO (Cx).

De régimen térmico templado medio y es característico del centro y noroeste de Tamaulipas.

V.2.7 CLIMA TEMPLADO LLUVIOSO CON LLUVIAS EN INVIERNO (Cs).

De régimen térmico templado medio y abarca el noroeste de la Baja California.

V.2.8 CLIMA SECO DESERTICO (BW).

De lluvias escasas, de régimen térmico extremoso y se ubica en gran parte del centro de las llanuras Boreales, el centro y noroeste de Sonora; este, centro y sur de Baja California y en los salados de San Luis Potosí y de Puebla.

V.2.9 CLIMA SECO ESTEPARIO (BS).

De oscilación térmica sensible y de régimen térmico templado medio, se localiza en el centro del país desde los límites de la Meseta de Anáhuac con las llanuras Boreales hasta el noroeste de Chihuahua, Zacatecas, San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León y parte de Tamaulipas; se presenta en el norte de Durango y al

este de la Sierra Madre Occidental.

V.2.10 CLIMA POLAR DE ALTURA (EB).

De régimen térmico frío regular, se localiza en las cumbres de las montañas más elevadas.

En cuanto a la distribución de lluvias, el país presenta la siguiente: (ver fig. 5.2).

V.2.11 REGIMEN SUBECUATORIAL.

Localizado en la llanura tabasqueña y se caracteriza por dos largos períodos de lluvias abundantes y dos períodos cortos de estiaje, la precipitación anual media es mayor a 2 500 mm.

V.2.12 REGIMEN TROPICAL.

Comprende a las llanuras costeras del Golfo y del Pacífico al sur del trópico de Cáncer, gran parte de la Meseta de Anáhuac, la depresión del Balsas y la Península de Yucatán; tiene un período de abundantes lluvias convectivas durante el verano y parte del otoño, su precipitación anual media es mayor a 800 mm.

V.2.13 REGIMEN TROPICAL CON INFLUENCIA DE MONZON.

Se ubica en las regiones sobre la costa veracruzana y en la Huasteca, su precipitación anual media es superior a 1.500 mm.

V.2.14 REGIMEN ESTEPARIO.

Se encuentra en gran parte de las llanuras Boreales, su precipitación anual media es menor a 400 mm.

V.2.15 REGIMEN DESERTICO.

Se extiende por el Bolsón de Mapimí, norte de Chihuahua y Coahuila, centro y noroeste de Sonora; este centro y sur de Baja California; el promedio de precipitación anual es inferior a 200 mm.

(fig. 5.6)

La carta de distribución de humedad relativa está en la fig. 5.3.

V.3 REQUERIMIENTOS DE CLIMATIZACION EN LA REPUBLICA MEXICANA.

Como conclusión en lo que respecta a la distribución y características climáticas del país, se puede decir que:

1) Las áreas bochornosas, tórridas o cálidas se localizan en las costas del Golfo y del Pacífico, comprendiendo la Península de Yucatán, los estados de Chiapas y Tabasco, y la región del Istmo de Tehuantepec. Para habitar estas regiones es necesario contar con sistemas de ventilación y ajustar los horarios de trabajo en relación a la marcha diurna de la temperatura.

2) Las zonas algo frías, se ubican principalmente en el eje Neovolcánico, Sierra Madre Occidental y, durante el invierno en las Altiplanicies Septentrional y Meridional. El rigor climático de estas áreas exige calefacción durante el invierno.

3) Las regiones templadas y frescas se localizan en los valles interiores del país, como México, Toluca, Puebla, Tlaxcala, Oaxaca y Tehuacán; también en los sistemas montañosos del país excepto Chiapas. En estos sitios se dan las condiciones más favorables para la vida humana y el desarrollo de sus actividades.

Como casos especiales se presentan, las Altiplanicies Meridional y Septentrional, la llanura costera del noreste y el norte de la Península de Baja California, las cuales registran condiciones variantes durante todo el año.

El excesivo consumo de energía eléctrica, gas o diesel para propósitos de climatización ambiental en las zonas de clima extremo del país es producto de un ineficiente e inapropiado diseño de las viviendas, las cuales resultan prácticamente inhabitables por lo calientes o frías que se comportan durante el año o en las

estaciones más rigurosas.

Los factores de diseño tan importantes como son la orientación, el asoleamiento, los vientos predominantes, tamaño y forma de las ventanas, las características térmicas de los materiales de construcción, lo reflejantes o absorbentes al sol que sean los acabados exteriores, etc. , son ignorados completamente. El diseñar viviendas que resulten adecuadas al clima, implica considerar una serie de factores que actualmente han sido relegados o menospreciados, no obstante su importancia para que el ser humano desarrolle sus actividades de vida y de trabajo en condiciones de bienestar térmico.

El cuidadoso diseño de las viviendas, permite en muchos casos reducir el costo de las mismas al emplear menor cantidad de materiales que resultan caros, entre otras cosas por el elevado consumo de energía convencional que implica su producción. Este es un renglón que debe considerarse también, procurando emplear materiales de construcción de bajo insumo energético que paralelamente, en su proceso de fabricación, no ocasionen una elevada contaminación del ambiente. (tabla 5.1).

En el aspecto económico, la climatización natural y los sistemas pasivos, que se activan y funcionan por sí mismos gracias a la energía directa o indirecta del sol (viento y desprendimiento de calor por radiación terrestre), son sumamente atractivos por el mínimo costo inicial y de mantenimiento.

Problemas tales como ventilación, calefacción, enfriamiento e iluminación natural, pueden resolverse mediante técnicas de adecuación bioclimática y sistemas pasivos de manera total o parcial, verificándose en la mayoría de los casos, que el suministro

requerido de energéticos convencionales que complementa la demanda de operación en estos sistemas, se reduce a una cantidad muy pequeña comparada con el aporte solar. El considerar en conjunto al clima, el asoleamiento y las propiedades térmicas de los materiales de construcción en la fabricación de viviendas, permite reducir en los climas más extremos del noroeste y sureste del país, hasta en un 70% la energía que actualmente se consume al activar equipos electromecánicos de climatización artificial.

Respecto a las ventajas económicas del calentamiento solar del agua para uso doméstico, estas son significativas en prácticamente todos los climas del país, sin embargo, deben promoverse sistemas de termosifón económicos o sistemas de vitrina con tanque de almacenamiento y colector solar en un solo elemento. En ambos casos, estos sistemas pueden acoplarse a calentadores convencionales de gas (conectados en serie) para disponer de agua caliente aún en períodos muy nublados o fríos del año.

Con las características de asoleamiento tan favorables que tiene el país y con lo caro que resulta calentar agua con combustibles convencionales, realmente es necesario promover políticas de implantación de sistemas solares con apoyo gubernamental en cuanto a facilidades de adquisición, deducción de impuestos, apoyo a fabricantes, difusión de los beneficios del sistema, etc. Es importante señalar que en promedio, un 75% de consumo doméstico de gas se destina al calentamiento de agua, y que mediante el calentamiento solar, es posible en el peor de los casos (lugares muy nublados), ahorrar como mínimo el 50% de gas, llegando al 100% en regiones semicálidas o cálidas del país.

V.4 ADAPTACION DE LA VIVIENDA AL CLIMA.

V.4.1 CLIMA CALIDO HUMEDO.

En este clima resulta bastante representativo mencionar la casa lacustre o palafito de las zonas ecuatoriales o tropicales. Estos aprovechan las temperaturas de la superficie del lago, la cual es sensiblemente inferior a la del piso en las inmediaciones del mismo. Los palafitos son transparentes al viento, prácticamente en todas las direcciones, y los materiales de construcción son de muy baja conductividad térmica y de pequeña capacidad calorífica, por lo que no se calientan demasiado, ni absorben ni retienen el calor que pueda desprenderse posteriormente hacia el interior de la vivienda. La cocina de la casa está separada del espacio que sirve de habitación. Todo esto hace que la temperatura interior se encuentre dentro de los márgenes de confort. (fig. 5.7)

V.4.2 CLIMA CALIDO SECO.

En este tipo de climas, es necesario distinguir entre los que tienen un invierno frío y los que lo tienen templado. Respecto al primero, su diseño construido en adobe, responde satisfactoriamente a las oscilaciones diarias y estacionales de temperatura, aprovechando los efectos del retraso térmico e inercia térmica del material, así como las diferencias estacionales en los niveles de asoleamiento en las fachadas y techos. El adobe, en forma semejante a otros materiales pesados, tales como la piedra o el concreto tienen la propiedad de absorber energía solar durante el día, la cual es transferida como calor al interior de la vivienda en un lapso que coincide con las necesidades de calefacción por las noches, que por lo general, depende del tiempo de transmisión desde la superficie exterior a la interior. A este fenómeno se le de

nomina inercia térmica, (ver cap. II.2).

De esta forma, la irradiación nocturna de calor desde el interior de los muros, se efectúa durante la noche y cesa por la mañana, manteniendo fresca la vivienda durante el día. (fig. 5.9)

En climas cálido - secos, con estación de invierno templada y en verano demasiado caliente, debe evitarse el uso de materiales pesados que propicien la acumulación de calor hasta un nivel que dificulte su enfriamiento, aún por las noches. Los habitantes de las regiones desérticas, han recurrido a viviendas construidas con materiales muy ligeros, incapaces de absorber calor. Debido a que los vientos que se producen tienen una temperatura más elevada que el cuerpo humano, es necesario impedir su paso al interior de la vivienda, (fig. 5.8) .

V.4.3 CLIMA TEMPLADO.

Este clima solo se presenta en lugares de altitud superior a los 1 500 m, la vivienda típica ha sido la casa tipo colonial con un patio interior. Su diseño ha sido efectivo en cuanto al confort térmico que puede alcanzarse principalmente en épocas calurosas. Debido a su estructura masiva, este tipo de arquitectura posee una gran inercia térmica. El patio cumple una función muy importante en el proceso de enfriamiento de la casa en el verano, ya que desde los tejados circundantes e inclinados hacia el patio, se desliza por la noche el aire que se enfría debido a la radiación infrarroja que se disipa hacia la bóveda atmosférica. El hundimiento nocturno del aire frío inunda al patio, alcanzándose a introducir a la vivienda, lo que permite que esta permanezca fresca durante el día. En algunos sitios muy áridos o semiáridos una fuente situada generalmente al centro del patio, produce un enfriamiento evaporativo del aire, propiciando un ambiente fresco

y confortable. La orientación de las piezas de dormir y de estar son hacia el sur, donde se mantiene confortable la temperatura de las mismas durante el invierno, dejando hacia el norte las piezas menos habitables. (fig. 5.10).

V.5 DISPONIBILIDAD DE ENERGIA SOLAR EN MEXICO.

Por su ubicación geográfica en el globo terráqueo, México es un país que se puede contar entre los privilegiados que puede aprovechar al máximo las posibilidades de explotar la energía solar que le llega.

Del mapa correspondiente al promedio anual de radiación solar se observa que la región que recibe mayor radiación es Sonora y el norte de Chihuahua, en un menor grado la zona delimitada por Durango, Zacatecas y Aguascalientes; el Bajío y la región mixteca. Además se observa que más de la mitad del territorio recibe más de 400 ly/ día en el año, lo que representa una fuente energética importante. (fig. 5.15).

Con la tecnología actual es posible emplear esta energía para el calentamiento de agua, secado de granos, cocina, refrigeración, calefacción, bombeo de agua, generación de energía eléctrica, desalación de agua de mar, etc.

V.5.1 RADIACION GLOBAL.

Es la suma de la radiación solar directa con la radiación solar difusa. La primera es la energía que llega a la superficie de la tierra, y la difusa es la dispersada por las nubes, polvo, etc.

En el país la recepción de radiación es alta, ya que el trópico de Cáncer atraviesa al país por la mitad (lo que hace que los rayos solares caigan cerca de la vertical).

La poca nubosidad en el noroeste se debe a la alta presión

atmosférica conocida como anticiclón semipermanente del oceano Pacífico, y aunque en la Península de Yucatán entra aire tropical, no se forman nubes por la carencia de barreras montañosas.

Las zonas con mayor potencial de radiación solar son el noroeste y el sureste.

En las figuras 5.11 a la 5.15 se presenta la radiación solar promedio en el país durante las cuatro estaciones, además del promedio diario anual.

V.5.2 INSOLACION.

El tiempo de insolación en una zona depende de la nubosidad que se presente en esta; el máximo de horas de insolación mensual es de 360 horas/ mes (solo serían 12 horas al día de sol) y se lograrán solo en caso de que las nubes no interfieran con la radiación solar.

En México se tiene en el noroeste el mayor promedio mensual anual de horas de insolación, y este desciende gradualmente hacia la costa del Golfo de México y el Istmo de Tehuantepec, creciendo otra vez hacia la Península de Yucatán. Cuando se tiene mucha insolación (Sonora = 300 horas/ mes) el diseño bioclimático debe considerar la instalación de aleros, pérgolas, texturas rugosas, etc.; en caso de alta nubosidad (Veracruz = 150 hrs/ mes) se debe utilizar otro tipo de componentes.

V.6 GRAFICAS SOLARES PARA LA REPUBLICA MEXICANA.

Como la latitud juega un papel fundamental en el diseño bioclimático, se han hecho gráficas de la trayectoria del sol para las horas del día de todos los días del año, para diferentes latitudes en que queda comprendido el territorio nacional (Figs. 5.16 a la 5.24) .

En estas, se observa que el mayor ángulo de altitud se tiene cerca del trópico de Cáncer y decrece al alejarse de este.

El ángulo horizontal o de acimut está orientado al sur al mediodía en todos los meses.

Para el empleo de estas gráficas es necesario considerar:

- 1) Tomar la hora geográfica y no la local.
- 2) Corregir el norte geográfico respecto al norte magnético.

V.7 RECOMENDACIONES PARA TOMAR EN CONSIDERACION AL DISEÑAR UNA VIVIENDA O UNA URBANIZACION.

Debido a lo expuesto anteriormente es necesario tomar en cuenta los factores naturales y la selección de materiales, colores, etc., para el diseño bioclimático de una vivienda, los cuales se pueden resumir en los siguientes:

En climas cálidos - húmedos, las edificaciones deben estar abiertas al viento y cerradas al sol; son recomendables grandes ventanales que propicien la ventilación cruzada, el uso de colores claros en el interior de los edificios y alturas de piso - techo grandes, además, se recomienda provocar la aceleración del viento en el interior de los edificios y la extracción de aire caliente acumulado; así como la profusión del sombreado sobre las cubiertas externas que reciban más asoleamiento.

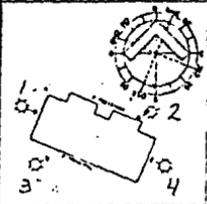
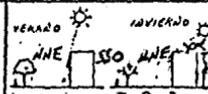
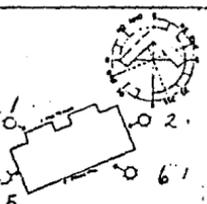
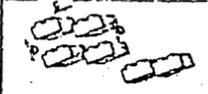
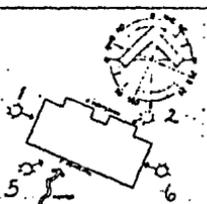
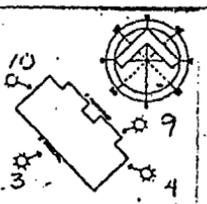
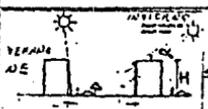
En climas extremos los edificios deben estar cerrados a los vientos (ya que estos son muy fríos o muy calientes) y al sol; se recomiendan ventanas pequeñas, alturas interiores piso - techo bajas, materiales aislantes térmicos, protecciones solares fijas y colores claros, las cubiertas de los edificios deben ser de materiales de alta inercia térmica y bastante espesor; se deben filtrar los vientos cálidos, secos a través de barreras de vegetación y utilizar esta misma para provocar sombras.

En regiones templadas y frías requieren por lo general calefacción en invierno y enfriamiento en verano, la elección del sitio para la construcción, depende de la disponibilidad de terreno plano (ya que estos climas se encuentran en zonas de topografía elevada y terreno accidentado); de las temperaturas mensuales registradas, velocidad, frecuencia y dirección de los vientos para ubicar barreras contra ellos.

Si las temperaturas son muy bajas en determinado período del año hay que evitar vientos fríos e incrementar el área de asoleamiento, en períodos calurosos se hace lo contrario. En cuanto a la situación de las ventanas en la vivienda, en climas extremos la ventilación deberá ser mínima y las ventanas deberán situarse en lo alto de la vivienda; en climas fríos con invierno extremo, la ventilación deberá ser moderada y las ventanas deberán estar en la parte alta aunque aumenten las pérdidas de calor; la ventilación en clima cálido - húmedo se logra con la entrada de aire en la parte baja y la salida en la parte alta extrayendo por convección el aire caliente de la habitación, además es recomendable el uso de persianas para evitar el flujo de aire en el interior al gusto.

Es necesario hacer notar que cada región tiene microclimas y entonces es necesario hacer un análisis climático de la localidad para fines de diseño bioclimático.

Para fines generales y como una introducción al diseño bioclimático en el país se puede valer de las siguientes tablas donde se conjugan 6 tipos de climas y se hacen las recomendaciones de carácter general sobre los diversos factores y parámetros que incumben al diseño bioclimático, tanto para urbanización como para la construcción de viviendas.

CLIMA	LOCALIDAD	CONDICIONANTES DE PROYECTO URBANO	
		ORIENTACION OPTIMA	ESPACIAMIENTO ENTRE EDIFICIOS, ACESOS PEATONALES Y AGRUPAMIENTOS.
MUY SECO EXTREMOSO	CD. JUAREZ, SALTILLO		 <p>ANCLAR SIEMPRE EN VERANO, RESQUEADO EN INVIERNO.</p> <p>$K: 20^\circ \text{ a } 30^\circ$</p>  <p>$D: 2.5 \text{ a } 3 H$ $E: \text{VARIABLE, OPTIMO } E=L$</p>
MUY SECO MUY CALIDO	HERMOSELLO, CD. ORIZABA, GUANAJUATO, CHIHUAHUA, AGUASCALIENTES, SAN LUIS POTOSI, COAHUILA DE ZARAGOZA, DURANGO, SAN JUAN VIZCAYA, GUERRERO, VERACRUZ, QUERETARO, TAMAULIPAS, TABASCO, YUCATAN, CAMPECHE, QUINTANA ROO		 <p>ANCLAR SIEMPRE SOMBREADO</p>  <p>$D: 0.7 H$ $E: \text{VARIABLE, OPTIMA } E=D$</p>
SEMI SECO MUY CALIDO	CULIACAN, LA PAZ, TEOCANAN, AMATITLAN, CABO SAN LUCAS		 <p>ANCLAR SIEMPRE SOMBREADO VENTILACION CONTINUA</p>  <p>$D: 3 \text{ a } 4 H$ $E \geq L$ $G: 3.5 \text{ a } 4 A$</p>
TEMPERADO SUB HUMEDO (SEMI FRIO)	TOLUCA, TAMPICO, APIZACO		 <p>ANCLAR SIEMPRE DESPEJADO.</p> <p>$K: 25^\circ \text{ a } 30^\circ$</p>  <p>EDIFICIOS DISPERSOS PROCURANDO ASOLEAMIENTO Y PROTECCION DEL VENTO.</p> <p>$D: 2.5 \text{ a } 3 H$ $E: \text{VARIABLE, OPTIMO } E=L$</p>

CLIMA	LOCALIDAD	CONDICIONANTES DE PROYECTO URBANO	
		ORIENTACION OPTIMA	ESPECIFICACION ENTRE EDIFICIOS, ACCESOS VENTILACIONES, Y ACCOMPANIAMIENTOS.
CÁLIDO SUBHUMEDO	BOGOTÁ, TUNJA, PUERTO RICA, TAMBUCANA, PTO. FALLONETI.	<p>LA FACHADA PRINCIPAL DEBE ORIENTARSE</p>	<p>ANÁLISIS SENCILLO SOBRE EL SOLEAMIENTO VENTILACION CONTINUA SEPARACION ENTRE EDIFICIOS PRODUCCION DE UNO DEL OTRO</p> <p>$D = 20 \text{ M}$ E-L $D = 1.25 \text{ A } 3 \text{ A}$</p> <p>SEPARACION ENTRE EDIFICIOS PRODUCCION DE UNO DEL OTRO</p>
SEMISECO Templado - SUBHUMEDO	A. F. BOGOTÁ, PUERTO RICO, TAMBUCANA, PTO. FALLONETI, PUERTO RICA, TAMBUCANA, PTO. FALLONETI.		<p>ANÁLISIS SENCILLO SOBRE EL SOLEAMIENTO SEMI-SOMBRADO</p> <p>$D = 1.75 \text{ H}$ $E = \text{VARIABLE, OPTIMA E-L}$</p>

- (1) Evitar asoleamiento vespertino en verano.
- (2) Evitar asoleamiento matutino en verano.
- (3) Indispensable asoleamiento vespertino en invierno.
- (4) Necesario asoleamiento matutino en invierno.
- (5) Aceptable asoleamiento vespertino en invierno.
- (6) Aceptable asoleamiento matutino en invierno.
- (7) Evitar asoleamiento vespertino en invierno.
- (8) Poco recomendable asoleamiento matutino en invierno.
- (9) Favorable el asoleamiento matutino en verano.
- (10) Favorable el asoleamiento vespertino en verano.

H= altura del edificio.

D= ancho de la zona de calma.

ZC= zona de calma.

D= Separación entre fachadas longitudinales de dos edificios.

E= Separación entre fachadas laterales de dos edificios.

L= Longitud del edificio.

A= Ancho del edificio.

VENTANAS Y ABERTURAS			UBICACION DE BARRICARRO, etc.	CLIMA
				MUY SECO EXTREMOSO
				MUY SECO MUY CALIDO
				SEMI SECO MUY CALIDO
				CALIDO SUBTROPICAL
				TEMPERADO MODO 1 (SEMI SECO)
				TEMPERADO MODO 2 (SEMI SECO)

PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES					CLIMA
					SEMI SECO EXTREMOSO
					SEMI SECO MUY CALIDO
					SEMI SECO MUY CALIDO
					CALIDO SUBTROPICAL
					TEMPERADO MODO 1 (SEMI SECO)
					TEMPERADO MODO 2 (SEMI SECO)

CONDICIONES DE PROYECTO DE EDIFICACION					CLIMA
COMPARACION	SOLUCION A FACILIDAD DE OBTENER LA INFORMACION	TIPO DE TECHOS	MEJOR MECANISMO DE SERVICIOS	ALTIMA DE PISO A TERCER	
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				MUY SECO MUY CALIENTE
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				MUY SECO MUY CALIENTE
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				SECO MUY CALIENTE
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				SECO MUY CALIENTE
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				SECO MUY CALIENTE
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				SECO MUY CALIENTE
	MEJOR EN TIPO DE INFORMACION				SECO MUY CALIENTE

CONDICIONES PROYECTILES EN ESTERIOR	DISPOSITIVOS DE PROTECCION Y GANANCIA SOLAR					CLIMA
	INTRO INTERIOR	TRANSLUCIDAS	ALEROS	BALCONES	PERCHENTADOS Y REPERCHENTADOS	
						SECO MUY CALIENTE
						SECO MUY CALIENTE
						SECO MUY CALIENTE
						SECO MUY CALIENTE
						SECO MUY CALIENTE
						SECO MUY CALIENTE
						SECO MUY CALIENTE

CLIMA	CONDICIONANTES DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO		DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y GANANCIA SOLAR		
	INDICACIONES GENERALES	INDICACIONES ESPECÍFICAS	VENTANAS	ALEROS	DEFENSIVAS
MUY SECO EXTREMADO	SSO	...	...	...	...
NNE	...	...	...	...	...
ESE	...	...	...	...	...
ONO	...	...	...	...	...

CLIMA	CONDICIONANTES DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO		DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y GANANCIA SOLAR		
	INDICACIONES GENERALES	INDICACIONES ESPECÍFICAS	VENTANAS	ALEROS	DEFENSIVAS
MUY SECO - MUY CALIDO	SSE	...	...	...	...
NNO	...	...	...	...	...
ESE	...	...	...	...	...
OSO	...	...	...	...	...

CLIMA	CONDICIONANTES DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO		DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y GANANCIA SOLAR		
	INDICACIONES GENERALES	INDICACIONES ESPECÍFICAS	VENTANAS	ALEROS	DEFENSIVAS
SEMISECO - MUY CALIDO	SSO	...	...	...	...
NNE	...	...	...	...	...
ESE	...	...	...	...	...
ONO	...	...	...	...	...

CLIMA	CONDICIONANTES DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO		DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y GANANCIA SOLAR		
	INDICACIONES GENERALES	INDICACIONES ESPECÍFICAS	VENTANAS	ALEROS	DEFENSIVAS
TEMPERADO - SUBHUMIDO (SEMPRE)	SSO	...	...	...	...
NNE	...	...	...	...	...
ESE	...	...	...	...	...
ONO	...	...	...	...	...

CLIMA	CONDICIONANTES DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO		DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y GANANCIA SOLAR		
	INDICACIONES GENERALES	INDICACIONES ESPECÍFICAS	VENTANAS	ALEROS	DEFENSIVAS
CALIDO - SUBHUMIDO	SSO	...	...	...	...
NNE	...	...	...	...	...
ESE	...	...	...	...	...
OSO	...	...	...	...	...

CLIMA	CONDICIONANTES DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO		DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y GANANCIA SOLAR		
	INDICACIONES GENERALES	INDICACIONES ESPECÍFICAS	VENTANAS	ALEROS	DEFENSIVAS
SEMISECO TEMPORAL SUBHUMIDO	SSO	...	...	...	...
NNE	...	...	...	...	...
ESE	...	...	...	...	...
OSO	...	...	...	...	...

CLIMA	M A T E R I A L E S				
	M U R O S D E F A C H A D A				
	MATERIAL BASE	ACABADO INTERNA	ACABADO EXTERIOR	COLOR	TEXTURA
MUY SECO EXTRAEMOSO	TABIQUE <small>MURO DOBLE DE TABIQUE CON 5 CM. DE SEPARACION O BLOCK HUECO.</small>	APARENTE o APLANADO AISLANTE TERMICO	APLANADO	OSCURO MUY CLARO CLARO MUY CLARO	LISO RUGOSO LISO RUGOSO
MUY SECO MUY CALIDO	BLOCK o TABIQUE <small>MURO DOBLE DE TABIQUE CON 5 CM. DE SEPARACION o BLOCK HUECO</small>	APARENTE o APLANADO AISLANTE TERMICO	APLANADO	MUY CLARO	RUGOSO
SEMISECO MUY CALIDO	BLOCK <small>MURO DOBLE DE TABIQUE CON 5 CM. DE SEPARA- CION o BLOCK HUECO</small>	APARENTE o APLANADO AISLANTE TERMICO	APLANADO	MUY CLARO	RUGOSO
TEMPERADO SUBHUMEDO (SEMIFRIG)	BLOCK <small>MURO DOBLE DE TABIQUE CON 5 CM. DE SEPARA- CION o BLOCK HUECO</small>	AISLANTE TERMICO APARENTE o APLANADO AISLANTE TERMICO	APLANADO	MUY CLARO	RUGOSO
CALIDO SUBHUMEDO	BLOCK <small>MURO DOBLE DE TABIQUE CON 5 CM. DE SEPARA- CION o BLOCK HUECO</small>	AISLANTE TERMICO	APLANADO	MUY CLARO CLARO MUY CLARO	RUGOSO
SEMISECO TEMPERADO TEMPERADO SUB HUMEDO	BLOCK BLOCK o TABIQUE BLOCK BLOCK	APARENTE o APLANADO	APLANADO	OSCURO MUY CLARO CLARO CLARO o INTERMEDIO	LISO RUGOSO

CLIMA	P A R T E D E I M P L E M E N T O S												
	MUROS Y FRONTERAS		PISOS Y PISOS		TEJAMINOS		PISATAS		VENTILACION	ALTURA MÍNIMA	CONDICIONES AMBIENTALES		
	MATERIALES	ACABADO	MATERIALES	ACABADO	MATERIALES	ACABADO	EXTERIOR	INTERIOR					
MUY SECO ESTRECHO	TABIQUE DE BARRO RECOCIDO o TABICÓN		LOSA DE CONCRETO DE 10 CM.	CEMENTO FALUDO o MESAICO	LOSA DE CONCRETO DE 10 CAL.		LOSA DE YESO o MUESTA Y BOMBILLA	ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	LAJUNA DE YESO GALVANIZADO Y PINTURA MULTIPINTEL	MADERA (TANBORA, TRAMPAS DE PINO)	CRUZADA POR VENTANAS	2.30 m	COOLING, AIRE RECONDICIONADO, CALEFACCION
MUY SECO MUY CALIDO	BLOQUE DE CEMENTO o TABLARDCA		LOSA DE CONCRETO DE 10 CM. o MUESTA Y BOMBILLA	CEMENTO FALUDO o MESAICO	LOSA DE CONCRETO DE 10 CAL. o MUESTA Y BOMBILLA		ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	LAJUNA DE YESO GALVANIZADO Y PINTURA MULTIPINTEL	MADERA (TANBORA, TRAMPAS DE PINO)	CRUZADA POR PUERTAS Y VENTANAS	2.30 a 2.40 m	AIRE RECONDICIONADO
TEMPERADO SUAVEMENTE (SEMIFUJO)	BLOQUE TABIQUE o TABICÓN		LOSA DE CONCRETO DE 10 CM.	LOSETA VINILICA	LOSA DE CONCRETO DE 10 CAL.		ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	LAJUNA DE YESO GALVANIZADO Y PINTURA MULTIPINTEL	MADERA (TANBORA, TRAMPAS DE PINO)	CRUZADA POR VENTANAS		CALEFACCION
CALIDO SUAVEMENTE	BLOQUE DE CEMENTO o TABLARDCA		LOSA DE CONCRETO DE 10 CM. o MUESTA Y BOMBILLA	CEMENTO FALUDO o MESAICO	LOSA DE CONCRETO DE 10 CAL. o MUESTA Y BOMBILLA		ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	LAJUNA DE YESO GALVANIZADO Y PINTURA MULTIPINTEL	MADERA (TANBORA, TRAMPAS DE PINO)	CRUZADA POR PUERTAS Y VENTANAS	2.30 m	AIRE RECONDICIONADO
SEMISECO TEMPLADO TEMPLEADO SUAVEMENTE	BLOQUE TABIQUE o TABICÓN		LOSA DE CONCRETO DE 10 CM.	LOSETA VINILICA	LOSA DE CONCRETO DE 10 CAL.		ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	ALUMBRADO DE PINTURA REFLEJANTE	LAJUNA DE YESO GALVANIZADO Y PINTURA MULTIPINTEL	MADERA (TANBORA, TRAMPAS DE PINO)	CRUZADA POR PUERTAS Y VENTANAS		NO SE REQUIERE

APRESENTACION DE PLANO

COSTO ENERGETICO DE PRODUCCION DE MATERIALES (en Kwh/Kg)		
COSTO	MATERIAL	ENERGIA
B A J O 1	ARENA, GRAVA	0.01
	MAJERA	0.10
	CONCRETO	0.20
	TABIQUE DE ARENA	0.40
	CONCRETO ALIGERADO	0.50
M E D I A N O 1 - 10	TAJLERO DE YESO	1.00
	LADRILLO	1.20
	CEMENTO	2.20
	LANA MINERAL	3.00
	VIDRIO	5.00
	PLASTICOE	10.00
E L E V A D O > 10	ACERO	10.00
	PLOMO	14.00
	ZINC	15.00
	COPPE	18.00
	ALUMINIO	56.00

TABLA 5.1.

Costo energético de producción de materiales de construcción.

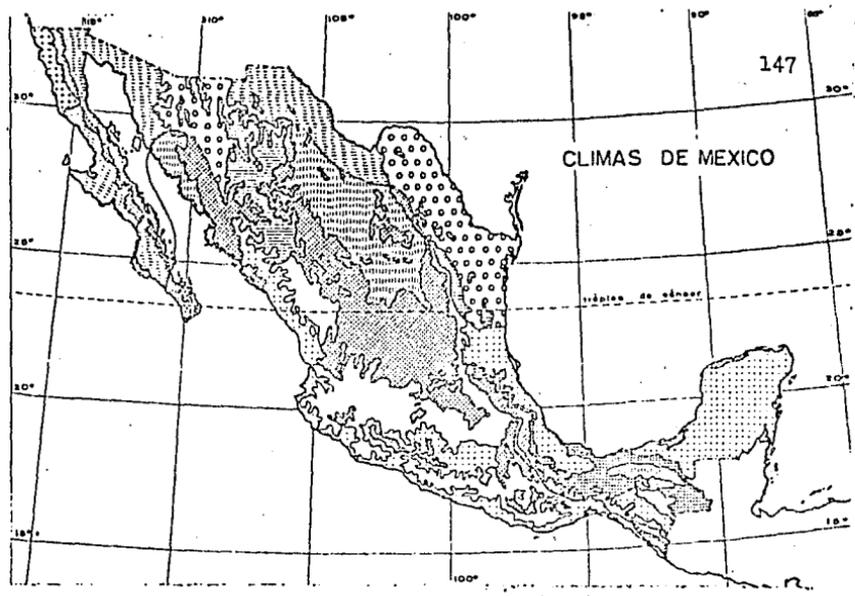


Fig. 51.- Carta climática de México según la clasificación de Koppen.

- | | | |
|---|------|---|
|  | Af | Cálido húmedo con lluvias todo el año. |
|  | Am | Cálido húmedo con lluvias en verano. |
|  | Aw | Cálido subhúmedo con lluvias en verano. |
| | | |
|  | Cf | Templado húmedo con lluvias todo el año. |
|  | Cw | Templado subhúmedo con lluvias en verano. |
|  | Cx' | Templado subhúmedo con lluvias todo el año. |
|  | Cs | Templado húmedo con lluvias en invierno, clima mediterráneo. |
| | | |
|  | Bsw | Semiseco o estepario con lluvias en verano. |
|  | BSk | Semidesértico o semiárido con lluvias poco abundantes en todas las estaciones. |
|  | BSi | Semiseco o estepario con lluvias en invierno. |
|  | BSh | Desértico o muy árido con lluvias en verano. |
|  | BSk' | Desértico o muy árido con lluvias poco abundantes que pueden presentarse en cualquier estación. |
|  | BSi' | Desértico con lluvias en invierno. |

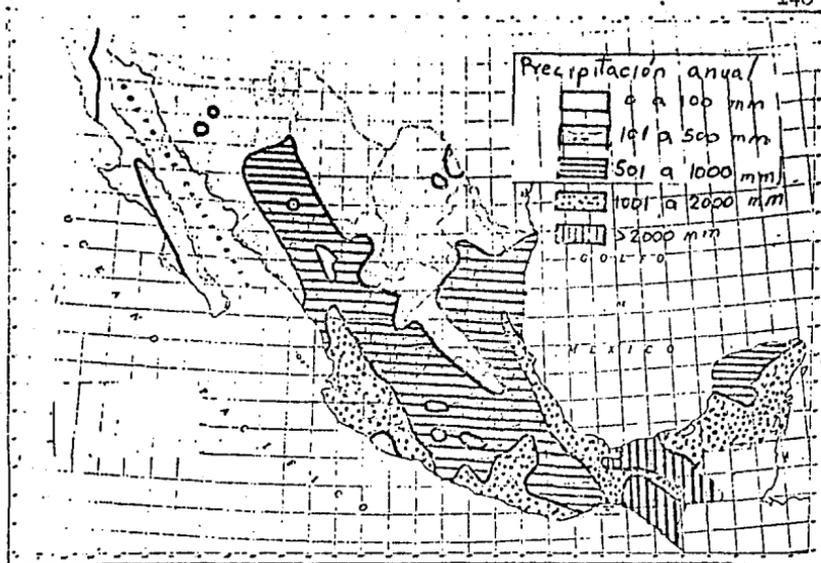


Fig. 5.2.- Carta pluviométrica anual.

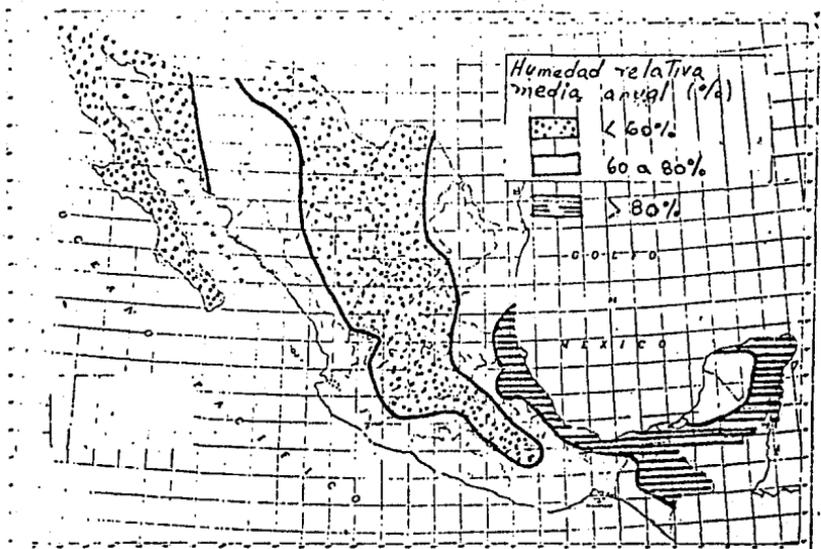


Fig. 5.3.- Carta de humedad relativa media anual.

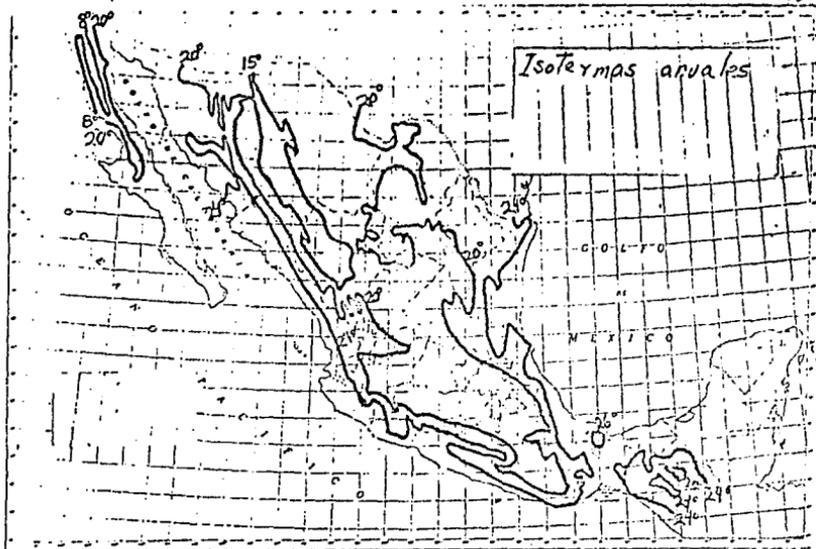


Fig. 5.4.- Carta de isotermas anuales.

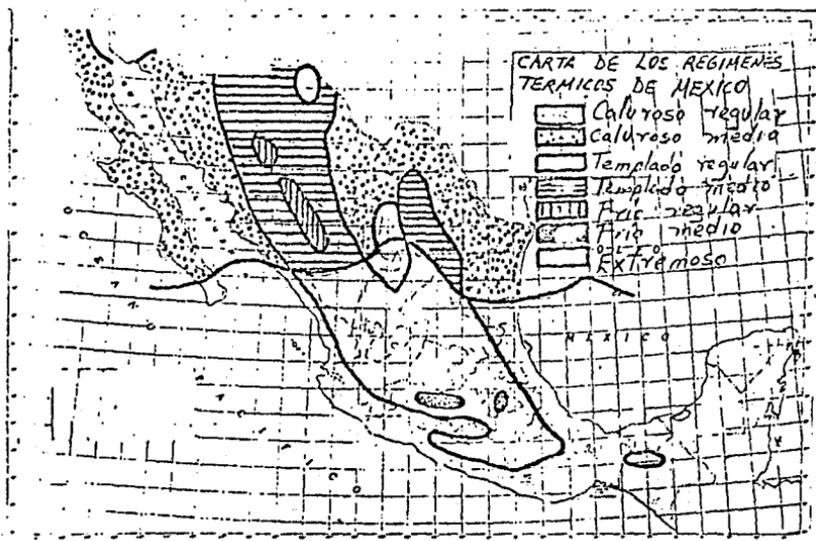


Fig. 5.5.- Carta de regimenes térmicos.

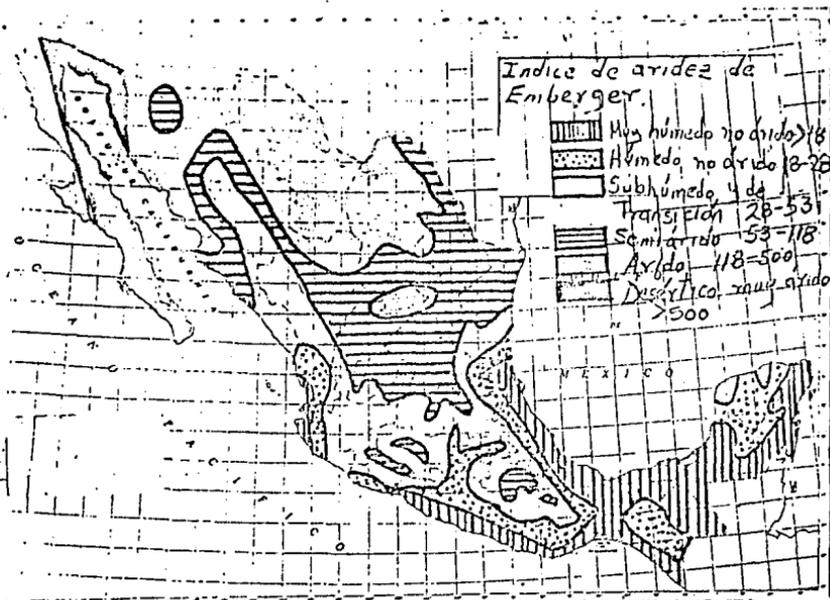


Fig. 5.6.- Delimitación de las zonas climáticas de acuerdo al índice de aridez de Emberger.

El índice de aridez se obtiene de la siguiente ecuación semiempírica propuesta por Emberger:

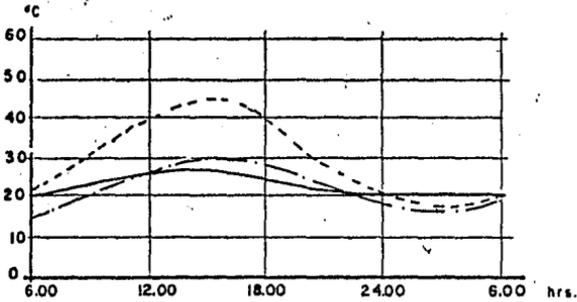
$$IA = \frac{(M+n) (M-n) (m+45^{\circ}C.)}{p}$$

IA= Índice de aridez

M= Temperatura máxima promedio del mes más caluroso en $^{\circ}C$.

m= Temperatura mínima promedio del mes más frío en $^{\circ}C$.

p= Precipitación pluvial media anual en mm.



----- TEMP. EXTERIOR DE LA ESTRUCTURA
 - . - . - . TEMP. AMBIENTE EXTERIOR
 _____ TEMP. AMBIENTE INTERIOR



FIG. 5.7.

Variación de la temperatura en una casa de clima cálido-húmedo.

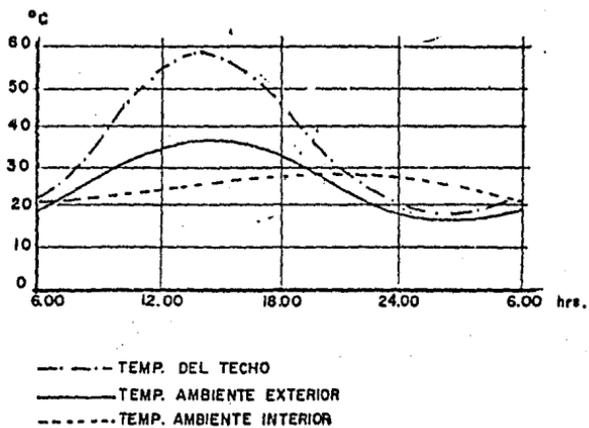


FIG. 5.8.

Variación de la temperatura en una casa de clima cálido-seco.

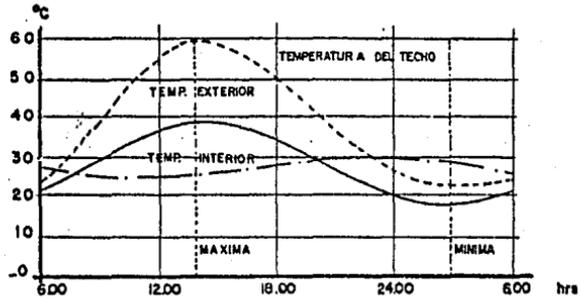


FIG. 5.9.

Variación de la temperatura en una casa de adobe.

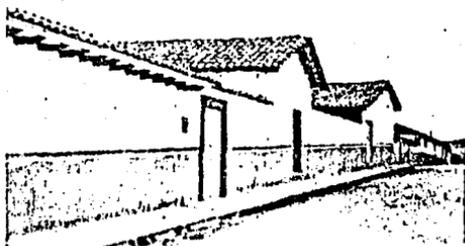
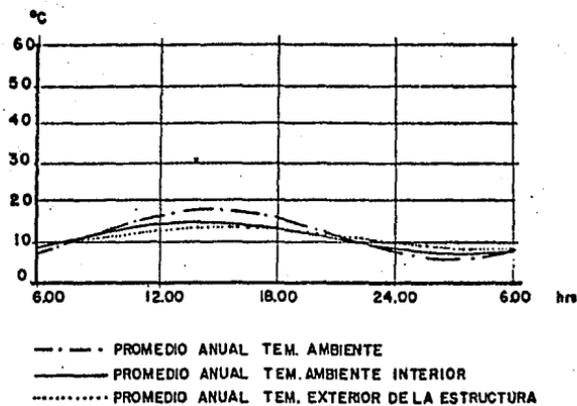


FIG. 5.10

Variación de la temperatura en una casa de clima templado.

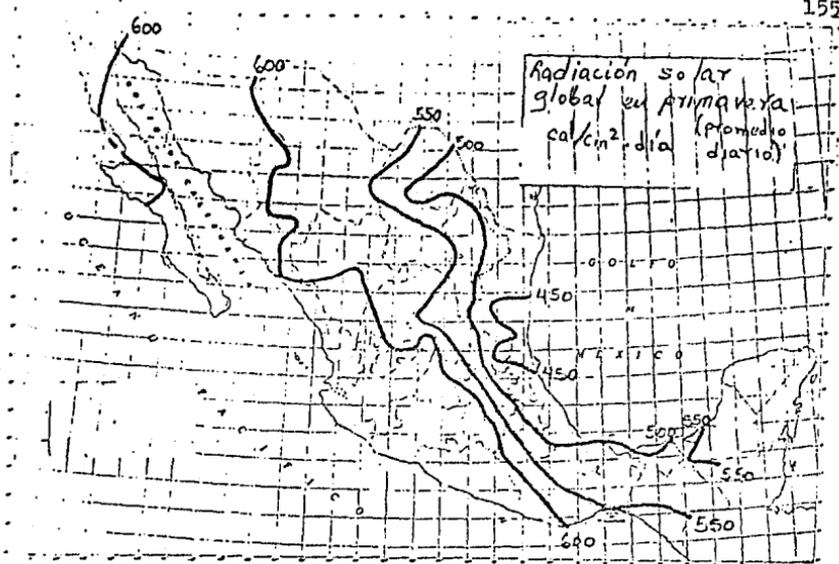


Fig. 5.11

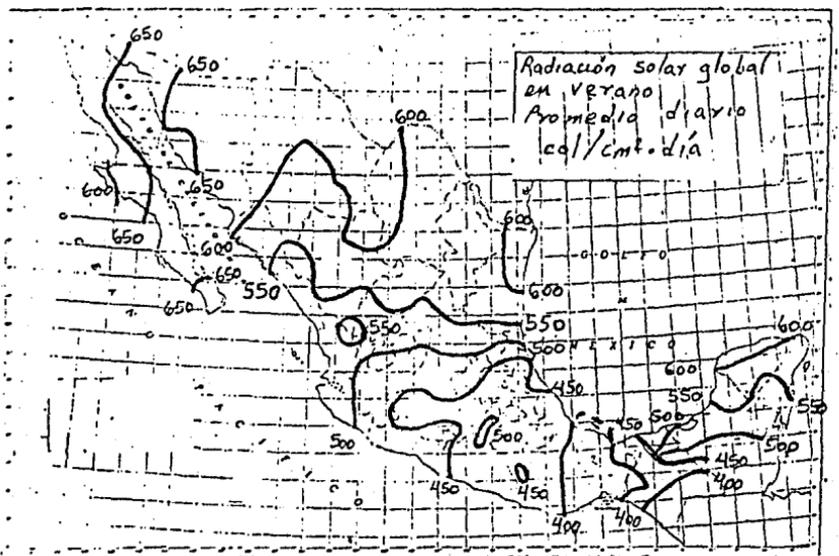


Fig. 5.12

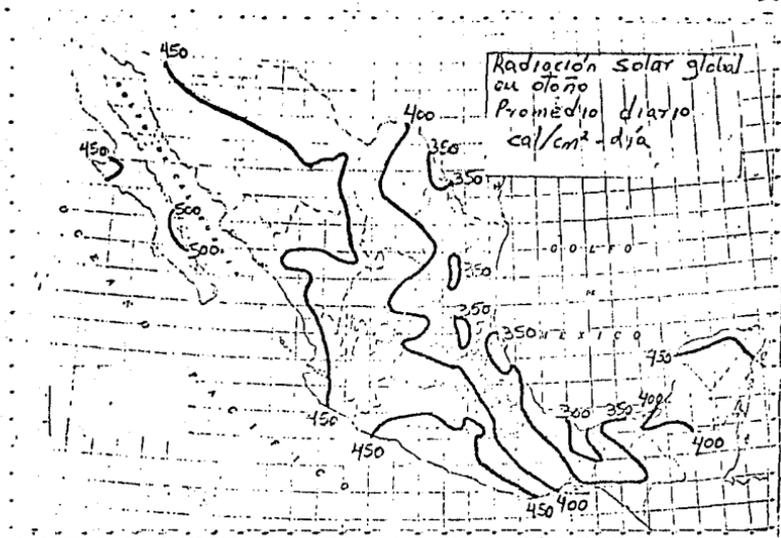


Fig. 5.13

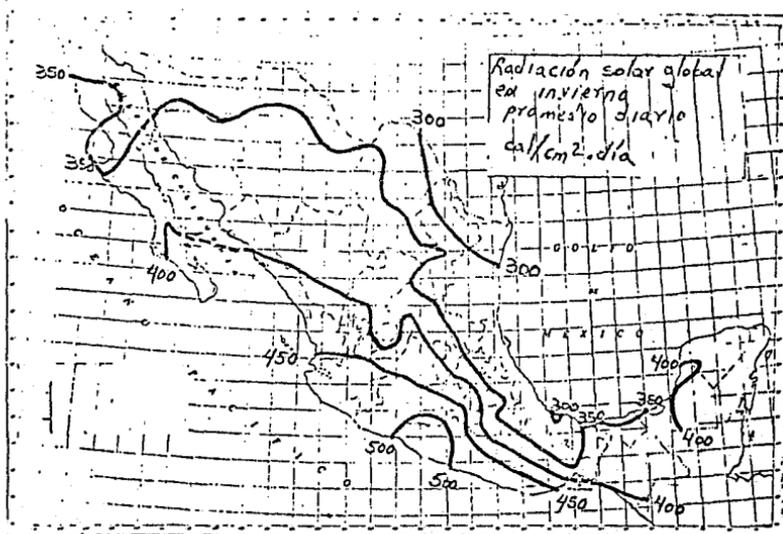


Fig. 5.14

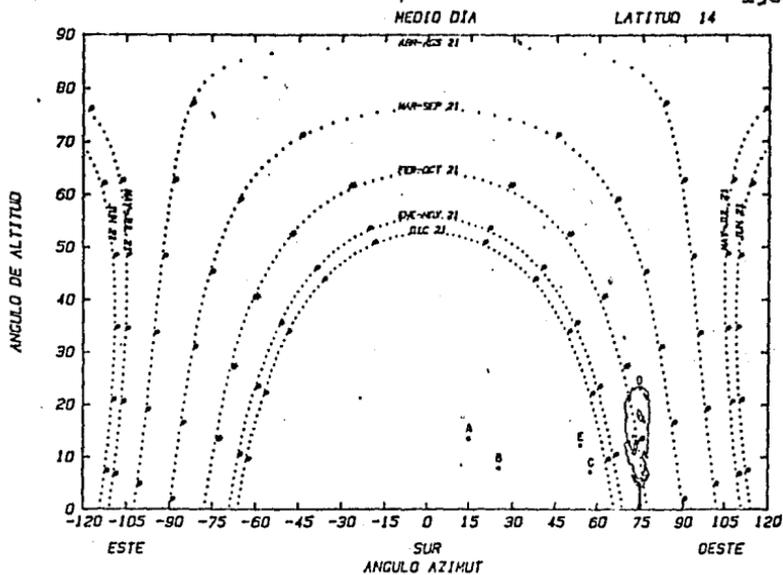


Fig. 5.17

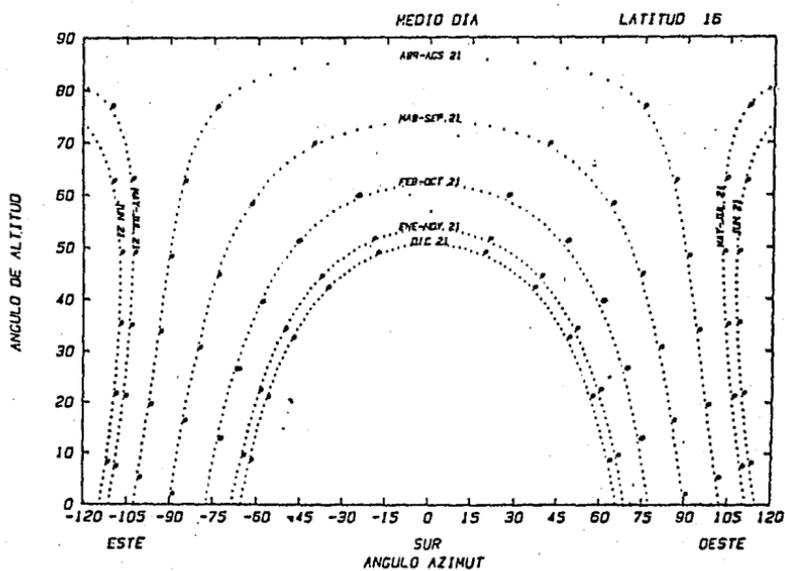


Fig. 5.18

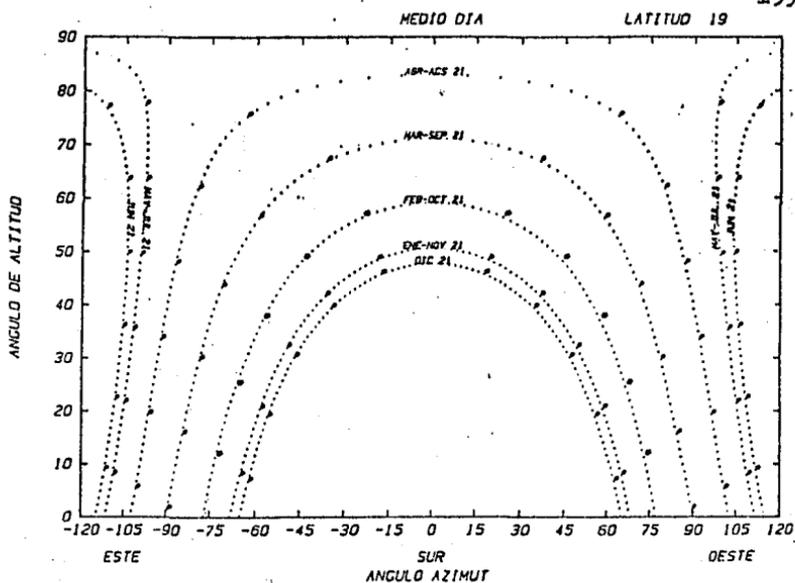


Fig. 5.19

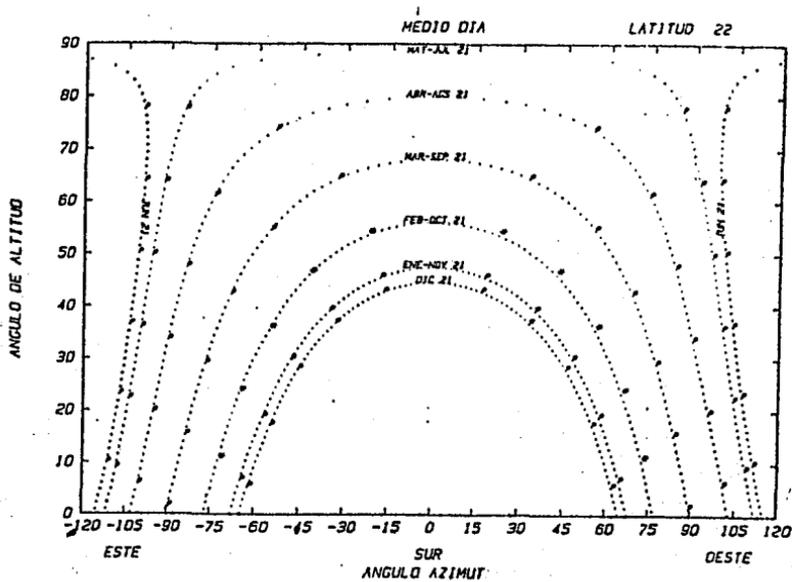


Fig. 5.20

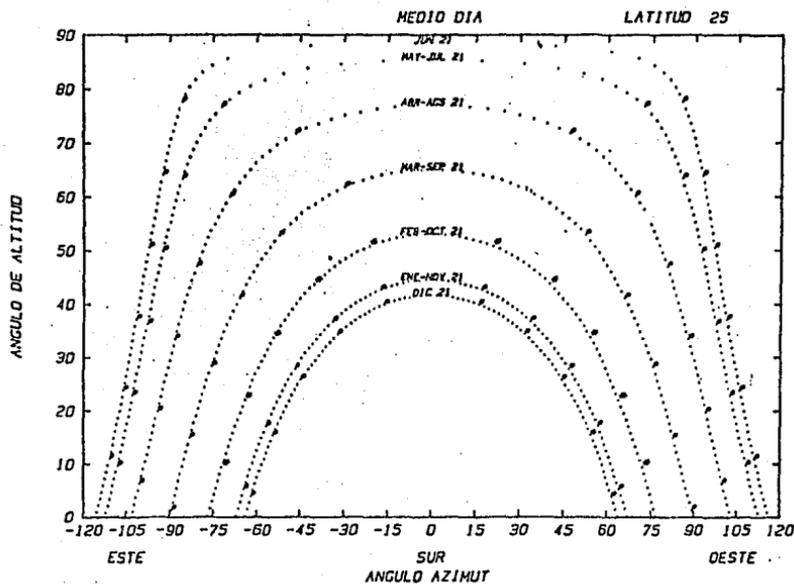


Fig. 5.21

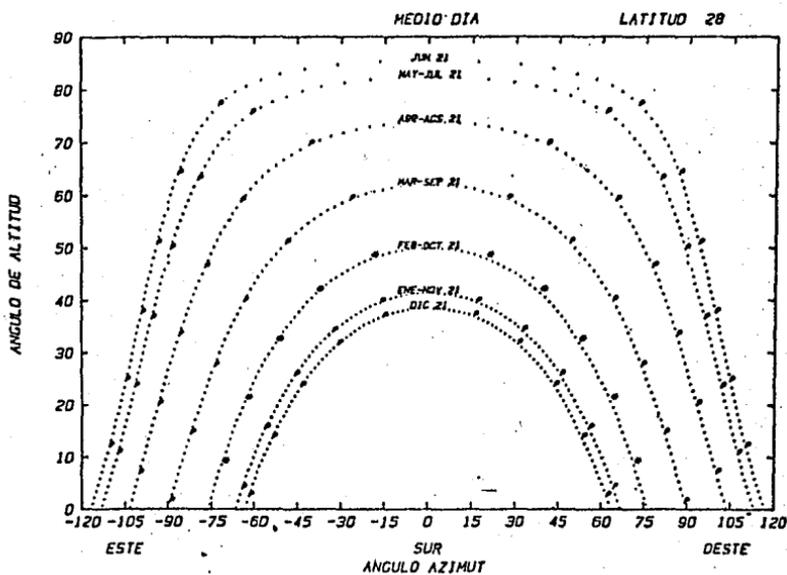


Fig. 5.22

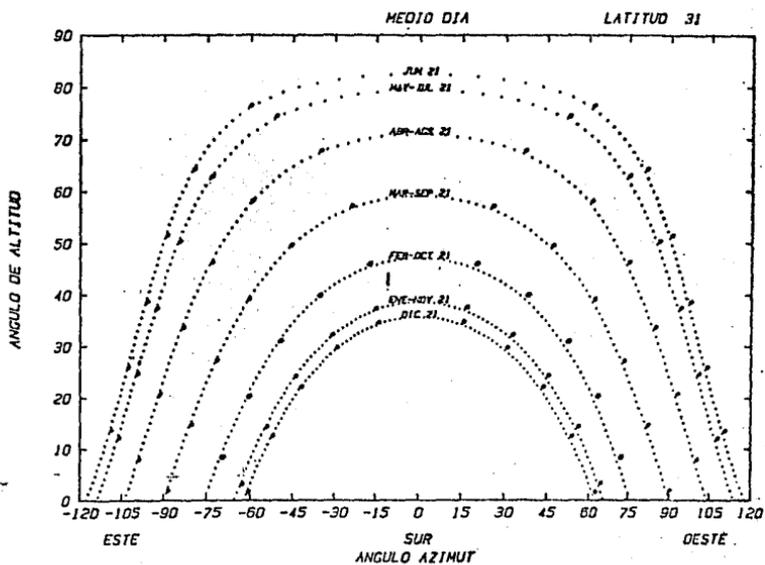


Fig. 5.23

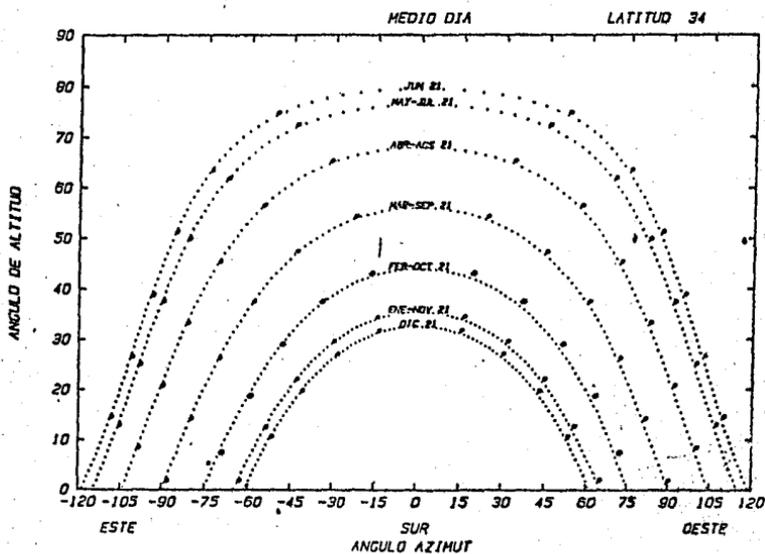


Fig. 5.24

CONCLUSIONES.

Los sistemas de energía solar pasiva tienen una serie de características que han atraído la atención mundial.

Entre los principales atributos de emplear sistemas solares están los siguientes:

- Uso mínimo o nulo de energía proveniente de combustibles fósiles utilizando sistemas pasivos, al depender estos de mecanismos naturales de convección, radiación y evaporación.

- Operación simple y confiable ya que los sistemas pasivos usualmente son constituidos como parte integral de la estructura utilizando materiales de construcción ordinarios como son, ladrillos, tabiques, concreto, vidrio, aluminio, etc.

Bajo costo y usos múltiples, al ser estas características combinadas, ya que mientras más útil puede ser un objeto, el costo se reduce.

- Las experiencias que se han tenido con estos sistemas es que operan satisfactoriamente en términos de ahorro de energía y confort climático cuando el sistema está bien diseñado.

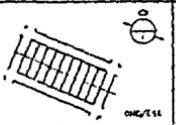
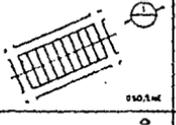
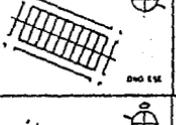
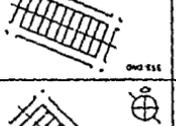
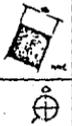
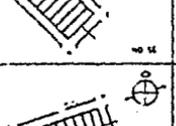
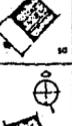
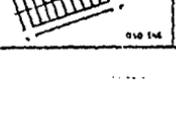
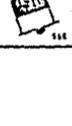
- Al diseñar una vivienda se debe tener en cuenta factores como la orientación, dispositivos de protección y ganancia solar, la ventilación por medios naturales, procedimientos de construcción y materiales a emplear, así como los acabados.

En las siguientes tablas se observan las recomendaciones pertinentes para el diseño bioclimático.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO COMPATIBLES CON EL CLIMA.

CLIMA	ORIENTACION OPTIMA DE LOS ESPACIOS	GANANCIA DE PROTECCION Y SOLAR			VENTILACION	PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES.		
		ALEROS	QUEBRASOLAS	FORMA DE TECHOS		MURD	COLORES Y TEXTURAS EN EXTERIORES	
CLIMA SECO	CON INVIERNO ACENTUADO	No incrementa el aislamiento en invierno y protección en verano. Se recomienda S.E. o N.W. 	NECESARIOS EN EL SUD. Se aconseja en los edificios de 3 o 4 pisos. 	NECESARIOS EN EL N.W. y E. recomendables al N. 	A DOS AGUAS. 	 INTERIOR O TIPO PASADIZO	EXTERIORES: MASIVOS CON AISLAMIENTO TERMICO INTERIORES: MASIVOS	FACHADA SUD. OSCURA Y LISA. FACHADA NOR. Y E. OSCURA Y LISA. MURD CLAROS Y RUGOSOS.
	CON INVIERNO TEMPLADO	Se requiere protección solar. Todo el año. Se recomienda S.E. o N.W. 	Indispensables en el N.W. y S. y recomendables en el S.W. y E. 	INDISPENSABLES EN LOS EDIFICIOS DE 3 O 4 PISOS. 	PLANO O INCLINADO AL S. 	 INTERIOR O TIPO PASADIZO	EXTERIORES: LIGEROS CON AISLAMIENTO TERMICO INTERIORES: MASIVOS	TODAS LAS FACHADAS MUY CLARAS Y RUGOSAS
CLIMA TEMPLADO	DE ALTITUD ELEVADA	Se requiere aislamiento térmico. Todo el año. Se recomienda S.W. o N.E. 	N.O. o S.W. RECOMENDABLES 	N.O. o S.E. REQUIEREN 	A DOS AGUAS 	 CRUZADA	EXTERIORES: MASIVOS INTERIORES: MASIVOS	FACHADAS S.W. - N.E. OSCURAS Y LISAS. FACHADAS N.W. - S.E. CLARAS Y RUGOSAS
	DE ALTITUD MEDIANA	Se requiere aislamiento térmico. Todo el año. Se recomienda S.E. o N.W. 	Convenientes en el S.W. o S. 	NECESARIOS EN EL W. CONVENIENTES EN EL E. 	PLANO O INCLINADO AL S. 	 CRUZADA	EXTERIORES: MASIVOS INTERIORES: MASIVOS	FACHADA S.E. OSCURAS, LISAS. FACHADAS N.W. Y E. CLARAS, RUGOSAS
CLIMA HUMEDO	MUY HUMEDO	No requiere protección solar. Todo el año. N.W. 	NECESARIOS EN EL S. CONVENIENTES EN EL S.W. y N.W. REQUIEREN AL N. 	NECESARIOS EN EL S. y W. CONVENIENTES EN EL E. y N. 	A CUATRO AGUAS 	 CRUZADA POR CUATRO LADOS	EXTERIORES: LIGEROS CON AISLAMIENTO TERMICO INTERIORES: LIGEROS	TODAS LAS FACHADAS MUY CLARAS Y LISAS
	SUB-HUMEDO	Se requiere protección solar. Todo el año. N.E. 	NECESARIOS EN EL S. CONVENIENTES EN EL S.W. y W. REQUIEREN AL N. 	NECESARIOS EN EL S. y E. y W. RECOMENDABLES AL S. 	A CUATRO AGUAS 	 CRUZADA POR CUATRO LADOS	EXTERIORES: LIGEROS CON AISLAMIENTO TERMICO INTERIORES: LIGEROS	TODAS LAS FACHADAS MUY CLARAS Y LISAS

**CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO BIOCLIMATICO
VIVIENDA INFONAVIT**

LOCALIDAD <small>(SUN AREAS SUJETOS A VARIACIONES DE ORIENTACION)</small>	CONDICIONES DE PROYECTO URBANO				CLIMA
	FORMA DE LOTES, TRAZO Y ORIENTACION DE MANZANAS	MEJOR ORIENTACION PARA VIVIENDA	ACCESOS PEATONALES	COLINDANCIAS LATERALES	
CD JUAREZ, CHH SALTILO	 <small>090°/ESE</small>	 <small>110°</small>	<small>ANCHOS SOPORTE ADECUADO DE LOS PASOS PEATONALES</small> 	<small>MURO A MURO</small> 	MUY SECO EXTREMO
4 HERMOSILLO, SDH. • CD ORIPSON • CAHUELAS • MEXISSA • N LARGO • LOS MOCHES • MELICALI • MARIATE • SUBURBIO	 <small>010°/ENE</small>	 <small>110°</small>	<small>ANCHOS SOMBREADOS</small> 	<small>MURO A MURO</small> 	MUY SECO MUY CALIDO
6 CUILTACAN, SDR. • LB PAS • TEGUAYAN • AMATEPEQUE • CARO SAN LUCAS	 <small>010°/ESE</small>	 <small>110°</small>	<small>ANCHOS SOMBREADOS</small> 	<small>ESPACIAMIENTO PEQUEÑO</small> 	SEMISECO MUY CALIDO
8 VERACRUZ, VER. • POZA RICA • TOLUQUAN • TAPACHULA • PUERTO VALLARTA	 <small>010°/ESE</small>	 <small>110°</small>	<small>AVI</small> 	<small>SEPARADOS</small> 	CALIDO SUBRIQUEDO
8 TOLUCA, MEX • EL NECAL • APISCO	 <small>NO SE</small>	 <small>110°</small>	<small>AMPLIOS DE ESPACIOS</small> 	<small>SEPARADOS</small> 	SEMISECO TEMPLADO SUBRIQUEDO TEMPLADO MUY SECO SEMIFRIO
8 D.F. • GUADALUPE • DURANGO • FRESNILLO • MORELIA • SAN JUAN • PACHUCA • TOLUCA • PUEBLA • TAMPICO • TULSA • TLANTEYEMEC • TLANTEYEMEC • TLANTEYEMEC • TLANTEYEMEC	 <small>010°/ENE</small>	 <small>110°</small>	<small>AMPLIOS DE ESPACIOS</small> 	<small>SEPARADOS</small> 	SEMISECO TEMPLADO SUBRIQUEDO TEMPLADO SUBRIQUEDO

BIBLIOGRAFIA.

1. Havrella- " Fundamentos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire", 1era. edición McGraw- Hill, 1983.
2. PLEA 84 - " Proceedings of the international conference on passive and low energy echotechniques applied to housing", 3 tomos, México, Pergamon Press.
3. SAHOP- " El habitat y el sol", manual de arquitectura solar.
4. Holliday, Resnick- " Física", 2 tomos, CECSA, 2a. edición, México.
5. Kreith, Kreider- " Principles of solar engineering", Mc Graw - Hill, USA, 1978.
6. Inst. de Ingeniería UNAM- " Estanques solares", No. 476, Feb. 1984.
7. Inst. de Ingeniería UNAM- " Radiación solar global en la Rep. Mexicana mediante datos de insolación", No. 357, Oct. 1975.
8. Revista IMCYC, vol. 21, No. 146, Junio 1983.
9. Revista " El correo de la UNESCO", Junio 1978 y julio 1981.
10. Revista " Información científica y tecnológica", julio 1983, No. 82, vol. 5.
11. Life- " Energía", colección Life en español.
12. Dumon, Chrysostome- " Las bombas de calor", Ed. Toray - Masson 1981.