

2ej' 147



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**USOS DE LA RADIACION SOLAR EN LA
EDIFICACION**

TRABAJO ESCRITO

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

EDMUNDO ROJAS HERNANDEZ

Director del Trabajo Escrito

ING. JOSE IGNACIO RUIZ BARRA



México, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

	Pág.
1. INTRODUCCION	5
2. CONCEPTO DE LA ENERGIA	6
2.1 Unidades de medida de la energía y equivalencias . .	6
2.2 Fuentes de energía no renovables	10
2.3 Fuentes de energía renovables.	11
3. USOS DE LA ENERGIA SOLAR	12
4. LA ENERGIA SOLAR	17
5. COLECTORES SOLARES	26
5.1 Colector plano	32
5.2 Colector Cilindro-parabólico	37
5.3 Colector parabólico de revolución.	38
6. CALEFACCION EN LA EDIFICACION POR RADIACION SOLAR. . . .	42
6.1 Sistemas pasivos	44
6.2 Sistemas de fluidos térmicos (agua o aire)	46
6.3 Sistemas con empleo de bombas de calor	62
7. REFRIGERACION DE LA EDIFICACION POR RADIACION SOLAR. . .	64
8. AISLAMIENTO TERMICO.	70
8.1 Materiales para el aislamiento térmico en la constru- ción	79
8.1.1 Corcho y sus derivados	79
8.1.2 Fibra de vidrio.	80
8.1.3 Lana mineral	84

8.1.4 Hormigón celular	84
8.1.5 Escorias de altos hornos	85
8.1.6 Vermiculita	86
8.1.7 A mianto rociado	87
8.1.8 Arcilla expandida	87
8.1.9 Placas de vidrio celular	88
8.1.10 Placas de yeso y cartón (tablaroca)	88
8.1.11 Placas de madera impregnadas	89
8.1.12 Papel ondulado	89
8.1.13 Fibras de coco	90
8.1.14 Placas con alma de poliuretano.	91
8.1.15 Plásticos	91
9. CONCLUSIONES	97
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	99
BIBLIOGRAFIA	101

I N T R O D U C C I O N .

El hombre es un ser que conscientemente emplea las fuentes de energía natural en provecho propio, una de estas fuentes es la radiación solar.

Actualmente se está buscando emplear esta fuente de energía dada por la naturaleza, por medio de un impulso primario guiado por la experiencia y la observación, pero al no lograr una respuesta definitiva, se ha empezado a efectuar una aplicación de principios de la ciencia y así encontrar una técnica para lograr que la solución tenga como características la eficiencia y la economía en su utilización de este recurso energético inagotable y no contaminante.

Es el instante del nacimiento de nuevas formas de utilización de la radiación solar al dominarlo por el impulso de la voluntad del hombre.

En este trabajo escrito se ha incluido información de algunos materiales para aislamientos térmicos usados en la construcción, aunque algunos de estos no existen en el mercado Nacional

En la actualidad las técnicas para captar calor por medio de la radiación solar no cubre todas las necesidades del hombre, es por esto importante aplicar un buen aislamiento térmico, para no dejar escapar el calor captado o el producido por medios tradicionales de calefacción.

2. CONCEPTO DE ENERGIA.

La energía es uno de los conceptos claves de la ciencia, pero se ha ido adquiriendo gradualmente, aunque la serie de estados diferentes en que se encuentra, imposibilita poder hacer una definición breve.

Para el desarrollo de la humanidad, es necesario contar con: recursos humanos, los energéticos y las materias primas, la coordinación de estos tres factores determina el desarrollo tecnológico y el bienestar material, por tanto la energía es un factor esencial para el desarrollo tecnológico.

" La energía es esa capacidad de la materia que hace posible las transformaciones que se operan en la misma materia, la variación de energía libre de una sustancia ~~de~~ lugar a un trabajo que se mide en las mismas unidades de la energía. Se marca de esta manera una equivalencia entre energía y trabajo. Como la energía no se puede crear sino solo transformar, se debe partir de fuentes energéticas naturales y en ellas operar las debidas conversiones. La búsqueda de fuentes de energía naturales abundantes y si es posible inagotables como puede ser la energía solar " (1).

2.1 UNIDADES DE MEDIDA DE LA ENERGIA Y EQUIVALENCIAS.

La energía es el potencial para llevar a cabo una acción y se mide en idénticas unidades que la acción:

En el Sistema Internacional de Unidades, la unidad fundamental es el Joule y se deriva de 3 unidades básicas, las cuales -

son: longitud, masa y tiempo.

Longitud	m
Masa	kg
Tiempo	s
Velocidad	m/s (la longitud de movimiento en una unidad - de tiempo).
Aceleración	m/s ² (cambio de velocidad en una unidad de --- tiempo).
Momento	kg m/s (estado de un cuerpo, producto de su <u>ma</u> sa y su velocidad).
Fuerza	kg m/s ² (medida por su efecto: cambio de momen to por unidad de tiempo ó aceleración dada a - la unidad de masa esta unidad es conocida como Newton (N)).
Trabajo, energía	kg m ² /s ² = J (medida como producto de una fuer- za por la distancia que recorre su punto de -- aplicación N X n. Esta unidad es conocida como Joule (J)).
1 Joule = 1 Newton-metro.	
Potencia	kg m ² /s ³ = W (medida como el régimen al cual - se realiza un trabajo ó el régimen del flujo- de energía o J/s conocido como Watt).
1 Wh = 3600 J (cuando un régimen de flujo de energía de 1 W se- mantiene durante una hora (3600 segundos) la cantidad de ener-- gía gastada es de 1 Wh).	

A pesar de que la unidad oficial (Sistema Internacional de - Unidades) para energía ó trabajo es el Joule, se adapta el Watt -hora (Wh) como unidad más práctica.

Su múltiplo, el KWh, se usa generalmente como " unidad " para - la electricidad.

Energía ó Trabajo.

$$1 \text{ J} = 0.000278 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ KJ} = 0.278 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ erg} = 0.278 \times 10^{-10} \text{ Wh}$$

$$1 \text{ ft lbf} = 0.000377 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ cal} = 0.001163 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ m kgf} = 0.002726 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ B t u} = 0.293 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ kcal} = 1.163 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ hp h} = 0.746 \text{ kWh}$$

$$1 \text{ termia} = 29.33 \text{ kWh}$$

Potencia o régimen de flujo de energía.

$$1 \text{ erg/s} = 0.000 \text{ 000 } 1 \text{ W}$$

$$1 \text{ B t u/h} = 0.293 \text{ W}$$

$$1 \text{ kcal/h} = 1.163 \text{ W}$$

$$1 \text{ ft lbf/s} = 1.355 \text{ 82 W}$$

$$1 \text{ cal/s} = 4.1868 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp (métrico)} = 735 \text{ W}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$$

$$1 \text{ termia/h} = 29 \text{ 307 W}$$

· FACTORES DE CONVERSION.

Longitud

$$1'' \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 30.4 \text{ cm}$$

$$1 \text{ m} = 39.37 \text{ in}$$

$$1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft}$$

Superficie

$$1 \text{ in}^2 = 6.54 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ ft}^2 = 929 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.764 \text{ ft}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 1.196 \text{ yd}^2$$

Volumen

$$1 \text{ in}^3 = 16.39 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 0.0283 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.314 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1.308 \text{ yd}^3$$

Densidad

$$1 \text{ lb/ft}^3 = 0.01602 \text{ kg/dm}^3$$

$$1 \text{ kg/dm}^3 = 62.43 \text{ lb/ft}^3$$

Velocidad

$$1 \text{ ft/s} = 0.3048 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ m/s} = 3.281 \text{ ft/s}$$

Temperatura

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 \text{ }^{\circ}\text{C} + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$$

Potencia calorífica

$$1 \text{ Btu} = 0.252 \text{ kcal}$$

$$1 \text{ kcal} = 3.968 \text{ Btu}$$

Conductividad térmica

$$1 \text{ Btu ft/h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F} = 1.485 \text{ Kcal m/h m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ Kcal m/h m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0.672 \text{ Btu ft/h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Coefficiente de transmisión total

del calor K

$$1 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F} = 4.882 \text{ Kcal/h m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0.205 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Otras unidades y sus equivalencias.

Kilojoule (KJ) = 10^3 Joules

Megajoule (MJ) = 10^6 Joules

Gigajoule (GJ) = 10^9 Joules

Terajoule (TJ) = 10^{12} Joules

Electrón-volt (ev) = 1.6×10^{-19} Joules

Caloría (cal) = 4.1868 Joules

Kilocaloría (K cal) = 4.1868×10^3 Joules

Watthora (Wh) = 3.6×10^6 Joules

Megawatthora (MWh) = 3.6×10^9 Joules = 10^6 Wh

Gigawatthora (GWh) = 3.6×10^{12} Joules = 10^9 Wh

Terawatthora (TWh) = 3.6×10^{15} Joules = 10^{12} Wh

Tonelada métrica equivalente de carbón (Tm e.c.)

1 Tm e.c. = 8000 KWh (Naciones Unidas)

1 Tm e.c. = 6.88×10^6 Kcal = 28.8 GJ = 0.0288 TJ

1 MT e.p. (millones de toneladas equivalentes de petróleo) =
 10^{13} Kcal.

1 B T U (British Thermal Unit) = 0.252 Kcal

2.2 FUENTES DE ENERGIA NO RENOVABLES.

Los recursos energéticos no renovables se encuentran en los combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural y esquistos y arenas bituminosas. Todos tienen como característica común -- una fuerte cantidad de carbono reducido, sea en forma de compuestos de carbono.

Los combustibles fósiles tienen su origen en la energía so--

lar empleada en la fotosíntesis de las plantas hace muchos millones de años ,las plantas y organismos primitivos que fueron sepultadas en las profundidades de la tierra se transformaron en carbón, petróleo y gas, que al quemarlos ,estos liberan su energía almacenada, pero sólo una pequeña parte se convierte en trabajo útil y el resto se devuelve a la atmósfera en forma de calor, junto con los subproductos de la combustión y partículas sólidas.

Estos recursos naturales no renovables, el hombre los utiliza para la fabricación de productos industriales, plásticos y otros productos químicos y probablemente no debieran quemarse estos, hasta que hayan disponibles otras alternativas energéticas.

2.3 FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES.

Se denominan recursos energéticos renovables a las fuentes de energía que practicamente se pueden presentar como inagotables y estos son:

La energía solar.

La energía geotérmica.

La energía eólica.

Los aprovechamientos hidráulicos.

Biomasa (energía de las plantas y desperdicios agrícolas y animales).

La energía de las mareas.

La energía de las olas.

La energía de las diferencias de temperatura del océano.

Los combustibles sintéticos (petróleo sacado del esquisto y de las arenas bituminosas).

La energía nuclear.

Con excepción de los aprovechamientos hidráulicos, todos los demás recursos están poco desarrollados, por fortuna para el -- hombre, la energía total generada actualmente por todos los recursos renovables representa escasamente el 4% de la energía total que se consume en el mundo.

Los combustibles fósiles absorben el 96% de las necesidades energéticas del mundo, por haber encontrado facilidad y economía en la aplicación para su comodidad y desarrollo, pero ante la creciente demanda de energía, se está obligando al hombre a la investigación de otras fuentes potenciales de energía que -- permitan reciclajes de recuperación o que se presenten como los más abundantes y prácticamente inagotables.

En este trabajo nos concretaremos al uso de la energía solar para la calefacción y refrigeración de las edificaciones.

3.- USOS DE LA ENERGIA SOLAR.

Al aparecer el hombre sobre la tierra, empezó a utilizar lo que fue descubriendo de la naturaleza, con sus materiales, sus energías de todo tipo y sus leyes, e impulsado por la necesidad y el deseo de progresar, ideó e inventó procedimientos e instrumentos que podían ayudarle, produciendo objetos y transformando la energía para su comodidad intentando siempre la maxima eficacia

cia, o sea buscando una técnica, que le proporciona satisfacción a la conquista y a través de la técnica tendrá dominio sobre la naturaleza y al mismo tiempo podrá descubrir nuevos modos de contacto con ella.

Ortega y Gasset, pensador español, en su meditación sobre la técnica dice que "La técnica se puede definir como la reforma que el hombre impone a la naturaleza con vistas a la satisfacción de sus necesidades".

La técnica y la ciencia son dos actividades humanas estrechamente ligadas. En términos generales se podría decir que la ciencia está orientada hacia la inteligencia del mundo y la técnica hacia el poder sobre el mundo.

La ciencia moderna es la que ha orientado la técnica hacia objetivos más prácticos y ha creado el poder sin precedentes que el hombre tiene ahora en el dominio de la producción y del desarrollo tecnológico.

La técnica, por su parte, hace que la ciencia encauce las concepciones científicas en la realidad concreta.

El hombre conoce cada vez más la naturaleza, su composición, sus materiales, su historia, sus mecanismos, su forma de reaccionar, sus formas de energía, o sea conoce sus leyes.

Es por esto que el hombre ha empezado a perfeccionar una técnica para el uso de la energía solar.

El estudio de los recursos energéticos y su acertado aprovechamiento es tan importante que constituye el problema fundamen

tal de la técnica y de todo el desarrollo tecnológico (2).

El sol es fuente de toda energía terrestre y la energía es el potencial para llevar a cabo un trabajo.

Esta energía es la única fuente lo suficientemente grande como para satisfacer la demanda del hombre, porque se pueden utilizar los techos de las viviendas, por ejemplo si actúa un techo como colector de energía puede suministrar electricidad para un telar o un torno, la cubierta de un granero puede suministrar electricidad a una bomba capaz de regar 10 hectáreas de tierra, la radio para los programas educativos y los receptores de televisión pueden funcionar con un dispositivo de fotoceldas del tamaño de un pizarrón.

Para el uso de sistemas de calefacción, los sistemas diseñados son de capacidades de almacenamiento de 3 a 6 m³ cantidad de agua caliente que es más que suficiente para calentar una casa unifamiliar durante 2 o 3 días.

El Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., mediante el empleo de medidas de insolación, obtuvieron una serie de 12 mapas mensuales y uno anual de radiación solar total, sobre una superficie horizontal de la República Mexicana trazando isolinias de radiación constante en intervalos de 50 Kungleyes por día.

(Ly/día = cal/cm² día).

De estos mapas se dedujo que aproximadamente un 70% del territorio recibe más de 400 Ly / día en el año, lo que significa que en México el uso de la energía solar representa una fuente-

importante de energéticos para el futuro.(3) fig.1

Se pueden identificar varios campos de aplicación de la energía solar, como los más prometedores desde los puntos de vista de la técnica actual, la economía y de la cantidad de energía-- producida son:

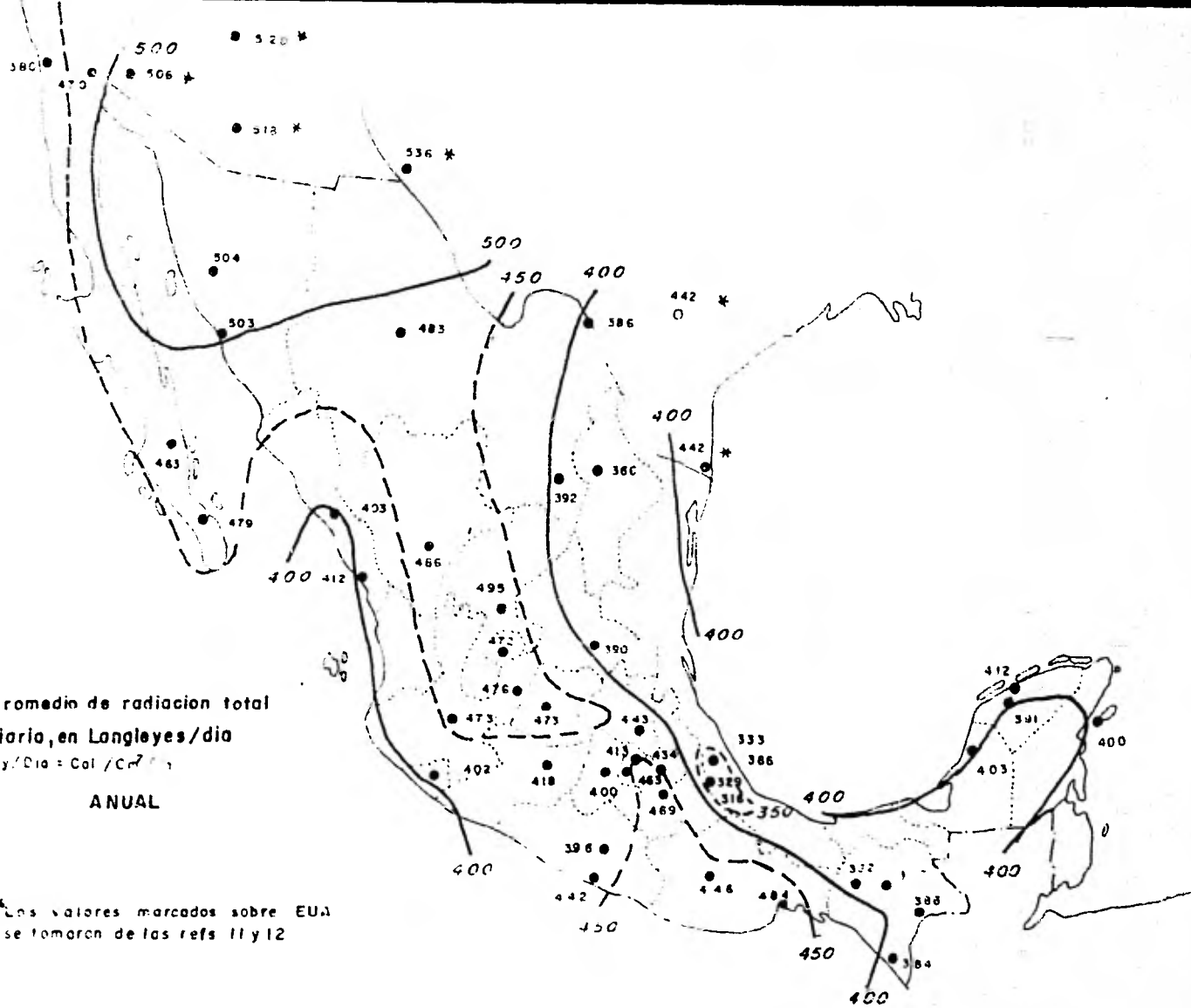
- 1.-Calefacción de edificios.
- 2.-Refrigeración de edificios.
- 3.-Calentamiento de agua domestica.
- 4.-~~Sesado~~ de granos.
- 5.-Cocina.
- 6.-Calentamiento de piscinas.
- 7.-Destilación de agua.
- 8.-Bombeo de agua.
- 9.-Generación de energía eléctrica.
- 10.-La conversión química y biológica de materia orgánica en combustibles, líquidos, sólidos y gaseosos.
- 11.-Hornos solares (aplicaciones industriales especiales y en la investigación).
- 12.-Desalinización del agua de los mares para la obtención de agua potable.

Promedio de radiación total
diario, en Langleyes/día

$1 \text{ y./Día} = \text{Cal} / \text{Cm}^2 \text{ } ^\circ$

ANUAL

FIG. 1 * Los valores marcados sobre EUA
se tomaron de las refs 11 y 12



4. ENERGIA SOLAR.

Nuestros antepasados tenían un concepto religioso del sol al que consideraban como el gran benefactor, fuente de toda vida.

La mitología nos muestra que hubo hombres que intentaron someter al sol para su beneficio.

Por ejemplo los indigenas de la polinesia hablan de un héroe llamado Maui que esperó al alba en el extremo oriental de la -- tierra armado de redes y cuerdas con idea de atrapar al sol naciente (4).

Para los griegos primitivos el sol era Apolo la más gloriosa de todas las divinidades, el protector de la medicina, la música, la poesía y todas las artes. Los antiguos Persas adoraban al sol considerandolo el poder más grande del universo y no estaban equivocados, ya que es el único recurso energético inagotable y no contaminante, que puede aprovecharse para cubrir las necesidades energéticas de la humanidad durante un tiempo indefinido.

La vida se genera en torno a la radiación solar que es captada en primer término por las hojas de las plantas verdes, por medio de la fotosíntesis y la realiza la clorofila.

La luz del sol permite a la clorofila, al tomar bióxido de carbono de la atmósfera y agua del suelo, la formación de carbohidratos que constituye la fuente de energía biológica de la -- planta o del animal que se alimenta de ella.

Durante millones de años la vegetación que cubría la superfi

cie terrestre estuvo captando energía solar y convirtiéndola en materia orgánica, parte de la cual quedó enterrada en las profundidades de la tierra y dio lugar a la formación de los yacimientos de carbón, petróleo y gas natural.

En las últimas décadas el hombre ha encontrado, una multitud de aplicaciones para esta sustancia orgánica y ha producido fibras textiles, plásticos, fertilizantes y toda la serie de productos de la industria petroquímica.

Desde que alguien prendió fuego a unas runas, liberando así la energía del sol, que el árbol había ido captando y almacenando durante años, desde entonces ha ido creciendo la fascinación por liberar cantidades de energía, concentradas cada vez mayores principalmente de los combustibles fósiles como son el carbón y el petróleo.

Al quemar estos en grandes cantidades para suministrar energía y calor, así cubre las necesidades del hombre, porque ha sido la más barata y adecuada en muchos casos, pero en decenios las reservas mundiales de gas natural se agotarán, se acabará el petróleo y en un siglo o dos también se quedará el mundo sin carbón.

Por fortuna el hombre se ha dado cuenta de este rápido agotamiento de los recursos fósiles que no son renovables y la preocupación pública, respecto a la seguridad de los reactores nucleares, ha hecho surgir, interés por el aprovechamiento de la energía solar y ha emprendido la tarea de desarrollar una tec -

nología para la utilización económica en todas sus formas: fotovoltaicas, termica solar directa, combustibles renovables - termo-oceánicas y eólica, y así podremos conservar nuestros recursos fósiles para las generaciones futuras.

Las aplicaciones más inmediatas y a gran escala serían:

La calefacción y refrigeración de edificios, producción de agua caliente, suministro de calor para procesos industriales y secado de productos agrícolas. A plazo más largo en la producción de energía eléctrica.

El sol alegra y embellece al mundo entero, los rayos del sol conservan la salud, sin ellos por regla general las plantas mueren y la especie humana moriría también si tuviera que vivir en la obscuridad.

Podemos concluir que el planeta y sus habitantes, le deben su existencia al sol.

El sol tiene dos tercios de los elementos que hay en la tierra por ejemplo: el hierro, cobre, níquel, plata, zinc, aluminio y manganeso pero están presentes en forma de gases. Fosforo, azufre, oro y mercurio no han sido encontrados.

Por medio del espectroscopio se demuestra la existencia de estas sustancias que al tomar un rayo de sol lo descompone formando lo que se llama su espectro, esto no es otra cosa que un hermoso arcoiris.

La determinación de los componentes puede hacerse cuando cada sustancia se calienta a la temperatura existente en el sol -

y emite un tipo de luz o espectro característico.

La temperatura en la superficie del sol es de $5,500^{\circ}$ C. algunos físicos afirman que es más de 6000° C. y en el centro de -- 10 a 13 millones de grados centígrados.

El sol pertenece a la categoría de las estrellas enanas, estas administran su combustible, de hecho los físicos han calculado que el sol consume parte de su masa, disminuye al irse consumiéndose a la velocidad de cuatro millones de toneladas por segundo y de ahí dedujeron que tiene 10,000 millones de años de antigüedad y que pasarán otros millones de años para que se convierta en una gran estrella roja en el ocaso de su vida.

La Tierra tiene un peso aproximado de $5,975 \times 10^{18}$ de ton. y el Sol es 330,000 veces mayor que la Tierra (5).

Los científicos han estudiado el enigma de como el sol puede mantener por tanto tiempo una temperatura tan extremadamente elevada y lo explican de la siguiente manera: los nucleos de elementos ligeros como el hidrógeno que constituye el 30% de la materia solar, el resto en casi su totalidad esta compuesto de helio, pueden reunirse y ha esto se llama fusion nuclear.

Se cree que la reacción principal es la fusión de grupos de 4 nucleos de hidrógeno o sea que cada grupo viene a sumarse hasta formar un nucleo de helio. Como la masa del helio es algo menor que la del hidrógeno del cual está formada, parte de la masa debe haberse convertido en energía.

La energía solar despedida principalmente en forma de calor-

y de luz, se origina en esta reacción nuclear.

Cuando la materia es convertida en energía, basta con una pequeña masa para liberar grandes cantidades de esta, lo cual explica la larga vida del sol y su tremenda producción de energía. Aunque el espectro solar muestra solo los rayos de 6 colores: violeta, azul, verde, amarillo, anaranjado y el rojo.

En realidad hay muchos rayos más que son invisibles, se hallan en ambos extremos del arco iris, los que están mas allá del violeta se llaman rayos ultravioleta, estos rayos por encima de los 25 km. de la superficie de la tierra se desarrolla un proceso con la atmósfera en la que se elimina practicamente esta radiación y tiene una longitud de onda menor de 0.35 micrómetros, los que estan más abajo del rojo se llaman infrarrojos y su longitud de onda que es mayor de 0.75 micrómetros que contribuye sensación de calor aunque no podamos apreciarla visualmente.

La radiación solar que recibe el planeta, gobierna su tiempo al completar la tierra su viaje anual alrededor del sol, la inclinación de su eje determina el ángulo en que los rayos del sol caen sobre diversas regiones. Este ángulo rige la intensidad de los rayos del sol cuando llegan al suelo y determina -- así las estaciones en toda la superficie del mundo fig. 2 (6).

Cerca del ecuador los rayos del sol caen sobre el casi verticalmente, en esta franja el día y la noche duran aproximadamente 12 horas. Pero entre esa zona y los polos, la duración -

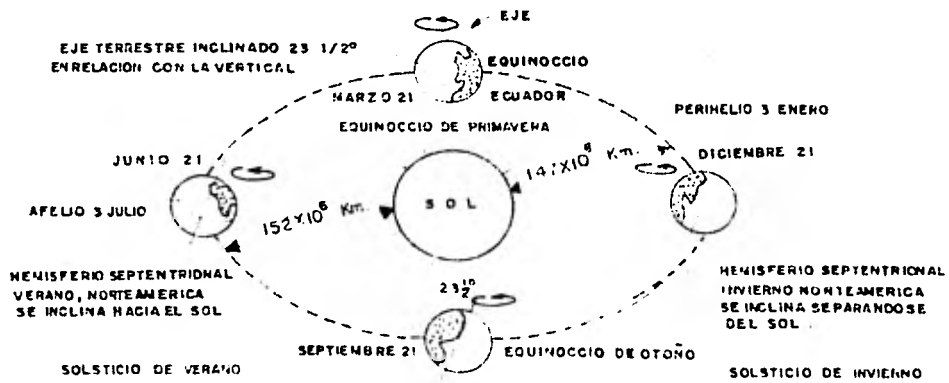


FIG. 2 POSICION DE LA TIERRA EN CADA ESTACION .

del día o de la noche puede variar mucho, desde unos cuantos minutos a 6 meses y lógicamente mientras que en un polo está transcurriendo un día de 6 meses, en el otro se desarrolla una larga noche de la misma duración.

A medida que se avanza hacia los polos, son más largos los días de verano y las noches en invierno.

Por ejemplo en Chihuahua, el día más largo dura unas 14 horas, así como Roma, situada mucho más al norte tiene un día de verano que dura 16 horas; Londres cerca de 17 horas, en el Polo Norte, el día de verano dura 6 meses.

Las altas temperaturas de los trópicos son causadas por los rayos directos del sol, mientras que en las regiones templadas y polares reciben sus rayos oblicuos.

Los vientos nacen cuando grandes volúmenes de aire calentados por el sol, ascienden y permiten que un aire más frío fluya para ocupar su sitio, su dirección es alterada por el girar de la tierra.

Para nuestro estudio necesitamos saber la cantidad de energía solar recibida por nuestro planeta. De las reacciones nucleares del sol se origina la radiación solar, por medio de partículas llamadas fotones.

La distancia promedio de la tierra al sol es de 149.5×10^6 -- kms. a los 8 minutos 20 seg. aproximadamente después de abandonar la superficie del sol su radiación llega a la tierra. Sin embargo no toda la energía llega a la superficie debido a una se-

rie de complejas interacciones con la atmósfera recibiendo aproximadamente un 51% del total captada por la superficie (fig. 3) la atmósfera atenúa la penetración de las ondas de corta longitud que tienen mayor efecto en las reacciones químicas y en las mutaciones en los seres vivientes. Las ondas de larga longitud de onda, de efectos térmicos prácticamente, no representan absorción en la atmósfera limpia, pues el oxígeno y el nitrógeno no son termoabsorbentes. Sin embargo, el CO_2 el vapor de agua los polvos, el smog, etc, si son termoabsorbentes. La radiación es además intermitente para los diversos puntos de la superficie terrestre (7).

La radiación solar es la razón por la cual, la tierra está recibiendo energía del sol, se conoce como constante solar. técnicamente se define como la cantidad de energía que cae por unidad de tiempo sobre una unidad de superficie plana expuesta perpendicularmente a la dirección de la radiación solar, fuera de la atmósfera y a una distancia promedio de la tierra al sol. Se admite así como un valor energético de $2 \text{ cal} / \text{cm}^2 / \text{min}$, o una potencia de $1.36 \text{ Kw} / \text{m}^2$.

Los satélites permiten, además, medir con precisión el valor de la constante solar fuera de la atmósfera, constante cuyo valor medio, $1352 \pm 1.5 \text{ W} / \text{m}^2$ ha sido determinado por la NASA(8)

El valor de la constante solar es muy variable a nivel del suelo; desde $1.2 \text{ Kw} / \text{m}^2$, como valor máximo, cuando la superficie recibe la radiación perpendicular, con cielo despejado.

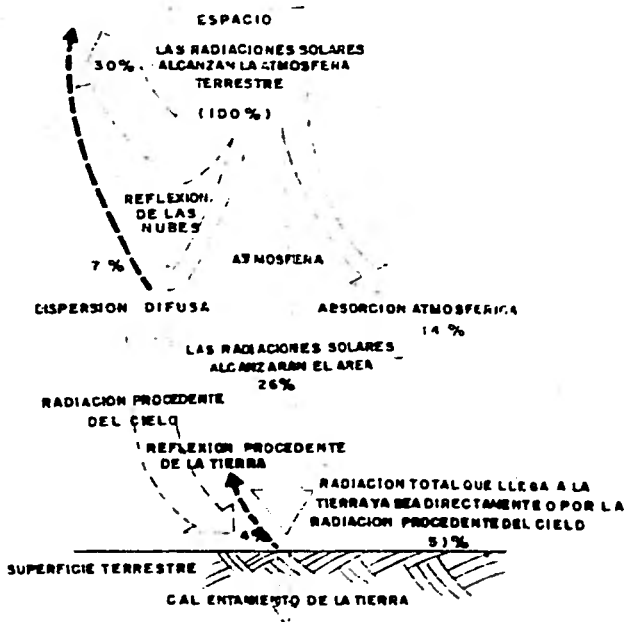


FIG. 3.-ENTRADA DE ENERGIA A LA SUPERFICIE TERRESTRE, AL MEDIODIA .

Integrada la energía diaria recibida sobre una superficie horizontal en días claros, en lugares de la tierra de baja latitud, se puede obtener de 5 a 8 kWh/ m².(9)

La actividad de las manchas solares puede modificar la producción de energía en el sol mismo en $\pm 2\%$ y se da una variación de $\pm 3\%$ debido a la variación de la distancia entre tierra y sol (152X10⁶ km en el afelio y 147X10⁶ km en el perihelio).

5. COLECTORES SOLARES.

Para saber la cantidad de radiación solar que podemos captar necesitamos saber las intensidades medias horarias (Wh/ m² h. o Wh/m²) medidas en un plano horizontal.

Para esto existen estaciones que miden y publican los datos horarios de insolación, pero generalmente son pocas y muy separadas, para ciertas zonas no hay datos disponibles de radiación en este caso se registrarán las horas del sol y se podrá estimar la radiación diaria total utilizando la expresión dada por Glover y Mc Culloch:

$$Q = Q_{sc} (0.29 \cos \phi + 0.52 \frac{N}{N})$$

* Ometto sugiere el uso de las constantes 0.26 y 0.51 respectivamente.

Q = radiación diaria total sobre un plano horizontal (Wh/m² día)

Q_{sc} = " constante solar " por día

φ = latitud geográfica

N = posibles }
n = reales } Horas del sol por día

el valor de Q_{sc} puede ser tomado como $9830 \text{ Wh/m}^2 \text{ día}$ (10).

En los colectores solares se produce la conversión térmica - cuando cae la energía radiante sobre una superficie negra, ésta absorbe gran parte de esa energía. Es un proceso complejo, que - varía según el tipo de material absorbente. Implica difusión, - absorción de fotones, aceleración de electrones, múltiples colisiones, pero el efecto final es que la energía radiante de todas las calidades (todas las longitudes de onda) se degrada en calor.

El coeficiente de absorción de varios tipos de absorbentes - negros varía entre 0.80 y 0.98, el restante (0.20 y 0.02) se refleja.

Parte de este movimiento molecular, que se transforma en calor, se transmite a otras partes del cuerpo por conducción y el resto se emite de nuevo hacia el medio ambiente mediante procesos convectivos y radiantes. La emisión de calor o pérdida de - depende de la diferencia en la temperatura, entre la superficie y el medio ambiente. En consecuencia, a medida que se calienta la superficie, aumenta la pérdida de calor. Cuando el régimen de - admisión de calor radiante es igualado por el de pérdida de calor, se alcanza una temperatura de equilibrio.

$$\text{Cuando: } Q_i = Q_r$$

$$\text{es decir: } I \times a = f \times A \times t$$

la temperatura de equilibrio es:

$$A \times t = \frac{I \times a}{f}$$

Q_i = régimen de admisión de calor (W/m^2).

Q_l = régimen de pérdida de calor (W/m^2).

I = Intensidad incidente (W/m^2).

a = coeficiente de absorción.

f = película o conductancia superficial para la emisión (W/m^2 --
 $^{\circ}C$).

Δt = aumento de la temperatura por encima del ambiente (A nor--
malmente denota una diferencia o cambio).

El valor de f depende del material, de la textura superficial, de la velocidad del aire que pasa sobre la superficie y de la temperatura de las superficies opuestas al absorber (a cualquier distancia); por tanto tiene en cuenta el desarrollo de -- procesos de transferencia de calor, tanto convectivos como radiantes, más allá de la gama normal (0° - 40° C) ya no es constante.

$$f = 11 + 0.85 V$$

V = velocidad del aire (m/s).

Con un movimiento muy ligero, justo por encima de 1m/s:

$$f = 12 \text{ W/m}^2 \text{ } ^{\circ}C.$$

Con una intensidad de 400 W/m^2 y un coeficiente de absorción de 0.9 la temperatura de equilibrio será de:

$$I = 400 \text{ W/m}^2$$

$$a = 0.9$$

$$f = 12 \text{ W/m}^2 \text{ } ^{\circ}C.$$

$$\Delta t = \frac{I \times a}{f} = \frac{400 \times 0.9}{12} = 30^{\circ}C.$$

$\Delta t = 30^{\circ}\text{C}$ por encima de la temperatura del aire.

o sea, si no hay conducción de calor más allá de la parte posterior de la superficie del absorbedor. En un tiempo dado (por ejemplo, 1 hora) el aumento de temperatura puede comprobarse a partir de: $H_i = H_I + H_g$

$H_i =$ admisión de calor (Wh) = $Q_i \times h \times A$

$H_I =$ pérdida de calor (Wh) = $Q_I \times h \times A$

$H_g =$ ganancia de calor (Wh)

$h =$ número de horas

$A =$ área en m^2

Pero:

$H_i = I \times a \times h \times A$

$H_I = f \times t \times h \times a$

$H_g = \Delta t \times C$

en que $C =$ capacidad térmica del cuerpo (Wh / $^{\circ}\text{C}$)

($C =$ masa x calor específico + volumen x calor específico vol.)

Tomando 1 hora y 1 m^2 , los términos h y A pueden ser omitidos y en consecuencia, sustituyéndolos obtenemos:

$I \times a = f \times \Delta t + \Delta t + C$

$I \times a = \Delta t (f + C)$

Por lo tanto: $\Delta t = \frac{I \times a}{f + C}$

($f \text{ Wh/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se multiplica por Ih y Im^2 , que dimensionalmente representa Wh/ $^{\circ}\text{C}$ en este caso).

En las condiciones del ejemplo anterior, si tomamos 1 m^2 de panel radiador de acero de 5kg de masa.

(calor específico = $0.13 \text{ Wh/kg }^{\circ}\text{C}$).

conteniendo 1.5 lts de agua (calor específico volumétrico = 1.16 Wh / 1 °C).

Calculando C:

$$C = 5 \times 0.13 + 1.5 \times 1.16 = 2.39 \text{ Wh / } ^\circ\text{C}.$$

En una hora mostrará un aumento de temperatura de:

$$\Delta t = \frac{1 \times a}{f + C} = \frac{400 \times 0.9}{12 + 2.39} = 25^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t = 25^\circ\text{C}$$

y así:

$$H_i = i \times a \times h \times A = 400 \times 0.9 \times 1 \times 1 = 360 \text{ Wh}$$

$$H_l = f \times t \times h \times A = 12 \times 25 \times 1$$

$$H_g = \Delta t \times C = 25 \times 2.39 = 59.75 \text{ Wh}$$

Si la superficie de la placa del absorbedor se cubre con una plancha de cristal (con un espacio de aire de 20-30 mm) se reduce mucho la pérdida de calor, sin gran reducción de la admisión de calor. Esto se debe a la transmitancia selectiva del cristal

Es muy transparente para radiaciones solares de alta temperatura y onda corta, pero virtualmente opaco para radiaciones infrarrojas de longitudes de onda más larga, emitidas por la placa del absorbedor por debajo de 100°C. La tapa de cristal también reduce las pérdidas convectivas de la placa.

El cristal provoca cierta reducción de la intensidad de la radiación sobre la placa del absorbedor, es decir hay una pérdida óptica en la transmisión, pero esta es muy inferior al ahorro resultante en cuanto a la pérdida de calor la proporción -- transmitida se expresa por el coeficiente de transmisión.

Este tiene un valor constante para la radiación difusa, pero para la radiación directa va en función del ángulo de incidencia. Algunos valores típicos de un cristal de ventana normal aparecen en la tabla siguiente.

θ = Coeficiente de transmisión

	Para difusa	Para directa, si el ángulo de incidencia es:						
		0°	20°	40°	50°	60°	70°	80°
simple	0.70	0.80	0.80	0.79	0.77	0.72	0.60	0.38
doble	0.62	0.75	0.75	0.72	0.68	0.60	0.48	0.28

Al calcular la intensidad de la radiación incidente sobre un plano inclinado, deberán aplicarse los coeficientes de transmisión pertinentes a los componentes difusos y directos, antes de sumarlos.

Con una tapa de cristal, la pérdida de calor de la placa será casi exclusivamente convectiva-conductiva y se aplicará el concepto "transmitancia aire a aire" (el valor U) empleado en los cálculos de pérdida de calor de edificios.

Pueden considerarse como:

$$U = 5.00 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C para cristal simple}$$

$$U = 2.70 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C para cristal doble.}$$

Para aplicaciones de baja temperatura el régimen de pérdida de calor puede considerarse como:

$$QI = U \times \Delta t$$

y la pérdida de calor total:

$$HI = U \times \Delta t \times h \times A$$

Sustituyendo los valores del ejemplo anterior tenemos que:

$$I = 400 \text{ W / m}^2$$

$$a = 0.9$$

$$U = 5.00 \text{ W / m}^2 \text{ cristal simple}$$

$$\theta = 0.8$$

$$C = 2.39 \text{ Wh / } ^\circ\text{C}$$

$$U = 2.7 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C cristal doble}$$

$$\Delta t = \frac{400 \times 0.9 \times 0.8}{5 + 2.39} = \frac{288}{7.39} = 39^\circ\text{C para cristal simple}$$

$$\Delta t = \frac{400 \times 0.9 \times 0.75}{2.70 + 2.39} = \frac{270}{5.09} = 53^\circ\text{C para cristal doble}$$

NOTA: Algunos autores sugieren que cuando el valor Δt excede de 20°C , sería más exacto utilizar una relación no lineal:

$$QI = c \times \Delta t^{1.25}$$

En la que $C = 2.38 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ para cristal simple

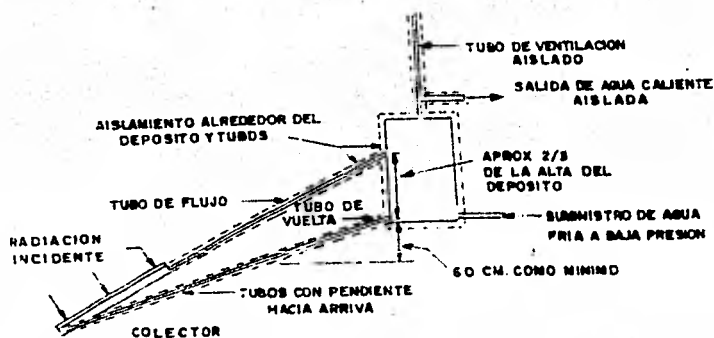
y $C = 1.70 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ para cristal doble (12).

Los colectores de energía solar son básicamente de tres tipos:

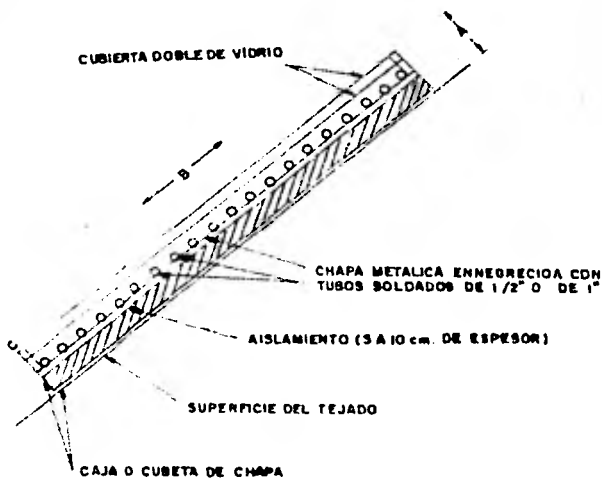
- a) Colectores planos
- b) Colectores Cilindro-parabólicos
- c) Colectores parabólicos de revolución

5.1 El colector plano.

Los colectores planos, de energía térmica solar, se usan generalmente para calentar agua o para la calefacción de edificios, el rendimiento depende de momento únicamente de su temperatura de equilibrio, se podrán mejorar estos colectores reduciendo la pérdida de calor, creando un vacío parcial entre la placa



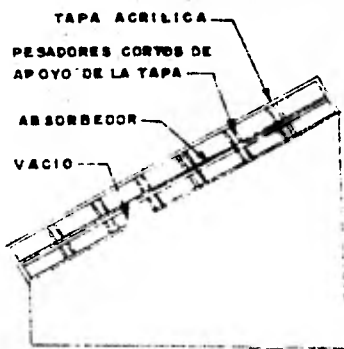
CALENTADOR SOLAR POR CONVECCION NATURAL DE AGUA



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

DIMENSIONES - ESPESOR A DE 8 A 20 CM.
- LONGITUD B DE 1 A 6 m.
- ANCHURA C DE 3 A 15 m.
- INCLINACION VARIABLE SEGUN EL LUGAR Y MAYOR USO (INVIERNO O VERANO).

FIG 4 - PANEL COLECTOR PLANO PARA CALENTAMIENTO DE AGUA.



UN ABSORBEDOR DE VACIO

RENDIMIENTO DE UN ABSORBEDOR DE VACIO

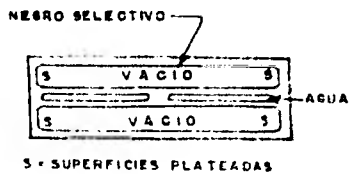


FIG 5. ABSORBEDOR DE VACIO TODO DE CRISTAL

de absorción y su tapa transparente.

Cuando es necesario generar temperaturas más altas, la pérdida de calor de la placa se hace cada vez mayor, en este caso se deberá emplear un cristal doble y una superficie absorbente selectiva (fig. 4 y fig. 5).

Los colectores planos funcionan en tres niveles: captación, circulación y almacenamiento.

En la captación se lleva a cabo absorbiendo la radiación del sol mediante un revestimiento negro. Una vez absorbida la energía radiante convertida en calor, la circulación de un fluido a través del medio de captación permite retirar este calor.

Si pasamos el fluido a un depósito, hasta el momento de su utilización: Un colector plano, en esencia consta de una placa negra (buena conductora de calor, cobre, aluminio, acero galvanizado, hierro, "Superficies Selectivas" estos poseen un elevado coeficiente de absorción y emisión para la radiación solar) cubierta por una o varias láminas transparentes de vidrio o plástico, evitan pérdidas de calor por corrientes de aire aislada por la base y los lados del colector. La cubierta transparente debe ser opaca a la radiación infrarroja emitida por la placa colectora caliente, limitar también la pérdida de calor por convección, su funcionamiento es sencillo y además se aprovecha parte de la radiación difusa.

Otra forma de aumentar la eficiencia de los colectores planos, es empleando tratamientos antirreflectantes en las superfi

cies de las cubiertas transparentes.

Todos los colores que vemos en un paisaje son componentes de la radiación solar, la cual se refleja, de acuerdo con sus longitudes de onda, en los distintos cuerpos. Cuando todos los colores se reflejan juntos, vemos objetos blancos y en el caso opuesto, cuando casi la totalidad de las ondas de distintas longitudes quedan absorbidas, vemos objetos negros.

Por este fenómeno se puede aumentar la capacidad de absorción de energía de un cuerpo, simplemente pintandolo de negro.

La absorción de un colector plano es del orden de 80 a 95% pero la energía calorífica que se retiene es del orden del 50 - al 70% a causa de la emisividad del mismo colector. Se logran temperaturas de calentamiento de 65°C hasta 150°C con rendimiento de 30 a 50% (13).

La eficiencia de los colectores planos depende de un número de factores y será mayor si:

- 1.- El coeficiente de transmisión del cristal se maximiza.
- 2.- Si la transmitancia para el flujo de calor de salida se minimiza.
- 3.- Si el coeficiente de absorción de la placa se maximiza.
- 4.- Si el coeficiente de emisión para ondas largas se minimiza.
- 5.- Si la temperatura de la placa se mantiene a un nivel mínimo útil, ya que esto minimizará la pérdida de calor.

El término eficiencia de la placa está en relación con el real, al máximo posible.

Se lograría el 100 %, si toda la superficie estuviese a una temperatura uniforme, siendo ésta la misma que la temperatura del agua.

Se reduce por dos efectos:

1.-Porque se desarrolla un gradiente de temperatura entre el agua y la placa (la admisión de calor es uniforme en toda la superficie y la extracción de calor se produce en los canales de agua solamente).

El gradiente y su amplitud (T) pueden reducirse mediante un material de mejor conductividad, mediante un grosor mayor de la placa, dando una mejor conductancia, o mediante un espaciamiento más estrecho de los tubos.

2.-La temperatura del agua siempre será inferior a la temperatura de la placa, pero esa diferencia se reduce mejorando el coeficiente de transferencia de calor de la placa al agua, un flujo turbulento en lugar de laminar lo mejorará.

5.2 Colector Cilindro-parabólico.

Estos colectores tienen la superficie de captación en forma de medio cilindro parabólico, permitiendo concentrar la radiación en una línea focal, donde se puede colocar un tubo que conduce agua, pueden alcanzar temperaturas entre 400 a 750°C.

Estos colectores para que sean eficientes, es necesario darles un movimiento sincrónico con el sol, si es que se quiere tener buen rendimiento, el cual puede variar entre 50 y 70% (no captan la radiación difusa).

Este tipo de colector puede aprovecharse su calor para la -- producción de vapor y así mover un generador para la producción de electricidad. Esta solución puede tener más futuro, ya que -- los reflectores, son mucho más baratos que las grandes superficies de células fotovoltaicas. Por otra parte, la pérdida de calor es proporcional a la superficie, con lo que las dimensiones relativamente pequeñas del área focal harán que las pérdidas sean menores (fig.6) (14).

5.3.- Colector parabólico de revolución.

Este tipo de colector permite alcanzar temperaturas más al -- tas que los anteriores, ya que toda la energía incidente en el reflector se concentra en un solo punto que es el foco del paraboloide.

Se puede llegar a varios miles de grados (3000 ó 4000°C) son los llamados hornos solares.

Para lograr estas temperaturas, sería necesario construir -- una lente lo suficientemente grande, para que concentre grandes cantidades de energía incidente, resulta difícil, por lo que la gran mayoría de los concentradores solares emplean sistemas refectores.

El paraboloide debe estar siempre con su eje orientado hacia el sol, pero el soporte y movimiento de un gran colector, requeriría una estructura y una mecánica de proporciones prohibitivas, sobre todo teniendo en cuenta que deben soportar grandes -- cargas que el viento puede producir sobre la parábola.

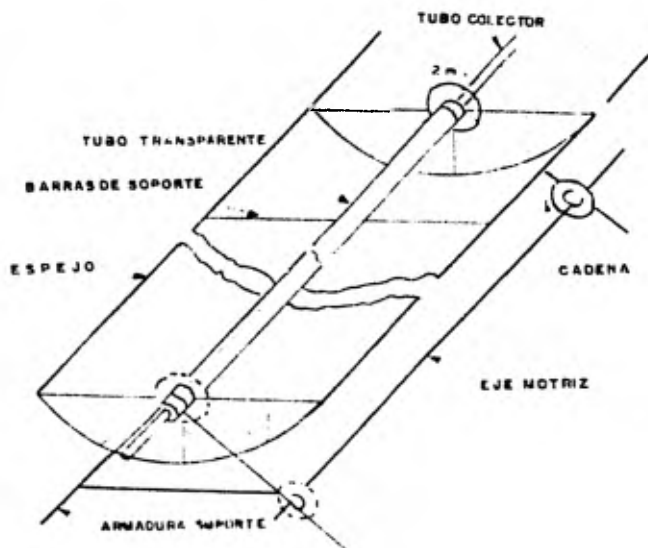
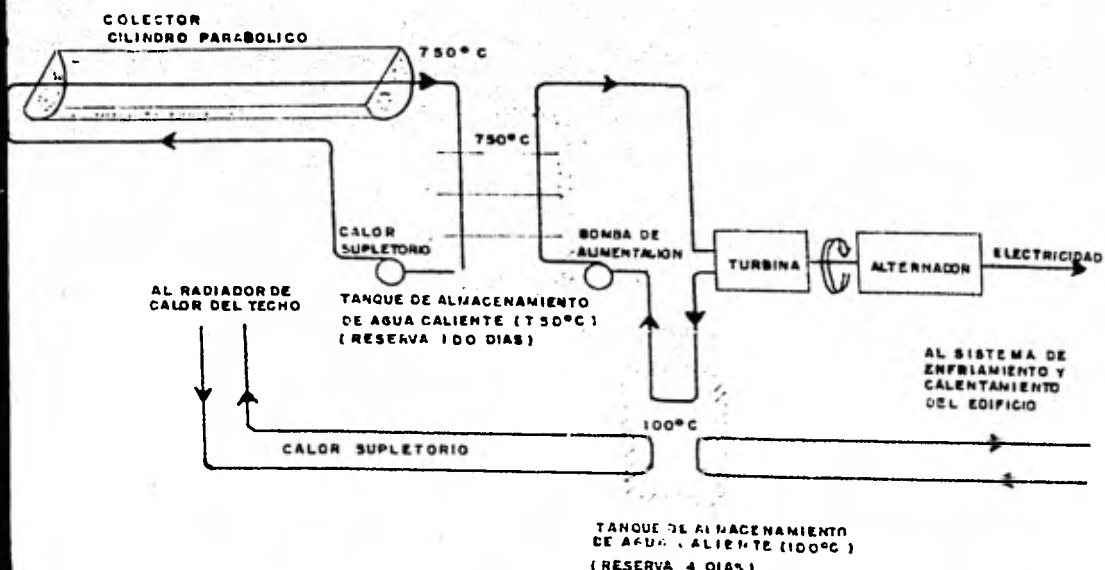


FIG. 6 CONCENTRADOR CILINDRO-PARABOLICO
 SISTEMA DE GENERACION DE ELECTRICIDAD CON ENERGIA SOLAR
 EMPLEANDO COLECTOR CILINDRO-PARABOLICO

Para no orientar el concentrador, se emplea un sistema a base de espejos auxiliares o heliostatos.

Existe un inmenso colector focal que cubre toda una ladera en Odeillo (Pirineos franceses) que logran temperaturas superiores a los $4,000^{\circ}\text{C}$, utilizándose para fundir metales.

En este lugar el sol luce unos 180 días al año, el flujo de radiación solar del orden de $1,000 \text{ W/m}^2$, su construcción se terminó en 1970.

El reflector parabólico tiene una distancia focal de 18 m, su altura es de 40 m, por 53 m de ancho y está compuesto por 9,500 espejos o facetas de $0.45 \times 0.45 \text{ m}$. Puesto que el reflector parabólico es demasiado grande para poder moverlo y orientarlo hacia el sol, se construyó una batería de 63 heliostatos dispuestos en 8 filas sobre una colina, para dirigir los rayos solares, en haces paralelos hacia la parábola. Los heliostatos tienen una superficie de $7.5 \times 6 \text{ m}$ y cada uno de ellos está compuesto por 180 espejos planos de $0.50 \times 0.50 \text{ m}$.

La energía solar incidente sobre una superficie de unos ochocientos cuarenta m^2 es concentrada por el reflector parabólico sobre una superficie focal de sólo 0.6 m. de diámetro.

Existe un horno similar, aunque más pequeño en la Unión Soviética. Es capaz de fundir materiales refractarios a temperaturas hasta de $3,500^{\circ}\text{C}$ y se usa para producir y refinar materiales refractarios de gran pureza.

En resumen, los colectores térmicos solares, se podrían cla-

sificar en: Paneles colectores planos que funcionan a bajas temperaturas y sin concentración, colectores concentradores para temperaturas intermedias, tipificados en los cilindro-parabólicos y los colectores de gran concentración y altas temperaturas como los parabólicos o los compuestos por muchos espejos planos enfocados sobre un mismo punto.

En la tabla se especifican los intervalos de temperatura más usuales y las eficiencias de captación típicas de las tres categorías citadas. En la práctica, la temperatura obtenida dependerá de la calidad óptica del reflector, la precisión del mecanismo de seguimiento y la eficiencia de absorción del receptor- (15).

Tabla de clasificación de los colectores solares.

Categoría	Ejemplo	Interv.de Temp.	Eficiencia
Captación directa	Panal plano	65-150°C	30-50%
Concentración media	Cilindro-parabólico	260-650°C	50-75%
Concentración elevada	Paraboloide	1,000-4,000°C	60-75%

6. CALEFACCION EN LA EDIFICACION POR RADIACION SOLAR.

La calefacción es para dar comodidad a los habitantes de una edificación, se realiza transformando energía en forma de calor que agregada al aire no le cambia su estado físico; en cambio-- eleva la temperatura del aire. Para la calefacción se mide el calor en dos aspectos: temperatura y cantidad de calor. El grado--centígrado es la unidad para medir temperaturas y la caloría es la unidad de cantidad de calor.

En los sistemas convencionales de calefacción los combusti- bles más usados es el gas, petróleo y la electricidad.

El gas y el petróleo al quemarse libera las calorías para calentar el aire de la edificación y en la calefacción eléctrica- las calorías son producidas cuando la electricidad se convierte en calor en las delgadas resistencias de alambre.

El calor fluye como los líquidos. El calor siempre fluye de-- la temperatura más caliente a la más fría. El flujo de calor es- hacia afuera de las casas en tiempo de frío y hacia el interior en tiempo caluroso; mientras mayor es la diferencia de tempera- turas, mayor es el flujo de calor.

El flujo de calor puede ocurrir en tres formas: por conduc- ción, por convección y por radiación.

Por conducción el calor viaja a través de una sustancia, por ejemplo, a través de las paredes de la edificación.

El calor se mueve por convección en los fluidos, como el ai- re o el agua.

El calor radiante viaja a través del espacio (el calor del sol nos llega por radiación). El calor radiante no calienta el aire a través del cual pasa, sólo calienta los objetos que lo reciben, todos los objetos irradian calor, mientras más alta es su temperatura más calor irradian.

Un sistema de calefacción no está destinado a calentar a las personas que ocupan una edificación en tiempo de frío, las personas generan su propio calor; lo que hace un sistema de calefacción es ayudar a regular la rapidez con que se escapa el exceso de calor del cuerpo y así mantener un nivel apropiado y agradable.

Las causas principales que afectan la comodidad son: la temperatura del aire, su movimiento, humedad y la radiación de calor del cuerpo humano. Como la comodidad depende parcialmente del calor irradiado por el cuerpo, una habitación con áreas de ventanas grandes, se siente más fría que una habitación con pocas ventanas, aunque estén a la misma temperatura. El calor se irradia del cuerpo a través de las vidrieras frías de las ventanas, se irradia menos calor hacia las paredes más calientes.

Una habitación sin corrientes parece también más caliente que una en que pasan dichas corrientes.

En la actualidad se ha creado mayor conciencia ambiental y se observa un crecimiento de la ideología ecológica. La contaminación, el agotamiento de los recursos y los problemas de explosión demográfica son conocidos y la consideración de estos ----

problemas ha comensado a influir en el comportamiento y las acciones de las personas.

Se ha empesado el uso de la calefacción solar y se puede clasificar principalmente, tres tipos de solución:

- .-Sistemas pasivos.
- .-Sistemas de fluidos térmicos (aire o agua)
- .-Sistemas con empleo de bombas de calor.

6.1-Sistemas pasivos: es la utilización del diseño de los edificios, la colocación de las ventanas y otras características estructurales para el aprovechamiento de la radiación solar muy-- parecido a los invernaderos que dejan entrar la energía solar-- pero impiden que escape, o sea que "pasivo" significa sin piezas móviles.

El edificio como colector. se trata de un procedimiento de -- sentido comun en la proyección de edificios; su base en una edificación termicamente eficiente, con un buen aislamiento colocado fuera de la masa principal de la pared y de los elementos de techo.

El colector más elemental de todos es una ventana al sur, según su tamaño puede contribuir con el 10 ó 20 % a las necesidades de calefacción de una vivienda, simplemente poniendo cortinas gruesas o postigos aislantes que eviten la pérdida de calor a través del vidrio durante la noche.

Otro sistema de emplear la energía solar para reducir las necesidades de calefacción de un edificio es la explotación del--

" efecto invernadero ". Funciona gracias a que el vidrio y algunos materiales plásticos actúan como filtros respecto a las radiaciones. Transmiten una gran proporción de energía solar, que en su mayor parte es de muy corta longitud de onda, pero no transmiten las ondas más largas, que los cuerpos saturados a su vez emiten. por tanto si cubrimos con una lámina de vidrio un cuerpo absorbente, su calor se incrementará, alcanzando temperaturas más altas que si estuviera expuesto al sol sin tapar (16).

Por tanto al construir un invernadero en la fachada sur de la casa, nos proporcionará una forma de producción de alimentos aparte de calentar el aire para la edificación, que lo podremos controlar por medio de orificios o alguna ventana.

También se podrá captar la energía solar con un envolvente externo del edificio, puede ser una pared o un techo; puede diseñarse para que actúe de dispositivo de captación, por ejemplo en Francia se ha desarrollado y ensayado un sistema a escala real de casas, un sistema de calefacción solar con circulación natural de aire, que resulta económicamente muy atractivo. Se trata de pintar de negro un muro orientado al sur y cubierto por una vidriera, dejando una cámara de aire entre la vidriera y el muro. La radiación solar calienta el muro de cemento y el aire, que entra por unos respiraderos en comunicación con el interior, se eleva al pasar por la mencionada cámara de aire y vuelve a entrar a la vivienda a través de unos huecos practicados cerca del techo.

El muro de cemento actúa simultáneamente como un colector de calor y como medio de almacenamiento, puesto que una vez caliente, continúa desprendiendo calor durante la noche.

Este tipo de calefacción solar es capaz de cubrir la mitad o más de las necesidades de calefacción de una casa (fig. 7a)

6.2.- Sistemas de fluidos térmicos (aire o agua).

Siempre que se diseñe un sistema de calefacción o de refrigeración de edificios, para uso continuo en que la variación de la demanda no coincida con la variación de suministro, hay que habilitar un sistema de almacenamiento de la energía. Para un cielo continuamente despejado, que se da durante gran parte del año en algunas zonas desérticas, puede ser necesario habilitar un almacenamiento equivalente únicamente al suministro de un día, ya que al día siguiente el suministro se volverá a restablecer. Este pequeño almacenamiento puede seguir siendo suficiente cuando se prevea la utilización de una fuente auxiliar, para aquellas ocasiones en que el suministro no pueda satisfacer la demanda.

La mayoría de sistemas de calefacción solar, llevan un sistema auxiliar, ya que sería antieconómico diseñar un sistema de calefacción solar de forma que pudiese satisfacer la demanda en el día más nublado y frío del año, ya que para el resto del tiempo resultaría una instalación sobredimensionada.

Evidentemente hay una relación, entre la variedad de la radiación solar, la demanda de calefacción, la capacidad del sis-

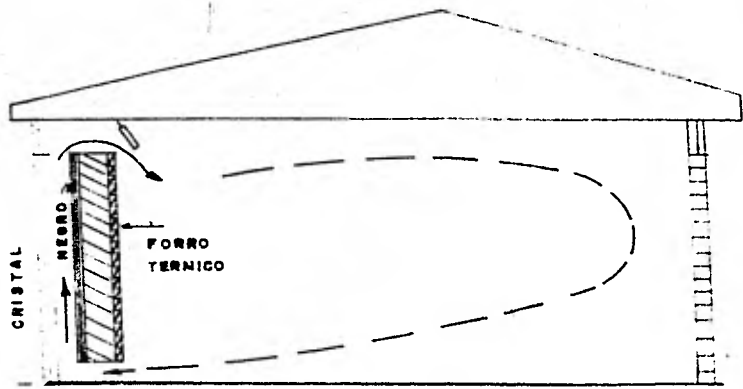


FIG. 6. USO CALEFACCION

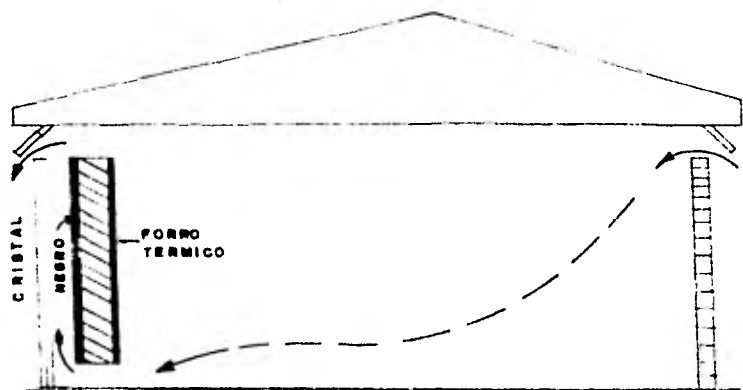


FIG. 7 b. USO REFRIGERACION

tema auxiliar y la capacidad de almacenamiento de calor.

Con estos datos, el ingeniero puede equilibrar las distintas partes del sistema: el convertidor de energía, la maquinaria -- auxiliar (si hace falta) y el sistema de almacenamiento.

6.2.1. Sistemas de agua.

Los principios de funcionamiento de los sistemas de agua son esencialmente los mismos que en el caso del calentamiento de -- agua para usos domésticos. La diferencia solamente es de magnitud -- ya que para el uso en calefacción se necesita un volumen mayor -- y por el tamaño del depósito, no puede ser colocado por encima -- del colector por razones estructurales y estéticas, por lo tan -- to la circulación debe hacerse por bombeo.

Se debe prever algún medio para almacenar el producto de -- unos cuantos días de captación de calor, para los días nublados -- Los depósitos de calor generalmente más utilizados se bajan en -- la capacidad térmica sensible de los materiales. Si el agua es -- el medio de almacenamiento, la capacidad de almacenamiento será -- el producto del volumen, el calor específico (volumétrico) del -- agua y la gama de temperaturas operativas.

El calor específico volumétrico del agua puede considerarse -- como $1.16 \text{ Wh/l}^\circ\text{C}$ (a pesar de que varía ligeramente con la tem -- peratura).

Ejemplo: la temperatura más alta obtenida es de 65°C

La temperatura más baja útil es de 30°C

La gama operativa es de 35°C

1 m³ de agua daría una capacidad de almacenamiento de:

$$1000 \times 1.16 \times 35 = 40,600 \text{ Wh (40.6 kWh)}$$

Si la demanda de calor diaria de una casa es de aproximadamente 40kWh y debe ser almacenado el calor de 2 días, el volumen requerido será: $\frac{40 \times 2}{4.6} = 1.97 \text{ m}^3 = 2 \text{ m}^3$

El volumen de almacenamiento muchas veces recomendado está en relación con el área del colector.

Los valores en la literatura van de 50 a 140 lts/m² de área de colector.

Si el medio de almacenamiento es piedra triturada o gravilla la capacidad de almacenamiento de calor puede establecerse como: El producto del volumen del contenedor, la relación de solidez se sitúa típicamente alrededor de 0.7 (significando que hay un espacio libre del 30% entre los sólidos).

La densidad de las piedras puede variar entre 2400 y 3000 kg/m³ y su calor específico se sitúa alrededor de 0.3-0.32 Wh/kg °C. Así, el depósito de 2m³ del ejemplo anterior, si se llena de piedra triturada en lugar de agua, tendría una capacidad de almacenamiento de (cap. Alm).

$$\text{Cap alm.} = 2\text{m}^3 \times 0.7 \times 2800 \text{ kg/m}^3 \times 0.3 \text{ Wh/kg } ^\circ\text{C} \times 35^\circ\text{C} = 4160$$

$$\text{Cap. alm.} = 41.16 \text{ kWh.}$$

que es justo algo más de la mitad de la capacidad de almacenamiento de un volumen idéntico de agua.

El calor latente de la cristalización de algunas sustancias también pueden ser utilizados para el almacenamiento de calor.

Las sustancias más frecuentemente utilizadas son ciertos hidratos de sal inorgánica de bajo costo (sales eutécticas) como el sulfato sódico (sal de Glauber). Cuando se disuelve a una temperatura apropiada (formando una solución salina anhidra), se absorbe gran cantidad de calor del medio ambiente.

El proceso es endotérmico; una cantidad similar de calor será liberada cuando la solución se enfríe y la sustancia se combine de nuevo con agua, formando cristales de hidrato de sal en suspensión; la cristalización es un proceso exotérmico.

La tabla siguiente nos da la temperatura de transmisión y el calor latente de la reacción de algunos de estos hidratos de sal (17).

	Temperatura de transición °C	Calor latente de reacción Wh/kg
Ca Cl ₂ .6H ₂ O	cloruro cálcico 29-39	48
Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	carbonato sódico 32-36	74
Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O	fosfato sódico 36	73
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	nitrato cálcico 40-42	58
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	sulfato sódico 32	67
Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O	tiosulfato sódico 49-51	50.

Cualquier sistema de calefacción solar constará de cinco componentes principales:

- 1.-Colector.
- 2.-Depósito
- 3.-Calentador auxiliar.
- 4.-Sistema de distribución (inclusive emisores)

5.- Mandos (inclusive bombas y ventiladores).

Los emisores de calor o dispositivos de calefacción de espacios pueden ser:

Paneles de radiador

radiadores de techo

convectores de ventilador

serpentines empotrados en el suelo.

Los paneles de radiador empleados en los sistemas de calefacción central convencionales están preparados para funcionar con agua a $65-75^{\circ}\text{C}$. Producir estas temperaturas mediante colectores solares sería ineficiente e imposible durante los meses de invierno (resulta caro y difícil colocar estos paneles de radiador-tan grandes).

Los radiadores de techo, en cuanto al tamaño no hay restricciones, la totalidad del techo puede ser un radiador y así será posible hacer que el sistema funcione a temperaturas más bajas. La superficie del techo no estará más caliente de 32°C y así la temperatura de la corriente de agua podría situarse aproximadamente 35°C .

Las unidades de convección mediante ventilador comercialmente disponibles están preparadas para trabajar con agua a $65-75^{\circ}\text{C}$, para la superficie de transferencia térmica (normalmente tubos de aletas) puede incrementarse bastante fácil, transformando estas unidades para poder usar agua a $40-42^{\circ}\text{C}$.

Los sistemas de calentamiento de suelo, con serpentines tubu

lares con agua caliente. Este sistema se presta mucho más al uso en conexión con la calefacción solar, ya que al quedar limitada la temperatura superficial del suelo es aproximadamente de 25°C puede emplearse agua a temperaturas aproximadas de 28-30°C la capacidad térmica del suelo también ayudaría al almacenamiento de calor y al equilibrio de las variaciones del tiempo.

Se está experimentando en algunas casas en (U. S. A.) el sistema Thomason (fig. 8) que sirve para calefacción o aire acondicionado según las circunstancias. Aprovecha la energía solar -- que capta en un colector plano colocado en una de las vertientes del techo orientada hacia el sur. La superficie del colector está hecha de lámina corrugada de aluminio, ligeramente resaltada para facilitar la uniformidad del flujo de agua y pintada de negro para incrementar la absorción del calor del sol.

El sistema requiere una bomba para elevar el agua, desde un depósito de almacenamiento de 1600 galones de capacidad hasta el tubo distribuidor de cobre de 1/2", que a través de pequeños orificios alimenta el colector.

El agua calentada por el sol retorna por gravedad al depósito, el cual se halla rodeado por una masa de rocas que sirven de almacén de calor adicional y de cuerpo de transferencia de calor. La casa se calienta por un sistema de circulación forzada haciendo pasar aire a través de las rocas calientes e inyectándolo en las habitaciones, los ductos de circulación de agua caliente pueden contribuir así mismo a la calefacción.

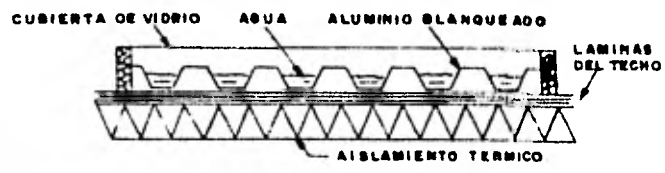
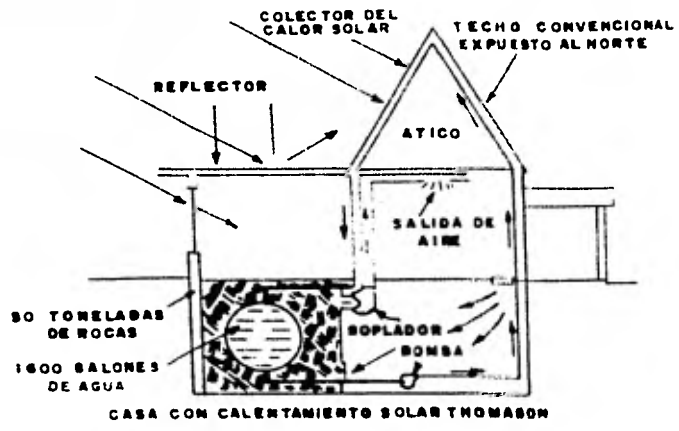


FIG. 8. EL SISTEMA DE CALENTADOR SOLAR THOMASON USA COLECTOR VIDRIADOS MONTADOS SOBRE EL TEJADO CON FLUJO DE AGUA HACIENDO EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO ES DE 1600 GALONES MAS 50 TONELADAS DE ROCA (CORTESIA HPAC)

En la (figura 9) se ofrece un esquema de un sistema, también de calefacción y refrigeración, que aprovecha la energía solar, en el cual se está experimentando en la NASA y en la Universidad de Maryland.

Requiere bombas, sopladores, calentadores eléctricos, unidades de enfriamiento, etc., elementos que no solo complican la instalación y operación sino que aumentan los costos de ambas.

Otro sistema típico de calefacción solar basado en paneles colectores planos (fig. 10). El colector se coloca en el techo orientado al sur, al calentarse el agua este circula primero a través de un serpentín en un depósito de agua caliente y luego pasa por un gran tanque de agua templada antes de volver al colector. Este sistema es en circuito cerrado. En este esquema se observan dos niveles diferentes de almacenamiento de calor; el de temperatura más alta suministra agua caliente para los servicios usuales de la casa, mientras que el gran tanque de agua templada comunica calor al agua de calefacción que circula por los tubos y radiadores del edificio, la reserva de calor necesaria para una casa de una planta puede conseguirse con un tanque, de 3 m. de diámetro y 1.20 m. de profundidad, calorificado convenientemente. Generalmente es necesario un sistema de calefacción auxiliar para aportar calor durante los periodos de tiempo nublado excepcionalmente largos, en los que el sistema solar es insuficiente (18).

También se ha optimizado el sistema de control automático --

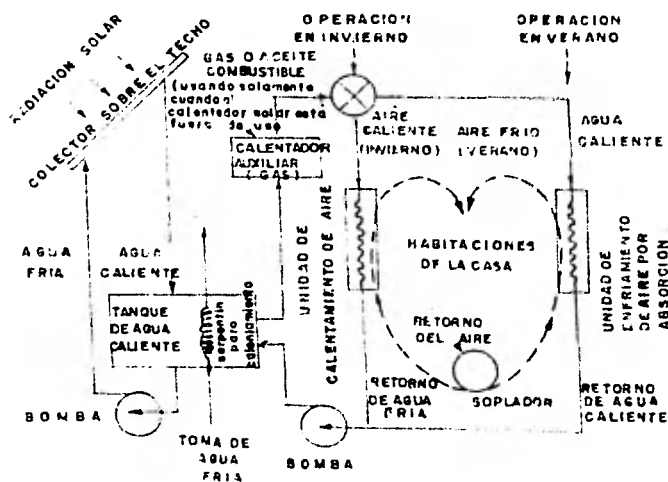
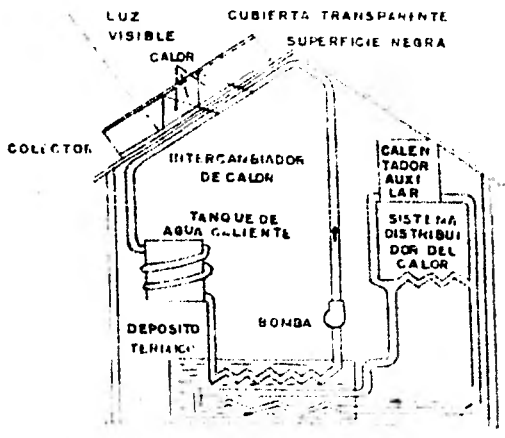


FIG. 9. CALEFACCION Y REFRIGERACION DE RESIDENCIAS CON ENERGIA SOLAR. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA ALTERNATIVA. (CORTESIA NSF/NASA Y LA UNIVERSIDAD DE MARYLAND)

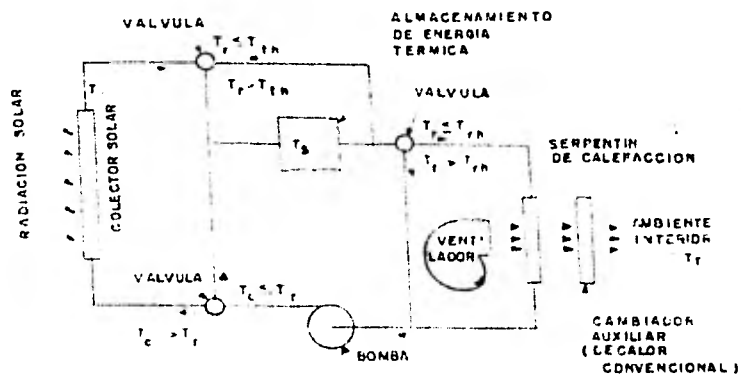


ESQUEMA DEL SISTEMA DE CALFACCION SOLAR

Figura 10.—Sistema de calefaccion solar de edificios

para la calefacción solar. Una de las soluciones se ilustra en la (fig.11). El objetivo principal del sistema de control es la extracción de calor del colector cuando la insolación es suficiente y cortar el flujo de agua que lo atraviesa cuando la temperatura del colector desciende por debajo de la temperatura de almacenamiento. En el sistema descrito se ha incluido un calentador auxiliar convencional que funciona separado del circuito principal. Impulsada por una bomba, el agua circula por el colector siempre que la temperatura de éste supere a la temperatura de almacenamiento. Si la temperatura de la vivienda es inferior a la del colector y a la nominal, prefijada en el termostato de temperatura ambiente, el agua del colector circula directamente por el circuito de tubos radiadores de la casa. Si la temperatura de la vivienda es menor que la del termostato y que la de almacenamiento, pero mayor que la del colector (por ejem. por la noche) el agua caliente del tanque de almacenamiento se hace circular por los radiadores. Esto es, el calor solar se transfiere directamente al espacio interior, si éste está demasiado frío, o al tanque de almacenamiento para su uso posterior, si la temperatura de la casa es suficiente.

Este sistema es bastante convencional y se usa solamente una bomba de circulación de agua y 3 válvulas. El cambiador de calor de agua caliente a aire caliente (parecido al radiador de un automóvil), que se ha incluido para calentar el aire ambiente, se puede instalar en serie con un calentador de aire con---



T_c = TEMPERATURA DEL COLECTOR

T_i = TEMPERATURA DEL INTERIOR

T_s = TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO TERMICO

T_m = TEMPERATURA DEL TERMOSTATO

CONTROL DEL VENTILADOR COMO EN UN SISTEMA CONVENCIONAL DE CALEFACCION :

CONTROL DE LA BOMBA ENCENDIDO PARA $T_c < T_m$ y $T_c > T_i$

O PARA $T_c < T_m$ y $T_s > T_i$

Y PARA $T_c > T_i$

CALENTADOR AUXILIAR ENCENDIDO PARA $T_c < T_m$ y LA BOMBA PASADA

FIG 11 CIRCUITO DE CONTROL PARA SISTEMAS DE CALEFACCION SOLAR

convencional (19).

6.2.2. Sistemas de aire:

Los paneles colectores planos se usan también para calentar aire directamente en un sistema convencional de calefacción por aire caliente.

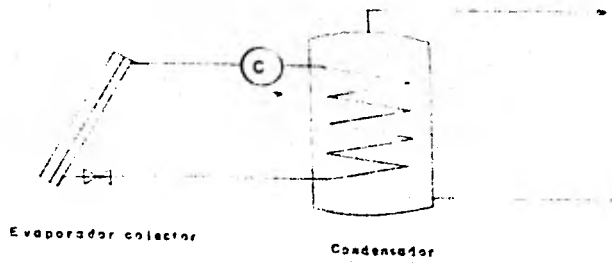
El calentador de aire más simple se compone únicamente de -- una placa plana ennegrecida, cubierta por una lámina transparente; el aire circula por el espacio dejado entre ambas. Es posible obtener, sin embargo, un mejor rendimiento y temperaturas más elevadas, si el aire fluye por detrás de la superficie absorbente, manteniéndose en cambio, estancada la capa de aire entre la placa colectora y la cubierta transparente. Una buena superficie colectora puede estar formada por una chapa acanalada en V, con un recubrimiento selectivo (coeficiente de absorción de 0.80 en el visible y 0.05 en el infrarrojo). Los colectores de este tipo son capaces de calentar aire, a una temperatura entre 70 y 80°C, con una eficiencia de captación del 40% y con una insolación de 500 W/ m² y una temperatura ambiente de 23.6°C.

Los factores más importantes en determinar la eficiencia de captación de calor en un calentador solar de aire, funcionando a una determinada temperatura del aire absorbido son:

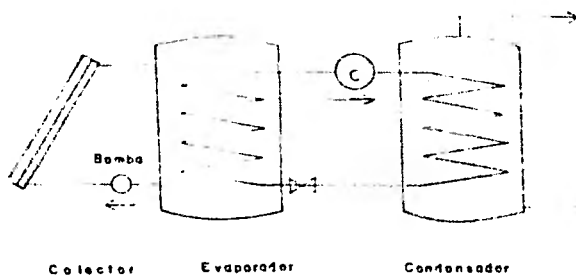
- 1.- Configuración del calentador: esto es, la razón longitud /diámetro y longitud total de los conductos a través de los que circula el aire.

ra calentar-
efacción por
camente de --
a transparente
bas. Es posi-
temperaturas--
perficie ab--
apa de aire--
e. Una busca-
haya acumala-
nte de absor-
p). Los eslas-
a una tempera-
ción del 40% -
ra ambiente de
eficiencia de-
, funcionando-
son:
razón longitud
ps a través de-

e a través del calentador. Para que no sea
e reflectancia y transmitancia espectral de
ente. (significa una mayor). Por tanto la
espectral de la placa o superficie colectora
re estanco o de convección natural entre la
y el aire ambiente. (significa que la
transferencia de calor entre la superficie
ente de aire. a igual a la latitud del país
la base del colector. (significa que en
no más calor). (Otras veces se ha dicho
ha prestado poca atención a la posibilidad
dores cilindro-parabólicos para la obtenci-
temperaturas. (Otras veces se ha dicho
almacenarse económicamente en un acumulador-
señado por Harry E. Thomson, fig.8) y en-
liente para la calefacción u otros usos.
mas la orientación del colector determinará
edificio. (Otras veces se ha dicho que se debe
apuntar hacia el sol de medio día (al sur -
Pero varios autores han sugerido que una --
cia el oeste o hacia el este sobre el sur --
cias apreciables en la cantidad de energía-
, también han comprobado que desviando has-
ia el oeste sobre el sur dará resultados --
es decir, la reducción será inferior al 2%



Bomba de calor directa



Bomba de calor solar indirecta

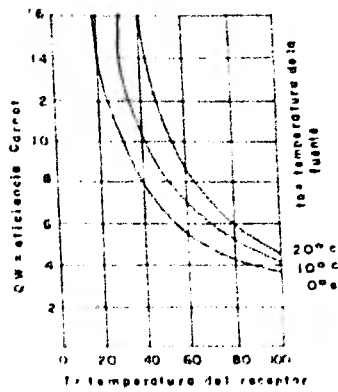


Fig. 12 Eficiencias de bomba de calor

7.- REFRIGERACION DE LA EDIFICACION POR RADIACION SOLAR.

Refrigeración es la rama de la ciencia que trata del proceso de reducir y mantener más baja que su alrededor la temperatura de un espacio dado. Ya que el calor absorbido se transfiere a otro cuerpo, o sea que un proceso de refrigeración es opuesto al de calefacción.

En principio puede parecer una contradicción decir que la energía solar se puede utilizar para enfriar, sin embargo el empleo de esta energía para refrigerar los edificios puede ser uno de los usos con más futuro.

El método más sencillo es el de crear una fuerte corriente de convección en el aire, lo que provoca un paso forzado del aire fresco a través del edificio. Esto se logra recubriendo la fachada sur con una lámina de vidrio, dejando una abertura en la parte superior. El colchón de aire formado entre el vidrio y la pared (pintada de color negro), al calentarse, se pone en circulación hacia arriba, saliendo por la abertura superior mediante huecos interiores a pie de muro, la corriente ascendente de aire caliente succiona el aire de dentro del edificio, haciéndolo pasar a su vez, entre la pared y el vidrio, proporcionando otra corriente de aire fresco, procedente de los huecos cubiertos al norte de la casa (fig.7b).

También se puede usar una superficie de alta emisividad que al disiparse mucho calor por radiación al cielo durante la noche. Con unos medios así puede enfriarse gran cantidad de agua-

durante la noche y si esta se hace circular por los serpentines de un convector-ventilador o serpentines empotrados en el techo puede alcanzarse cierto grado de refrigeración.

Este sistema puede ser ampliado para la captación solar en el uso de calentamiento de agua y calefacción. En Phoenix, Arizona, emplearon una técnica muy simple para calefacción y refrigeración, que consistió en, instalar un estanque de 15 a 25 cm de profundidad en la azotea y cubrirlo con paneles aislantes -- que puedan abrirse o cerrarse a voluntad. En invierno el agua se encierra en bolsas de polietileno extendidas sobre un fondo de plástico negro. La luz del sol calienta entonces el agua durante el día hasta unos 30° C, durante la noche los paneles aisladores se cierran para evitar la irradiación del calor hacia el exterior.

Durante el verano, los paneles aislantes se habren por la noche para que el agua se enfríe por irradiación y se cierran durante el día. El funcionamiento de este sencillo sistema ha sido comprobado en una pequeña estructura de ensayo, de 3 X 4 m. encontrándose que la temperatura se mantenía muy próxima a los 25° C. durante todo el año, sin más trabajo que tirar de una cuerda dos veces al día y ello a pesar de que la temperatura ambiente osciló entre una mínima bajo cero y una máxima de 46° C. (20).

También se puede usar el sistema thomson para refrigerar -- una edificación (fig.8), usando una pequeña unidad de refrigeración de compresor que manda aire frío a la masa de rocas, que --

a su vez enfrían el agua del depósito. En este caso sirven ambos como "almacén de frío".

Se procura calibrar el compresor para que trabaje en las mañanas a fin de que la "descarga del frío" se produzca en las horas de medio día y primeras de la tarde que son las más críticas. En lugares favorables, Thomason propone el enfriamiento del agua y las rocas durante la noche.

La refrigeración también puede producirse mediante dos métodos:

a).-Usando algún método para producir acción mecánica (motores de expansión o motores de vapor), que a su vez será utilizada para propulsar un ciclo de refrigeración del tipo de compresión (bomba de calor fig.12).

b).-Usando el calor obtenido directamente del sol, para propulsar un refrigerador de absorción. Esta es en esencia la misma máquina que la nevera doméstica que funciona con gas.

El refrigerante (ejemplo amoniaco) es más soluble que el fluido portante (por ejemplo, agua) a temperaturas bajas. El calentamiento mediante radiación solar (o cualquier otro medio) eliminará cierta cantidad de refrigerante de la solución (fig.13). Cuando este vapor calentado a alta presión se condense, disipará calor en su medio ambiente. El refrigerante líquido penetrará entonces en el evaporador a través de una válvula de estrangulamiento, se evaporará rápidamente, se enfriará y recogerá el calor del ambiente. El vapor refrigerante calentado es reabsor-

bido por el líquido portador, este proceso también es exotérmico y así el absorbedor también elimina cierta cantidad de calor del medio ambiente. Esta solución será bombeada de nuevo hacia el calentador solar; la acción de la bomba es muy reducida (21) Otro proceso cíclico de refrigeración emplea una solución concentrada de bromuro de litio que absorbe vapor de agua. Este -- procede de la evaporación y consiguiente enfriamiento del agua contenida en otro recipiente, la solución diluida de bromuro de litio vuelve a concentrarse de nuevo por acción del calor solar y el ciclo se repite indefinidamente.

En la fig. 9, vemos el diagrama de una calefacción y refrigeración de residencias con energía solar, en el cual se está experimentando en la NASA y en la Universidad de Maryland (EE.UU)

También se podrá controlar la temperatura, humedad, distribución, y pureza del aire mediante los métodos tradicionales (sistema de aire acondicionado) cuando usemos la conversión de la -- energía solar en energía eléctrica o mecánica.

Actualmente se está experimentando el empleo de sistemas de máquinas térmicas con colectores cilindros-parabólicos. Por el momento no se trata de competir con los procedimientos convencionales de producción de energía eléctrica o mecánica, sino de obtener con la energía del sol altas temperaturas que permitan operar las máquinas térmicas a un costo razonable.

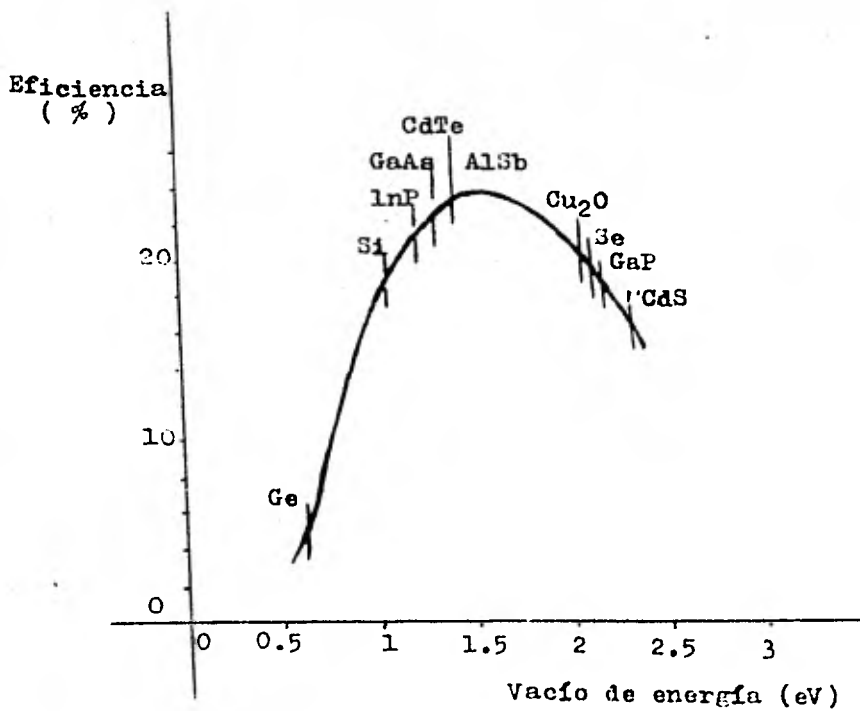
Las células solares ofrecen una posibilidad, potencialmente activa de conversión de la energía solar en energía eléctrica.

Este tipo de celdas solares se ha usado con éxito en los vehículos espaciales para pequeñas potencias pero a un costo muy alto, sin embargo se caracteriza por una gran seguridad de funcionamiento y facilidad de mantenimiento comparados con los sistemas solares térmicos.

Las celdas solares o fotovoltaicas, hechas generalmente de silicio de cristal sencillo (el silicio en sí es muy barato, puesto que es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre y se produce en los EE. UU. a razón de 660,000 toneladas por año).

Así que, en cuanto sea factible utilizar una de las técnicas de producción para la obtención de bandas o láminas de silicio monocristalino, el costo se podrá reducir. La Westinghouse y otras compañías están tratando de reducir el precio de las celdas solares de aquí a cinco o seis años más, para que sea de 70 centavos de dólar el watt máximo; el costo actual de un watt máximo en los Estados Unidos varía de 7 a 22 dólares (mayo 1981, - Mecánica Popular, p. 41).

En la figura 13 se muestra la eficiencia de algunas celdas fotovoltaicas (22).



Ge	Germanio	AlSb	Antimonuro de aluminio
Si	Silicio	Cu ₂ O	Oxido cuproso
InP	Fosforo de indio	Se	Selenio
GaAs	Arsenito de galio	GaP	Fosforo de galio
CdTe	Teluro de cadmio	CdS	Sulfuro de cadmio

Fig. 13 Eficiencia de las células fotovoltaicas.

8. AISLAMIENTO TERMICO.

La inquietud del ser humano de vivir mejor y más confortable mente, así como las tendencias sociales de mejorar las condicio nes de trabajo y rendimiento, han conducido al desenvolvimien to de los aislamientos en la construcción, poniendo barreras a los enemigos exteriores climatológicos, como son: la lluvia y humeda des, al frío al calor y a los ruidos.

El aislamiento contra lluvias y humedades constituye fundamen talmente las impermeabilizaciones.

El aislamiento contra el frío y el calor, es decir, el aisla miento térmico, por lo general sirve al mismo tiempo para comba tir los ruidos.

En la edificación actual se han reducido notablemente los es pesores de muros y techos, por lo tanto se ha aumentado su per - meabilidad al calor, resultando una pérdida muy considerable de calorías durante los meses de invierno, la cual debe ser compen sada por una costosa instalación de calefacción y un gasto exce- sivo de combustible. En verano se produce también el mismo inter cambio de calorías, pero en sentido contrario, ya que la mayoría de las edificaciones modernas resultan extremadamente calurosas- especialmente las que se encuentran en los pisos superiores del edificio.

Para compensar los efectos de la mayor permeabilidad termica- de paredes y techos en la construcción moderna y para satisfacer el confort de la gente, es necesario calcular cuidadosamente en-

cualquier edificio en proyecto cuánto será el valor calorífico-que se perderá en invierno o entrará en verano y disponer los -- aislantes térmicos que sean necesarios.

Hay una gran diferencia de confort, entre una edificación aislada y otra sin aislar, el confort significa en las viviendas, - bienestar, alegría de vivir y salud, en los talleres y oficinas- salud y mejor rendimiento en el trabajo.

Las ventajas que proporciona el aislamiento térmico son: mayor confort durante todo el año, manteniendo la construcción - caliente en invierno y fresca en verano, retrazando la penetra-- ción de calor hacia el interior de la edificación o impidiendo - la pérdida del mismo hacia el exterior, en la calefacción o aire acondicionado al reducirse al mínimo las pérdidas de calor dando lugar a una economía de combustible y en el montaje de las instalaciones, facilitando el mantenimiento de temperaturas templadas suprimiendo así, las desagradables sensaciones de malestar causadas por el frío y el calor, además permite mantener las superficies interiores de paredes y techos a temperaturas muy próxi-- mas al ambiente de los locales superiores, por tanto, al valor - del punto de rocío límite mínimo de temperatura determinante de la condensación, generalmente elimina el riesgo de incendio por su incombustibilidad de estos materiales térmicos, no causan corrosion por lo tanto pueden colocarse en contacto directo con -- partes de acero o aluminio, estos materiales tienen una larga duración porque conservan siempre su capacidad aislante.

La principal cualidad que debe reunir todo material aislante térmico es que realmente aisle, es decir que tenga un coeficiente de conductibilidad térmica tan bajo como sea posible y además que lo conserve a través del tiempo ya colocado, todo material aislante debe ser higroscópico ya que al absorber humedad aumentaría su coeficiente de conductibilidad térmica y no cumpliría con su objetivo.

COEFICIENTE DE CONDUCTIBILIDAD TERMICA.

El coeficiente de conductibilidad de un material cualquiera es la cantidad de calorías que pasa durante una hora por 1 m^2 de un muro de 1 metro de espesor constituido por dicho material cuando la diferencia de temperatura entre ambas caras del muro es de 1°C . Así el coeficiente de conductibilidad térmica determina el poder de transmisión del calor, a través de un cuerpo.

La pérdida de calorías es proporcional al coeficiente y por ello los materiales aislantes deben tener este coeficiente tan pequeño como sea posible, en la tabla N^o 1 (23).

COEFICIENTE DE TRANSMISION DEL CALOR.

La cantidad de calor que pasa a través de un cuerpo de caras paralelas, por m^2 de superficie, hora y grado de diferencia de temperatura entre las dos caras, se llama coeficiente de transmisión calorífica.

Para deducir la pérdida de calor a través de las paredes, techos, suelos, puertas y ventanas que limitan un local, habrá --

que multiplicar la superficie de los mismos, en m^2 , por el coeficiente de transmisión correspondiente y por la diferencia de temperaturas entre los parametros o sea por la expresión siguiente:

$$Q = Ks (T_i - T_e)$$

donde:

Q = Flujo de calor en cal/h (pérdida o ganancia de calor) δ (BTU/h).

K = Coeficiente de transmisión de calor de la pared considerada en $Kcal/h m^2 \text{ } ^\circ C$ δ (BTU/h $ft^2 \text{ } ^\circ F$)

S = Superficie a través de la cual se pierde el calor en m^2 . δ (ft^2).

T_i = Temperatura de diseño interior en $^\circ C$ δ ($^\circ F$).

T_e = Temperatura de diseño exterior en $^\circ C$ δ ($^\circ F$).

NOTA: usar unidades compatibles.

Si la pared está compuesta de una serie de cuerpos distintos el valor del coeficiente K se calcula por la fórmula siguiente:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{e_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}$$

donde:

α_1 = Coeficiente de cambio de calor a la superficie más caliente expresada en $cal/ m^2/ \text{ } ^\circ C$.

α_2 = Coeficiente de cambio de calor a la superficie más fría -- expresada, en $cal/ m^2/h / \text{ } ^\circ C$ (tabla N^o 2)

e_1, e_2, \dots, e_n = son los espesores, expresados en metros, de los materiales que componen la pared (tabla N^o 2), (24).

COEFICIENTES DE CONDUCTIBILIDAD TERMICA TABLA N^o 1.

Material	Coficiente λ
Placas de poliestireno	0.024 a 0.03
Fibra de vidrio	0.028
Corcho aglomerado puro	0.028 a 0.032
Corcho aglomerado con brea	0.042
Placas de lana mineral	0.045
Vermiculita exfoliada	0.05
Paneles de fibra de madera blanda	0.05
Hormigón celular de densidad 300 Kg/m ³	0.05
Fibro-hormigón granulado	0.065
Hormigón celular de 350 Kg/m ³	0.068
Hormigón celular de 400 Kg/m ³	0.070
Paneles de viruta de madera	0.080
Hormigón celular de 500 Kg/m ³	0.090
Fibro-hormigón moldeado	0.098
Hormigón celular de 700 Kg/m ³	0.120
Madera de encino	0.180 a 0.350
Madera de pino	0.140 a 0.300
Hormigón celular de 1,000 Kg/m ³	0.182
Cámara de aire	0.280
Paneles de yeso	0.300
Ladrillo hueco	0.350
Yeso en revestimiento interior	0.480
Arena	0.500

TABLA N^o 1 (continuación).

Material	Coefficiente
Vidrio	0.500 a 1.000
Hormigón de escorias	0.600
Placas de fibro-cemento	0.700
Ladrillo macizo	0.750
Revoque normal en exteriores	0.750
Asfalto	0.800
Baldosas y azulejos corrientes	0.900
Hormigón ordinario sin vibrar	0.920
Hormigón ordinario vibrado	1.200
Hormigón armado	1.300
Pared de maçonstería	1.300 a 2.100
Piedras areniscas y calizas	1.500
Pizarra	1.800
Mármol	1.800 a 3.000
Piedras naturales compactas	2.500
Granito	2.700 a 3.500
Plomo	30.000
Hierro	45.000
Zinc	95.000
Aluminio	175.000
$\lambda: (\text{Kcal m/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	

COEFICIENTES DE CAMBIO DE CALOR TABLA N^o 2.

EN LOCALIDADES CERRADAS.

Paredes y tabiques	$\alpha_1 = 7 \text{ cal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$
Suelos y techos, con transmisión del calor de abajo arriba.	$\alpha_1 = 7 \text{ cal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$
Suelos y techos, con transmisión de calor de arriba abajo.	$\alpha_1 = 5 \text{ cal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$
Zonas de aire inmóvil (esquinas, etc.)	$\alpha_1 = 4 \text{ cal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$

AL AIRE LIBRE.

En las aglomeraciones urbanas	$\alpha_2 = 20 \text{ cal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$
En zonas expuestas a vientos fuertes	$\alpha_2 = 25 \text{ cal/m}^2/\text{h}/^\circ\text{C}$

$\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ son los coeficientes de conductibilidad térmica (tabla N^o 1).

Si ahora a una pared determinada (muro, techo, etc.) de coeficiente de transmisión de calor determinado K añadimos un espesor e de un aislante de coeficiente de conductibilidad λ_1 , obtenemos una nueva pared compuesta, cuyo coeficiente de transmisión de calor K_1 se podrá calcular por la fórmula.

$$\frac{1}{K_1} = \frac{1}{K} + \frac{e_1}{\lambda_1} ; (25)$$

En la tabla N^o 3 se indican algunos coeficientes K de varios tipos de muros, techos, cubiertas, puertas y ventanas.

COEFICIENTE DE TRANSMISION DEL CALOR TABLA N^o 3

Elemento.	Coef. de transmisión
Cubierta de hormigón armado de 5 cm de espesor.	3.7
Cubierta de hormigón armado de 10 cm de " .	3.2
Tabicones de ladrillo de 10 cm.	2.5
Paredes de ladrillo de 15 cm.	2.0
Paredes de ladrillo de 30 cm.	1.5
Paredes de ladrillo de 45 cm.	1.2
Paredes de ladrillo de 60 cm.	0.9
Paredes de ladrillo de 30 cm. con cámara de aire de 10 cm.	1.3
Paredes de ladrillo de 45 cm. con " " " " 15 cm.	1.00
Puertas.	2.5
Balcones, ventanas y vidrieras	5.00

Elemento.	Coef. de transmisión
Vidrieras dobles	2.3
Puerta exterior de madera	4.5
Puerta exterior de hierro	6.5
Ventana sencilla marco madera	6.0
Claraboya sencilla	7.00

A las pérdidas deducidas con estos coeficientes, hay que agregarles los siguientes suplementos:

Habitaciones con pared exterior orientada al N, NE, NO o E-15%

Habitaciones con pared exterior orientada al O, SE o SO-----10%

Habitaciones de esquina -----5 %

Fachadas expuestas al viento en calles de más de 40 m

de ancho o frente a desembocaduras de calles -----10%

Habitaciones con altura de techo superior a 4.00 m.-----2.5%

Al total que resulte se le añadirá todavía un suplemento del 15 al 20 % si se trata de instalaciones con servicio irregular o intermitente (conciertos, salas de conferencias etc.) (26).

El comportamiento térmico de las edificaciones (ganancia o pérdida de calor) depende de admitir las influencias ambientales que son deseables y excluir las indeseables, esto se logra por medio de los controles térmicos pasivos y activos.

Los controles térmicos pasivos pueden lograrse por medio del control de la radiación solar, con dispositivos de apantallamiento verticales y horizontales que pueden ser fijos o móviles - la forma, orientación y altura del edificio, por medio de un --

aislamiento térmico de los elementos envolventes, la posición - relativa del aislamiento y capacidad, tamaño y dirección de las ventanas, tipo de cristales, etc.

Pero si no se lograra con estos medios un confort para los - usuarios si lograria reducir los costos para una instalación de control activo, que utilice algun tipo de consumo energético, - como por ejemplo la calefacción o el aire acondicionado.

8.1 MATERIALES PARA EL AISLAMIENTO TERMICO EN LA CONSTRUCCION.

Los materiales de aislamiento térmico empleados en la indus- tria de la construcción deben tener una conductividad térmica - baja. El valor limite es la conductividad térmica del aire con- plementamente en calma es decir ($0.023 \text{ Kcalm/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Puede obtenerse un valor bastante próximo a este cuando el - material para el aislamiento térmico tiene una proporción de -- huecos muy elevada con tal de que estos sean lo bastante peque- ños como para limitar rigurosamente la microconvección.

8.1.1 EL CORCHO Y SU DERIVADOS.

El corcho procede de la corteza del árbol denominado alcorno que y está constituido esencialmente por células tubulares mi-- croscópicas de tejido organico, llenas de aire, sin comunicaci- ón alguna entre sí y aglomeradas con substancias resinosas.

El corcho aglomerado es parte de los desperdicios de la in - dustria corchotaponera, que es el que se usa en la construcción estos desperdicios se reducen a aserrín por medio de máquinas - ralladoras y molinos especiales, esterilizandose a 150°C con el-

fin de evitar el desarrollo de hongos o microorganismos.

Sus propiedades principales son:

Densidad 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

Coefficiente de conductividad térmica 0.032 Kcal m/hm² °C.

El corcho es imputrescible y elástico, su combustión es muy lenta. Sus usos principales son: aislamiento del calor, frío y sonido; su campo de aplicación es muy vasto, en la construcción - de viviendas, como pavimento continuo o en forma de parquet, en paredes o techos, juntas de dilatación, relleno de cámaras, recubrimiento de tuberías de calefacción y aire acondicionado, en bases de máquinas para la absorción de las vibraciones y ruido.

3.1.2 FIBRA DE VIDRIO.

Es un material en forma de fibras, obtenidas del vidrio por diversos procedimientos: Estirado del vidrio por centrifugación al caer este sobre un disco de movimiento rápido de rotación se obtiene la fibra llamada "lana de vidrio".

Estirado mecánico del vidrio fundido por hileras de diámetro variable y su enrollamiento sobre tambores que giran a gran velocidad, este producto que se obtiene se llama "seda de vidrio" se distingue por su textura muy fina.

Por su composición estable, rigurosamente homogénea imutacable por los agentes químicos, es incombustible e imputrescible - además es refractario a la acción de los agentes atmosféricos -

es higroscópico, etc.

Estos aislantes térmicos de fibra de vidrio son además aislantes acústicos, existen una gran variedad en el mercado nacional para diferentes usos.

Para falso plafón de gran belleza decorativa, placas rígidas para el aislamiento de techos, en rollos con película vinílica para el aislamiento interior de naves industriales, en rollos y placas para acabados, para aislar tuberías para calefacción o refrigeración, materiales rígidos y semirígidos.

Los productos desarrollados para el aislamiento de techos son placas rígidas de fibra de vidrio aglutinada con una resina fenólica de fraguado térmico, llevando las placas en su cara superior, un recubrimiento de papel que evita la absorción de asfalto de la fibra durante su impermeabilización.

Existen 2 tipos principales para soportar cargas permanentes de $1,300 \text{ Kg/m}^2$ y de $4,800 \text{ Kg/m}^2$. Estos se pueden aplicar sobre cualquier superficie si ésta se encuentra lisa, limpia y seca - su adhesión se hace con asfalto caliente (70°C) en contacto con la cara que no está cubierta con papel, soportan temperaturas hasta 232°C .

Los valores de la resistencia térmica varían en función de su espesor. Los que se presentan en rollos con película vinílica, son de tipo colchoneta, formados por fibras aglutinadas en resinas fenólicas especiales y recubiertos en su cara aparente con una película vinílica flexible, se usan principalmente para

el aislamiento interior de naves industriales teniendo ventajas principalmente en el ahorro en la instalación de calefacción o aire acondicionado.

Su conductividad térmica es: $0.0316 \text{ Kcal m / h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Otra presentación de material de fibra de vidrio es en rollo o placas semiflexibles de color rosa, recubiertas en una de sus caras con papel.

Sus principales características:

límite máximo de temperatura de 232°C .

Sus usos principales en la construcción:

Aislamiento interior de muros de mampostería.

Aislamiento en el interior de cancelas divisorias prefabricados

Aislamiento complementario encima de un falso plafón

Aislamiento de cierto tipo de pisos.

Los fabricados para el aislamiento de tuberías de calefacción o refrigeración se presentan en dos tipos de placas rígidas o semirígidas.

Sus principales características:

materiales rígidos:

Conductividad térmica + $0.027 \text{ ó } 0.030 \text{ Kcal m / h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Densidad + $64 \text{ ó } 96 \text{ Kg / m}^3$

materiales semirígidos:

Conductividad térmica = $0.029 \text{ ó } 0.038 \text{ Kcal m / h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Densidad = $16 \text{ a } 32 \text{ Kg / m}^3$

utilizable para temperaturas de 84°C hasta 232°C.

Los fabricados para el aislamiento de equipos industriales-- que operan a altas temperaturas hasta de 538°C, estos se usan para el aislamiento de calderas, tanques, hornos industriales.

Este producto es de color blanco con apariencia semejante al algodón, consistente en fibra de vidrio impregnada con muy pequeñas cantidades de aceite lubricante que lo hace manejable y le da resistencia a la abrasión. Para usos especiales el aceite puede ser eliminado con bencina o tetracloruro de carbono.

Sus principales características:

Conductividad térmica = varia de 0.275 a 0.226 Btu in/h sqft °F de acuerdo a las variaciones de densidad de 16 a 48 Kg/ m³.

Utilizable para temperaturas hasta 538°C.

Todos estos materiales de fibra de vidrio proporcionan muchas ventajas:

Maxima eficiencia térmica: lo cual se traduce en menores espesores necesarios y menor costo.

Incombustibles: lo cual evita accidentes.

Resilientes: recuperan su forma cuando cesan las presiones que lo deforman, por su elasticidad ocupan plenamente los espacios sin dejar huecos sin aislamiento.

Inorgánicos: lo cual asigna su larga duración.

No favorecen la corrosión.

Facil de instalar y colocar. (27).

8.1.3 LANA MINERAL.

La lana de roca es un material fibroso hecho a partir de la diabasa mineral que es una roca ígnea muy dura de composición bastante constante. Este mineral se funde a una temperatura muy elevada en un horno y luego se extrae por estirado en diminutas fibras delgadas mediante una máquina de hilar. La superficie de la lana mineral se trata con una mezcla de aceite y resina fenólica. Este material no puede ser atacado por insectos ni puede pudrirse, es muy resistente al fuego y puede cortarse y conformarse con facilidad.

Su conductividad térmica = 0.034 y 0.037 Kcal m/h m² °C.
La compresibilidad de este material varía considerablemente con su densidad.

8.1.4 HORMIGÓN CELULAR.

Este material se fabricó por primera vez en Suecia en el año 1929. Desde entonces ha tenido un gran desarrollo tanto en las técnicas de fabricación como en su utilización.

Sus componentes son: la cal y el bioxido de silicio, se muelen juntos finamente. La materia silícea puede variar considerablemente en su composición; ya que se usan materiales de desperdicio tales como las cenizas finas de esquisto, escorias de alto horno, así como de las puzolanas naturales, piedra pómez, etc. La molienda se efectúa en seco y en circuito cerrado y la mezcla es de un 30 % de cal y 70 % de materia silícea, se mezcla con agua para formar una lechada, se añade luego polvo de -

aluminio teniendo lugar una reacción química. El efecto de la reacción es el de producir un material poroso al efectuarse las burbujas. Se acostumbra acelerar el fraguado en autoclaves con vapor recalentado.

Los valores del coeficiente de conductividad térmica varían en función de su densidad.

Teniendo aplicaciones para construir paredes, revestimiento de calderas de calefacción, cámaras de refrigeración, también puede aplicarse monolíticamente.

Los ladrillos celulares de hormigón se pueden fabricar agregando a la arcilla perlas preexpandidas de poliestireno, que durante el proceso de cocción, las perlas sufren una gasificación total y dejan en el ladrillo una estructura celular formada por poros esféricos cerrados, repartidos uniformemente por la totalidad de la masa.

8.1.5 ESCORIAS DE ALTOS HORNOS.

Este material se utiliza independientemente como relleno suelto para aislamiento térmico o combinarse con mortero de cemento formando un hormigón de peso ligero.

Este material se obtiene durante la producción del hierro y del acero en los altos hornos o en los hornos eléctricos. Si esta escoria se moja con agua después de salir del horno y se calcina de nuevo, crece muchas veces de volumen para formar un material de una densidad: 0.14 a 0.16 Kg/dm^3 .

Dicha escoria se forma en gránulos expandidos conteniendo --

hasta un 92 % de aire en volúmen y tiene un valor aproximado de 0.096 Kcal m/h m² °C de coeficiente de conductividad térmica.

Como es un material inorgánico, está absolutamente a salvo-- de los ataques producidos por insectos y organismos microscópicos y es totalmente resistente al fuego. El azufre contenido en el material está principalmente en forma de piritas y de esta forma el material no aumenta el riesgo de corrosión. Pero el material tiene la absorbencia del agua natural de la materia silicea porosa por lo tanto no es aconsejable utilizarlo donde exista el riesgo de humedad.

8.1.6 VERMICULITA

La vermiculita es el nombre geológico dado a un grupo de minerales laminares hidratados, que son silicatos de aluminio, -- hierro, magnesio y que tienen apariencia de mica. Este material se encuentra en muchas partes del mundo, su temperatura de fusión es de 1,315 °C. y se fabrican de diferentes densidades.

Los materiales de mayor densidad se utilizan como agregados-- de yeso y para el aislamiento de altas temperaturas. En general se utilizan las calidades finas para las temperaturas más elevadas y las calidades gruesas para las temperaturas más bajas.

La vermiculita de baja densidad se usa para el aislamiento -- de los techos de las casas y en algunas cámaras de aire de ciertas paredes.

También se fabrica hormigón de vermiculita mezclándose con -- cemento y agua.

8.1.7. AMIANTO ROCIADO.

El amianto es un mineral compuesto de sílice, magnesio, alúmina y cal. Es fibroso y resistente a la acción del fuego, se utiliza para hacer tejidos y papeles incombustibles.

En la industria de la construcción se usa para mejorar el aislamiento térmico y acústico, se compone de fibras de amianto tratadas especialmente las cuales se hallan en suspensión en agua y se rocían por medio de una pistola de chorro múltiple en las superficies interiores de paredes y techos etc. Este material se adhiere instantaneamente a cualquier tipo de material de construcción permaneciendo en estado plástico durante unas dos horas, en cuyo tiempo puede ser aplanado o moldeado según se necesite, después de 8 horas se convierte en una protección permanente.

Su coeficiente de conductividad es de 0.14 a 0.63 Kcal m/h - m² °C.

8.1.8. ARCILLA EXPANDIDA.

El esponjamiento de la arcilla se consigue sometiéndola a una elevada temperatura hasta alcanzar el punto de fusión, momento en que tiene lugar la expansión, a continuación la arcilla se tritura y se clasifica por tamaños, pues la densidad depende de la granulometría.

Utilizando la arcilla expandida se pueden fabricar ladrillos bloques etc. Para el aislamiento en la construcción, la arcilla expandida se emplea como relleno de las cámaras de aislamiento-

8.1.9 PLACAS DE VIDRIO CELULAR.

Son elementos constituidos por vidrio celular y que aparte de su aislamiento térmico y acústico, es ligero, inalterable rígido y no higroscópico.

Su aplicación de estas placas de vidrio celular se construyen cielos-rasos presentando una superficie muy agradable, para aislar techos en la parte superior, para aislar fachadas.

Se fabrican piezas huecas de vidrio moldeadas que están constituidas por dos elementos soldados en caliente, que dejan entre sí una cámara de aire perfectamente seca, estas condiciones aseguran una resistencia térmica y acústica.

8.1.10 PLACAS DE YESO Y CARTON (TABLAROCA).

Este material tiene un núcleo interior de yeso que no se dilata ni se contrae con el cambio de temperaturas. Está recubierto por ambos lados con una placa de cartón. El coeficiente de conductividad térmica es aproximadamente de $0.133 \text{ Kcal m/h m}^2\text{°C}$. Estos materiales están calculados para ser clavados directamente en las paredes con clavos especiales. También se utilizan para plafones falsos se fijan al techo con unos soportes de metal dejándolos colgar varios centímetros. Las placas de yeso se fijan a estos soportes para obtener una superficie de cielo raso-seca, térmicamente aislante y absorbente del sonido.

Pueden incrementarse el aislamiento térmico de estas construcciones de plafones falsos colocando mantas de fibra de vidrio o de lana mineral de estos.

8.1.11 PLACAS DE MADERA IMPREGNADAS.

Estas placas se hacen comprimiendo fibras de madera e impregnándolas bajo presión con yeso para producir unidades petrificadas de peso ligero, son usadas para techos por su buena capacidad de sustentación y para paredes de peso ligero aislantes de calor y sonido. Su coeficiente de conductividad térmica es de: $0.074 \text{ Kcal m/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ y tienen una resistencia al fuego muy elevada.

Existen otras placas constituidas esencialmente por un enlace de fibras de madera, químicamente impregnadas y adheridas -- con cemento bajo presión controlada, como resultado del proceso de fabricación se forman numerosos huecos a manera de celdillas que retienen el aire y en consecuencia adquiere cualidades de aislamiento termo-acústico, teniendo su conductividad térmica-- de $0.071 \text{ Kcal m/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

También se fabrican aislantes térmicos mezclando cemento y virutas de madera. Las virutas deben someterse a un tratamiento especial denominado mineralización con el fin de lograr que la materia orgánica resulte resistente y no entre en putrefacción-- este material se aplica en aquellas obras en que se impone un aislamiento térmico, acústico e igneo. Su coeficiente de conductividad térmica en función de su densidad.

8.1.12 PAPEL ONDULADO.

Este material se compone de arrugas múltiples de papel impregnado con una mezcla de asfalto, se producen en planchas y-

de varios espesores. Está pensado como material de aislamiento-térmico para ser empleado en paredes de armazón de madera que - sirven de pared, tabique o suelo.

La conductividad térmica es aproximadamente de:
 $0.035 \text{ Kcal m/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}.$

Este material tiene ventajas muy considerables sobre otros - materiales de aislamiento, en que debido a su naturaleza elástica, puede adaptarse para formar una protección contra el viento realmente eficaz, impidiendo de este modo las pérdidas de convección que aparecen a menudo cuando el material de aislamiento térmico en el interior de una pared de entramado no encaja totalmente. El material puede encajarse presionándolo contra el revestimiento de la pared dejando una cámara de aire de ventilación en el exterior, alternativamente llenando la cavidad entera de él.

8.1.13 FIBRAS DE COCO.

Las fibras de coco se obtienen de la parte exterior de los - mismos y son particularmente recias y elásticas. Este material puede utilizarse como aislamiento térmico cuando las fibras afiladas se intercalan entre el papel y se protegen por ambos - lados con una capa de alquitran, teniendo una conductividad térmica aproximadamente de $0.06 \text{ Kcal m/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}.$

Este material es completamente hidrofugante y se utiliza para el aislamiento térmico debajo del pavimento así como para el aislamiento interior de las paredes, cuando sostiene el yeso --

del interior, también mejora el aislamiento acústico de las paredes delgadas.

8.1.14 PLACAS CON ALMA DE POLIURETANO.

Después de una larga investigación físico-química, se logró la obtención de paneles con alma de poliuretano inyectado con una junta de neopreno. El poliuretano se inyecta a presión entre las dos caras del acabado, durante la elaboración del panel las caras interior y exterior pueden ser de materiales normales empleados en la construcción, tales como fibrocemento, acero galvanizado, aluminio, vidrio, mármol, etc. e incluso permite combinaciones de estos. Las diferencias de dilatación que pueden tener lugar en los diversos materiales, son absorbidos totalmente por la junta de neopreno.

Estos paneles se han venido utilizando en los Estados Unidos y Europa, principalmente como muros cortina y distribución interior con resultados satisfactorios.

Es un excelente aislante térmico, resistente al hielo (+ 35°C. a -35 °C), resistente a la flexión, vibración, humedad y a gran parte de agentes químicos, no es combustible más que en contacto directo, teniendo otras aplicaciones en cubiertas, edificios prefabricados cámaras y vagones frigoríficos, etc.

8.1.15 PLÁSTICOS.

Se llaman plásticos, aquellos productos artificiales obtenidos por vía de reacción química a partir de materias primas no resinosas, y que una vez formadas presentan ciertas condiciones

privativas de las resinas naturales, tales como plasticidad, -- ductilidad y moldeabilidad, por cuyo motivo han sido califica-- das como resinas sintéticas.

La industria del aislamiento, ha sido revolucionada por el -- desarrollo de gran número de materiales plásticos celulares y -- plásticos espumados, que pueden dividirse en aquellos en los -- cuales los poros de la estructura celular no están interconecta-- dos y aquellos en que su estructura porosa es continua.

Los plásticos celulares que tienen los poros cerrados tienen su coeficiente de conductividad térmica ligeramente inferiores-- que los de poros abiertos. Los factores más importantes a consi-- derar en los plásticos actualmente disponibles son:

Resistencia a la tensión y a la compresión.

Elasticidad.

Capacidad de repulsión del agua.

Fácil aplicación.

En este campo el desarrollo técnico es extraordinariamente -- rápido en la actualidad y solamente mencionaremos algunos:

a).-Poliestireno Expandido.

Los componentes de esta familia son resinas obtenidas por po-- limerización del estireno. El monómero estireno es uno de los -- compuestos vinílicos más antiguos, se obtiene a partir del ben-- ceno y del etileno, derivados ambos de la hulla y del petróleo. Aunque el etileno puede conseguirse también a partir de radica-- les de alcohol.

Los compuestos de poliestireno en estado sólido son resinas-termoplásticas sin olor ni color pero fácilmente coloreables - por la adición de pigmentos en la mayoría de sus variantes, se pueden considerar cinco grupos diferentes:

Poliestireno normal.

Poliestireno antichoque.

Poliestireno extrusionado.

Poliestireno llamado ABS.

Poliestireno expandido.

El poliestireno normal cuya estructura molecular es en cadena, cuyas características principales son:

Son claros, transparentes e incoloros.

Poseen un alto poder aislante ante la electricidad, incluso en altas frecuencias.

Material impermeable.

Elevada resistencia a los agentes corrosivos.

Baja densidad, es el plástico más ligero.

El poliestireno antichoque o de alto impacto, tienen las mismas propiedades mencionadas para el poliestireno común, pero notablemente aumentadas. Por ejemplo la resistencia a los impactos puede ser hasta 10 veces más grande.

El poliestireno extrusionado se obtiene por extrucción del poliestireno en gránulos, se conoce como una espuma rígida, sus propiedades son:

Su excelente poder aislante térmico.

Alta resistencia a la compresión.

Nula capilaridad.

Difícilmente inflamable.

Poliestireno llamado ABS que se obtiene por copolimerización conjunta del acrilonitrilo y el butadieno, en lugar de seguir el procedimiento convencional.

Poliestireno expandido. Es un producto de espuma dura y muy ligera se presenta en forma de planchas, bloques, cintas, láminas y cuerpos moldeados, su forma original está constituido de pequeñas partículas esféricas (perlas) de aproximadamente 1 mm de diámetro que al ser expandidas forman los bloques.

Entre sus características más importantes podemos señalar las siguientes:

Color	Blanco nieve
Sabor	No tiene
Ceficiente de conductibilidad térmica	0.0265 K-Cal-/cm/m ² -hr/°C 0.21 BTU/in/sq. ft-hr/°F
Peso específico	20 a 30 Kg/m ³
Difusión de vapor de agua	0.80 g/m ² h.
Absorción de agua	0.70 vol%
Resistencia a la flexión	1.0 a 1.2 Kg/m ²
Resistencia a la compresión	1.0 a 1.5 Kg/cm ²
Resistencia contra golpes	0.2 a 0.3 cm Kg/cm ²
Utilizable para temperaturas de	-200°C a + 75°C.

Usos: cámaras de refrigeración, en edificaciones, etc.(28).

b).-Espumas de Vinilo; están hechas de mezclas de acetato de polivinilo, cloruro de polivinilo y plastificantes. Una de sus presentaciones es en forma de paneles que son muy fuertes y resistentes a la presión.

c).-Polietileno; son obtenidos por la reacción química del tereftalato de dimetilo y etileno glicol, han alcanzado una gran difusión debido a su capacidad de formar fibras y películas muy resistentes a la acción de infinidad de agentes químicos, actualmente se está tratando de producir polietileno expandido, para así conseguir una densidad baja.

d).-Polipropileno; estas resinas se obtienen de los hidrocarburos del petróleo, sus propiedades físicas se mejoran notablemente con la adición con fibras de amianto, fibra de vidrio polvos de talco, etc. Se está tratando de reducir su densidad expandiéndolo formando de espumas de polipropileno.

e).-Poliuretano expandido; forman una de las más importantes familias de los plásticos, caracterizados por la extraordinaria versatilidad de su estructura química y las propiedades que de ello se derivan.

La espuma de poliuretano, rígida y no rígida se producen en fabricas con densidades de 0.024 y 0.096 Kg/dm³ y su conductividad térmica entre 0.029 y 0.037 Kcal m/h m² °C.

Ofrece otras ventajas como la ausencia de corrosiones, su excelente estabilidad a la intemperie, sus propiedades aislantes del calor y del sonido y su gran resistencia mecánica.

f).-Espuma de Formaldehído de urea:

Esta familia está formada por productos de condensación obtenidos por reacción de la urea tratada con formaldehído, en presencia de un catalizador alcalino y a temperaturas que pueden superar los 100°C.

Se forma primeramente urea dimetilol, compuesto de peso molecular elevado, que al condensarse constituye la propia resina.- Esta, presenta el aspecto de un jarabe acuoso, que a efectos industriales debe mezclarse con ciertas cargas y una vez seca, se convierte en polvos de moldeo. Por su parte la urea es obtenida sintéticamente por medio de dos gases, amoníaco y bioxido de carbono.

Una de las formas de aislar una edificación es de construir muros de doble pared, dejando un espacio vacío entre ambas, la función de esta doble pared es formar una cámara de aire, en teoría este tipo de aislamiento es bueno, pero en la práctica en esa cavidad se produce una continua circulación de aire y una transferencia de calor de la pared interior caliente; hacia la exterior. Para evitar este problema se inyecta espuma aislante de urea-formaldehído a baja presión para rellenar tal espacio, se basa en imposibilitar la citada circulación de aire y con ello evitar la correspondiente pérdida de calorías.

g).-Espumas Fenolicas; están hechas de resinas de formaldehído de fenol conteniendo un agente espumante y se emplean como núcleos en los paneles de construcción prefabricados.

CONCLUSIONES.

- 1.- La humanidad no podrá desarrollarse sin la energía, ni podrá sobrevivir sin la radiación solar.
- 2.- Las fuentes de energía producidas por energéticos no renovables se agotarán un día no muy lejano.
- 3.- El único camino para sobrevivir es el uso de energéticos renovables o inagotables como la energía solar.
- 4.- La forma de utilizar la energía solar es, de captarla por medio de colectores planos, parabólicos o convirtiéndola en electricidad y almacenándola para los días de poca radiación.
- 5.- El ser humano en su inquietud de vivir mejor y más confortable, emplea técnicas para controlar la temperatura dentro de sus viviendas y una de ellas es el uso de la energía solar para la calefacción y refrigeración de las mismas.
- 6.- Para lograr una eficiencia es necesario aislar las edificaciones con materiales térmicos, existen una gran variedad de materiales para este aislamiento.

7.- Al emplear energía solar para la calefacción o refrigeración es necesario aislar termicamente las construcciones para aumentar la eficiencia.

En el mundo entero se ha empezado a utilizar la energía solar para los usos domésticos como, calentamiento de agua, calefacción y refrigeración de viviendas, etc. Este movimiento hacia la energía inagotable se debe al aumento dramático del precio de los recursos convencionales tales como el petróleo y el gas natural. Además este recurso es benigno para el ambiente.

Las empresas vendedoras de calentadores solares de agua por energía solar ha crecido rápidamente, en muchos países. Sin embargo la sociedad no está preparada para la utilización de esta energía por carecer de información y publicidad sobre esta.

El objetivo de este trabajo es el de despertar el interés a mis compañeros estudiantes para el uso e investigación de este energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Polo Encinas, M. Energéticos y Desarrollo Tecnológico P.19
- (2) Ibid., P.237
- (3) Almanza, R. Lopez, S. Radiación Solar Global en la R.M. P.8
- (4) Kevin McCartney. Brian Ford. Agua Caliente Solar. P.1
- (5) B.J. Brinkworth. Energía Solar para el Hombre. P.24
- (6) B. Sutton. P. Harmon. Fundamentos de Ecología P.106
- (7) Ibid., P.51
- (8) J. Richard Williams. Tec. y Aplicaciones de la Energía Solar
P.10
- (9) Polo Encinas, M., ob. cit., P.149
- (10) S.V. Szokolay. Energía Solar y Edificación. P.19
- (11) Ibid., P.26
- (12) Ibid., P.26
- (13) Polo Encinas, M., ob. cit., P.150
- (14) Ibid., P.152
- (15) J. R. Williams., ob. cit., P.24
- (16) Kevin McCartney., ob cit., P.14
- (17) S.V. Szokolay., ob cit., P.50
- (18) J. R. Williams., ob. cit., P.33
- (19) Ibid., P.38
- (20) Ibid., P.45

- (21) S. V. Szokolay., ob. cit., P.53
- (22) Ibid., P.24
- (23) Payá Miguel. Aislamiento Térmico y Acústico. P.12
- (24) Ibid., P.14
- (25) Ibid., P.13
- (26) Company, Manuel. Calculos de Construcción. P.643
- (27) Vitro-fibras, S.A.
- (28) Aislantes de Mexico y representaciones S.A.

B I B L I O G R A F I A .

Polo Ecinas Manuel, Energéticos y Desarrollo Tecnológico.

México. Ed. Limusa. 1979

S. V. Szokolay. Energía Solar y Edificación.

España. Ed. Blume. 1978

B. J. Brinkworth. Energía Solar para el Hombre.

España. Ed. Blume. 1981

Kevin, McCartney. Brian, Ford. Agua caliente Solar.

España. Ed. Blume. 1981

J. Richard Williams. Tecnología y Aplicaciones de la Energía S.

España. Ed. Librería Tec. Bellisco. 1976

David, B. Sutton. N. Paul Harmon. Fundamentos de Ecología

México. Ed. Limusa. 1980

Company, Manuel. Cálculos de Construcción.

España. Ed. G. Gili, S.A. 1973

Lampe. Pfeil. Schmittlutz. Tokars.

Instalaciones de Ventilación y climatización en la Planificación de las obras.

España. Ed. Blume. 1977

Nueva Enciclopedia Temática.

Panamá. Tomo 1. Ed. Richards, S.A. 1973

Payá, Miguel. Aislamiento Térmico y Acústico.

España. Ed. Ceac. 1980

Juan de Cusa. Aplicaciones del plástico en la Construcción.

España. Ed. Ceac. 1979

E. Diamant. Aislamiento Térmico y Acústico.

España. Ed. Blume. 1979

Almanza, R. Lopez, S. Radiación Solar Global en la Republica --
Mexicana Mediante datos de Insolación.

México. UNAM. 1975

Mecánica Popular. Mayo 1981