



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ARQUITECTURA

286363

INTEGRACION DE LA ENERGIA SOLAR
AL DISEÑO ARQUITECTONICO.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
A R Q U I T E C T O

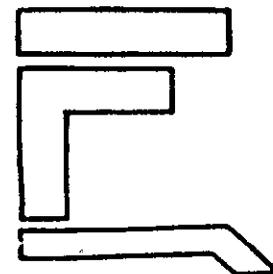
P r e s e n t a

CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO

Asesores: Dr. Alvaro Sánchez González
Arq. Luis Fernando Guillén Oliveros
Arq. Jorge Quijano Valdez

México, D. F.

2000





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

BASADA EN LOS APUNTES DE LA CLASE DEL
ARQ. SIMON BALI BABANI EN LA FACULTAD
DE ARQUITECTURA. UNAM COMO SINTESIS
DE 30 AÑOS DE EXPERIENCIA EN EL CAMPO
DE LA ENERGIA SOLAR.

**A Dios, a mi familia
al Cosmos
(incluyendo a Carl Sagan)**

Una familia cósmica

*El Sol sale, se eleva,
se acerca, viene,
irradiando su brillo.
Brilla en su suntuoso esplendor
y en su resplandeciente majestad.
¡Salve, oh Sol, salve!
Fuente de la luz y de la vida, ¡salve!
¡A ti, la mas bella imagen de la divinidad,
te saludamos agradecidos!
¿Quién puede expresar todas las alegrías,
que tus favores despiertan en nosotros?
¿Quién puede contar los beneficios
con los que nos inunda tu clemencia?
Las alegrías, ¿Quién puede expresarlas?
los beneficios ¿Quién puede contarlos?
¿Quién los expresa? ¿Quién los cuenta? ¿Quién?
Te debemos lo que nos alegra.
Te debemos lo que nos anima.
Te debemos lo que nos da la vida.
Pero debemos al Creador
todo lo que tu poder realiza.
¡Salve, oh Sol, salve!
Fuente de luz y de vida, ¡salve!
Todas las voces te aclaman
te aclama la naturaleza*

*Las estaciones
Franz Joseph Haydn, 1801*

L

St

RECUERDA

VoBo

8, Mayo 2000

INTEGRACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A escasos años para que finalice el siglo y el milenio, los grandes avances tecnológicos e informáticos han propiciado una creciente demanda de energía que nos lleva a un gran déficit debido a que las fuentes actuales de energía no llegan a satisfacer en su totalidad los requerimientos solicitados por la población mundial.

En la Arquitectura las redes de sistematización y automatización de todas las instalaciones nos obliga a considerar siempre en los programas arquitectónicos, esquemas de funcionamiento y finalmente en los proyectos un cuarto o casa de máquinas que surtirán de energía y otros servicios al edificio completo.

Llegará el momento en que las fuentes de energía como son los combustibles fósiles (carbón petróleo y gas natural) se consuman totalmente con el consiguiente paro de las plantas termoeléctricas, de que la mayoría de los ríos del planeta ya se hayan empleado para la movilización de las plantas hidroeléctricas por medio de presas o de que las plantas nucleares hayan ya perdido la plena seguridad y confianza ocasionado por la ineficiente capacitación del personal que las controla y aún así no se haya logrado satisfacer las demandas de energía. Podríamos imaginar que sería un hospital sin el abastecimiento constante y oportuno de electricidad o de gases

medicinales que de alguna manera son conducidos a los lugares en donde se requiere a través de medios mecánicos movidos de una u otra forma por energía eléctrica.

La opción radica, tanto para la tecnología en general como para la arquitectura misma en emplear e integrar al diseño arquitectónico una fuente de energía que, a la escala y perspectiva humana, es inagotable: la utilización de un enorme reactor de fusión colocado a una distancia de ciento cincuenta millones de kilómetros de distancia y que no cuesta absolutamente nada el producirla, solamente se requiere el equipo necesario para su aprovechamiento. se trata de "La energía solar".

Junto con el aprovechamiento de la energía solar integraré conceptos que se utilizaron en el México Mesoamericano: el empleo de temas astronómicos como principios de diseño arquitectónico, recuperar el trazo cósmico-geométrico de las ciudades y de los edificios.

La especie humana la podemos definir como una evolución cósmica de quince mil millones de años que ha transformado la materia en vida y conciencia. Materia de estrellas observando a las estrellas; es el momento en que est principio cobre sentido nuevamente tal y como lo hicieron los pueblos mesoamericanos, ellos tenían razón en rendirle culto al Sol porque somos sus criaturas; así como decía Walt Whitman: "Una brizna de hierba en un día de trabajo del Sol".

Que pasará el día en que solamente dispongamos de dos fuentes de energía, ambas nucleares? de ser así entonces ¿cuál será la imagen de la Arquitectura y de las ciudades del futuro no muy lejano?.

Quiero hacer mención de que este tema que estoy proponiendo lo he estado estudiando tiempo atrás en lo que se refiere a la integración de la Arquitectura con el Cosmos (y en este caso particular con el Sol) y por invitación, propuesta y apoyo en lo que respecta al aprovechamiento de la energía solar de parte del Arq. Simón Bali Babani de quien fui su alumno en esa materia y de donde me invitó para seguirla impartiendo en su lugar. Así, espero que el desarrollo de este tema más los conocimientos que surjan con nuevas generaciones hagan de la energía solar la fuente de energía del futuro por excelencia.

INTRODUCCIÓN

"Al mundo entero agregó nuestro Padre el Sol, doy mi luz y mi resplandor; doy calor a los hombres cuando tienen frío; hago que sus campos fructifiquen y que su ganado se multiplique; cada día que paso doy la vuelta al mundo para estar más enterado de las necesidades del hombre y para satisfacer estas necesidades. Seguid mi ejemplo."

Mito inca incluido en los *Comentarios reales*
de GARCILASO DE LA VEGA, 1556.

El empleo y aprovechamiento de la energía solar involucra aspectos que van desde el uso de los factores del clima, como son: la temperatura, los vientos, precipitación y humedad atmosférica; tener entonces plena conciencia de un tema que se vive y escucha a diario por el radio y la televisión pero que en la Arquitectura se aplica poco; el criterio de una adecuada orientación dependiendo del género del edificio y de su ubicación geográfica, es aquí donde se relaciona al edificio en proyecto con el recorrido del Sol (o de las estrellas como se hacía en la antigüedad en donde se empleaba a la Arquitectura para hacer templos dedicados al Sol, desde Stonehenge en Inglaterra, pasando por la Casa Rincañada del pueblo Anazazi al suroeste de los Estados Unidos, hasta el Castillo de Kukulkán en Chichén Itzá, México.

Haré una revisión global de las diferentes fuentes de energía que hay disponibles en la actualidad con sus respectivas condiciones de eficiencia en el abastecimiento a los lugares en donde se requiere. Mencionaré ventajas y desventajas de las fuentes convencionales y no convencionales de energía para así pasar a explicar con grado de detalles en que consiste la energía solar y como puede ser aprovechada por medio de colectores solares, así como su Historia que viene desde la Grecia Antigua hasta nuestros días en donde ha habido aplicaciones solares en la industria como en la Arquitectura, el empleo de los sistemas pasivos de climatización como respuesta a las

condiciones climatológicas para pasar posteriormente al proyecto integral de la Arquitectura Solar haciendo un análisis de los aspectos económicos, financieros, costos, amortizaciones y comercialización, todo esto revisado en forma general para cualquier tipo de edificio y aterrizando en un caso particular revisando la red de instalaciones y la influencia en el diseño arquitectónico.

Como parte integrante de estos temas y esta problemática se reúne también todos los aspectos referentes a la ecología, agua, drenaje, basura y reforestación. Su normatividad actual y su incidencia durante el proceso de construcción de la obra.

La relación geométrica que guarda el diseño arquitectónico con el recorrido del Sol para el aprovechamiento de la energía trae consigo el conocimiento y la utilización de las leyes que rigen estos movimientos y que de alguna manera se basan en principios básicos empleados por la música; así tenemos que podemos enlazar a la Arquitectura y a la Música en sus armonías fundamentales con el Universo que les rodea tomando a la energía solar como pretexto para integrar lo que desde tiempo atrás he querido denominar como "Arquitectura Cósmica".

Carlos E. Romo Zamudio.

Ciudad Universitaria

México D.F. Septiembre/98.

Temario

Planteamiento del problema

Introducción

Cap. 1 Aspectos climatológicos.

- *Factores del clima.*
- *Tipos de climas.*
- *El clima en la República Mexicana y en la Ciudad de México.*
- *Confort térmico, eólico, de humedad, acústico y lumínico. Control para el confort.*

Cap. 2 Fuentes convencionales de energía.

- *Combustibles fósiles.*
- *Plantas hidroeléctricas.*
- *Plantas termoeléctricas.*

Cap. 3 Fuentes no convencionales de energía.

- *Eólica (vientos). Escala Beaufort de los vientos. Unidad de medición. Vientos dominantes en México*
- *Biomasa (orgánica). Ventajas y desventajas de su aprovechamiento.*
- *Nuclear (atómica). Riesgos en su aplicación, usos industriales y de investigación científica.*
- *Geotérmica. Ventajas y desventajas. Necesidades geológicas para el aprovechamiento de la energía geotérmica.*
- *Oceánica (olas y mareas). Lugares en donde se puede aprovechar la fuerza del oleaje*
- **SOLAR!**
 - *Radiación solar. Espectro electromagnético solar.*
 - *Unidad de Radiación. Radiación directa y difusa.*
 - *Asoleamiento en la República Mexicana.*
 - *La Gráfica Solar.*
 - *Efecto Invernadero.*

Conclusiones y decisiones.

Cap. 4 Aspectos astronómicos y geográficos.

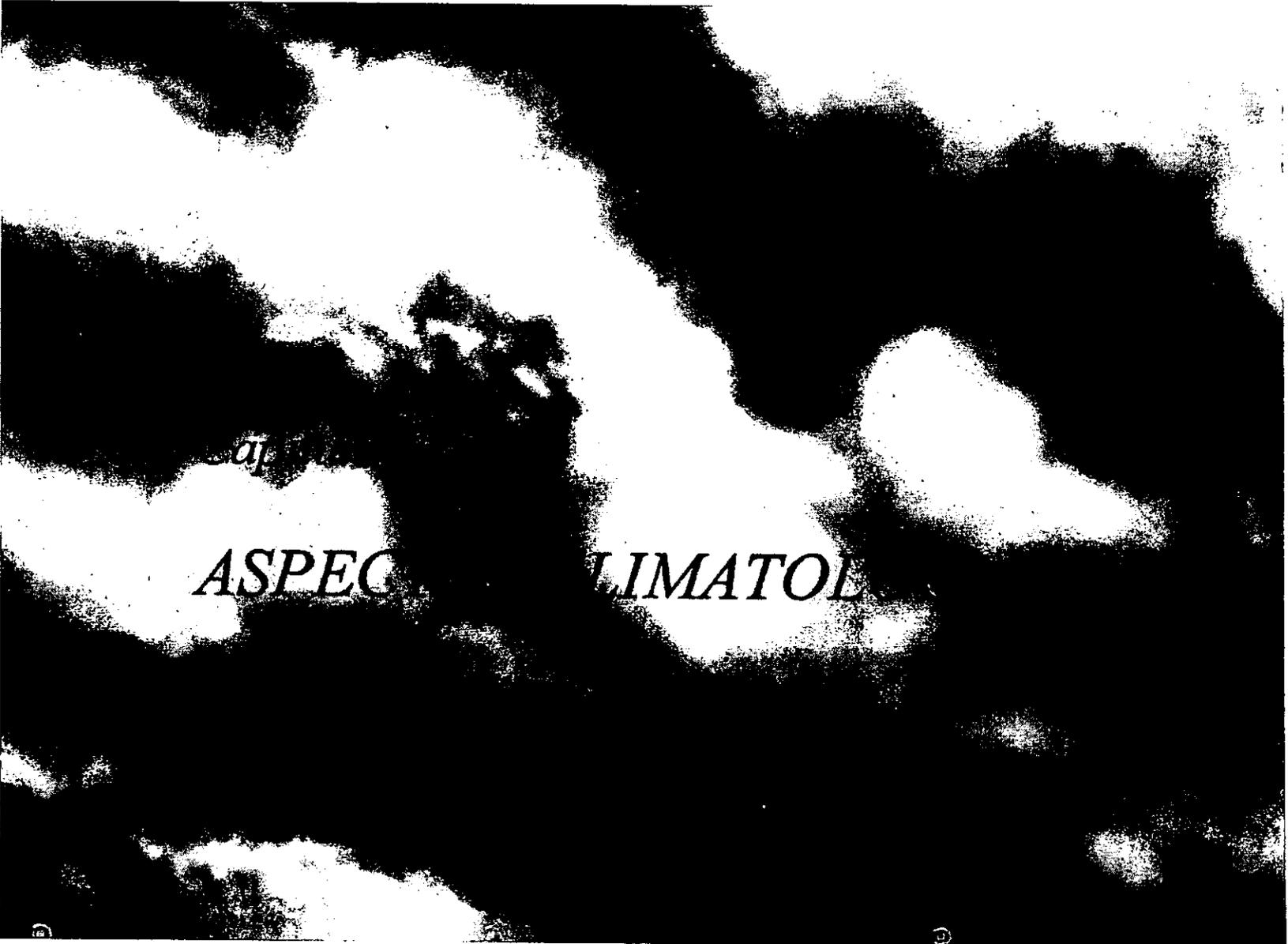
- *Principios de diseño mesoamericano en el trazo y orientación del proyecto arquitectónico con relación al movimiento aparente de los astros, en especial con el Sol.*
- *Orientaciones recomendables y su relación con las vistas del sitio.*

Cap. 5 Aplicaciones solares.

- *Destilación solar*
- *Desalinización.*
- *Calentamiento de agua para uso doméstico, industrial, comercial y recreativo.*
- *Calefacción solar.*
- *Masas térmicas.*

- *Producción de alimentos- Invernaderos.*
- *Electricidad solar -Fotoceldas y colectores concentradores.*
- *Refrigeración solar.*
- Cap. 6 *El colector solar.*
 - *Tipos de colectores: Planos, parabólicos (concentradores) y hornos solares.*
- Cap. 7 *Antecedentes históricos.*
 - *Religiosos.*
 - *Bélicos.*
 - *Industriales.*
 - *Invernaderos* *Producción de plantas y alimentos.*
 Secado de granos.
 Secado de madera
 - *Recreativos.- Albercas.*
- Cap. 8 *Sistemas pasivos de uso de energía solar.*
 - *Termosifón.*
 - *Muro trombe.*
 - *Domos, parteluces y tragaluces.*
- Cap. 9 *Sistemas activos de aprovechamiento de energía solar.*
 - *Fotoceldas solares.*
 - *Máquinas de vapor.*
 - *Lagunas saladas.*
 - *Refrigeración solar.*
 - *Hornos solares*
- Cap. 10 *Conservación del calor y almacenamiento de la energía.*
- Cap. 11 *Caso de estudio: Obra del Arq. Simón Bali Babani.*
- Cap. 12 ***Integración al proyecto arquitectónico***
- Cap. 13 *Materiales de construcción.*
- Cap. 14 *Cálculo de colectores.*
- Cap. 15 *Amortización de la inversión solar!*
- Cap. 16 *Aspectos ecológicos: la música de la vida y el diseño arquitectónico aprovechando energía solar.*
 - *Agua, drenaje, plantas de tratamiento y reforestación.*
 - *Basura y reciclaje.*
 - *Las plantas y la arquitectura.*

Bibliografía



ASPECT CLIMATOL

ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS.

“No nos preguntamos qué propósito útil hay en el canto de los pájaros, cantar es su deseo desde que fueron creados para cantar. Del mismo modo no debemos preguntarnos por qué la mente humana se preocupa por penetrar los secretos de los cielos... La diversidad de los fenómenos de la Naturaleza es tan grande y los tesoros que encierran los cielos tan ricos, precisamente para que la mente del hombre nunca se encuentre carente de su alimento básico”.

JOHANNES KEPLER, *Mysterium Cosmographicum*.

Definición de clima.-

Se entiende por clima al promedio del estado del tiempo de una región medido durante un período de varios años, siendo el estado del tiempo el registro de las condiciones de la atmósfera como son temperatura, humedad, precipitación, presión atmosférica y vientos; haciendo la aclaración de que no se trata de un promedio aritmético.

FACTORES DEL CLIMA:

- 1) Temperatura.- Dada por la posición que guarda el lugar con respecto al Ecuador
- 2) Humedad Relativa.- Dada por la cantidad de agua que puede contener el aire en un momento dado, así cuando llueve se tiene el 100% de Humedad Relativa. Está también determinada por las lluvias presentes en un lugar o región (Humedad Ambiental).
- 3) Vientos.- Los vientos incrementan la sensación de la temperatura. Si por ejemplo en un lugar existe una temperatura de 2°C, al soplar el viento el frío se percibirá más intenso.
- 4) Altitud.- Se deberá tener en cuenta también la influencia que ejerce la altitud de un lugar con respecto al nivel medio del mar ya que a mayor altitud la temperatura tiende a descender; a mayor altura el aire se enrarece más y las moléculas de aire ya no pueden retener la temperatura.
- 5) Precipitación.- La cantidad de lluvia que cae en un lugar determinado, medido en milímetros en una superficie de 1m². La variación de la precipitación en cualquier región del planeta nos determina si este lugar tiene clima seco, semi-seco (o semi-húmedo) y húmedo:
 - Con precipitaciones > 600 mm. al año.- Clima Húmedo (de 700 a 1400 mm.)
 - Con precipitaciones ≈ 600 mm./ año.- Clima Semi-húmedo.
 - Con precipitaciones < 600 mm./año.- Clima seco (de 400 a 200 mm. al año).
- 6) Contaminación Ambiental.- El hombre con sus avances tecnológicos ha modificado radicalmente el clima. En la actualidad, a qué se debe que la polución y la contaminación ambiental sean un factor determinante del clima. Así como sucede con nuestro planeta vecino Venus: Las temperaturas en la superficie de Venus, deducidas por la Radioastronomía y confirmadas por mediciones directas realizadas con naves espaciales, son de unos 480° C, más altas que las del horno casero más caliente. La correspondiente presión en la superficie es de 90 atmósferas, 90 veces la presión que sentimos debido a la atmósfera de la Tierra, y equivale al peso del agua a un kilómetro de profundidad bajo los océanos.

Las nubes ligeramente amarillentas pueden distinguirse en la luz visible y corriente, pero no muestran prácticamente ningún rasgo. Sin embargo, si las cámaras captan el ultravioleta, vemos un elegante y complejo sistema meteorológico en rotación dentro de la alta atmósfera, con unos vientos que van aproximadamente a 100 metros por segundo, unos 360 km./h. La atmósfera de Venus se compone de un 96% de bióxido de carbono. Hay pequeños rastros de nitrógeno, de vapor de agua, de argón, de monóxido de carbono y de otros gases, pero la proporción de hidrocarburos o de carbonos hidratados es menor a un 0.1 por cada millón. Las nubes de Venus resultan ser en su mayor parte una solución concentrada de ácido sulfúrico. También aparecen pequeñas cantidades de ácido clorhídrico y de ácido fluorhídrico. Aunque uno se sitúe entre sus nubes altas y frías, Venus resulta ser un lugar terriblemente desagradable.

Muy por encima de la superficie de las nubes visibles, a unos 70 Km de altitud, hay una continua neblina de pequeñas partículas. a 60 km. nos sumergimos dentro de las nubes y nos encontramos rodeados por gotitas de ácido sulfúrico concentrado. A medida que vamos descendiendo, las partículas de las nubes tienden a hacerse más grandes. En la atmósfera inferior quedan sólo restos del gas acerbo, es decir, del bióxido sulfúrico, SO_2 . Este gas circula sobre las nubes, es descompuesto por la luz ultravioleta del Sol, se recombina allí con agua formando ácido sulfúrico, el cual a su vez se condensa en gotitas, se deposita, y a altitudes más bajas se descompone por el calor en SO_2 y en agua otra vez, completando así el ciclo. En Venus, en todo el planeta, siempre está lloviendo ácido sulfúrico, y nunca una gota alcanza la superficie.

La niebla teñida de sulfúrico se extiende hacia abajo hasta unos 45 Km de la superficie de Venus; a esta altura emergemos en una atmósfera densa pero cristalina. Sin embargo, la presión atmosférica es tan alta que no podemos ver la superficie. La luz del Sol rebota en todas las moléculas atmosféricas hasta que perdemos toda imagen de la superficie. Allí no hay polvo, ni nubes, sólo una atmósfera que se hace palpablemente cada vez más densa. Las nubes que cubren el cielo transmiten bastante luz solar, aproximadamente la misma que un día encapotado de la Tierra.

Venus, con su calor abrasador, con sus presiones abrumadoras, con sus gases nocivos, y con ese brillo rojizo y misterioso que impregna todas las cosas, parece menos la diosa del amor que la encarnación del infierno. Por lo que hemos podido descubrir hasta ahora, hay por lo menos algunos lugares de la superficie campos cubiertos con un conjunto irregular de rocas desgastadas, un paisaje estéril y hostil, amenazado ocasionalmente por los restos erosionados de un precio espacial procedente de un planeta lejano, absolutamente invisible a través de aquella atmósfera espesa, nebulosa e invisible.

Venus es una especie de catástrofe a nivel planetario. Parece bastante claro actualmente que la alta temperatura de su superficie se debe a un efecto de invernadero a gran escala. La luz solar atraviesa la atmósfera y las nubes de Venus, que son semitransparentes a la luz visible, y alcanza la superficie, que se ha calentado, trata de irradiar de nuevo este calor hacia el espacio. Pero al ser Venus mucho más frío que el Sol emite radiaciones principalmente en el infrarrojo, y no en la región visible del espectro. Sin embargo el dióxido de carbono y el vapor de agua de la atmósfera de Venus son casi perfectamente opacos a la radiación infrarroja; el calor del Sol queda atrapado eficazmente y la temperatura de la superficie aumenta hasta que la pequeña cantidad de radiación infrarroja que escapa poco a poco de su enorme atmósfera equilibra la luz solar absorbida en la atmósfera inferior y en la superficie.

Nuestro mundo vecino resulta ser un lugar triste y desagradable. Pero volveremos a Venus. Es un planeta fascinante por propio derecho. Al fin y al cabo, muchos héroes míticos de la mitología griega y

nórdica, hicieron esfuerzos famosos y reconocidos para visitar el infierno. También hay mucho que aprender sobre nuestro planeta, que es un cielo relativo, comparado con el infierno

La Esfinge, mitad persona y mitad león, fue construida hace más de 5,500 años: Los rasgos de su rostro estaban esculpidos de modo preciso y neto. Ahora están limados y desdibujados por las tormentas de arena del desierto egipcio y por las lluvias ocasionales de miles de años. En la ciudad de Nueva York hay un obelisco llamado la Aguja de Cleopatra, procedente de Egipto. Sólo ha pasado un centenar de años en el Central Park de la ciudad y sus inscripciones se han borrado casi totalmente a causa del humo y de la polución industrial; una erosión química como la existente en la atmósfera de Venus. La erosión en la Tierra destruye la información lentamente, pero es un proceso gradual - el choque de una gota de agua, el pinchazo de un grano de arena - que puede pasarse por alto. Las grandes estructuras, como las cordilleras montañosas, sobreviven decenas de millones de años; los cráteres de impacto más pequeños, quizás un centenar de miles de años; las construcciones humanas de gran escala solamente unos miles de años. La destrucción no sólo se da a través de una erosión de este tipo, lenta y uniforme, sino también por grandes y pequeñas catástrofes. La Esfinge ha perdido la nariz. Alguien disparó sobre ella en un momento de ociosa profanación: unos dicen que fueron los turcos mamelucos, otros los soldados napoleónicos.

En Venus, en la Tierra y en algún lugar mas del sistema solar, hay pruebas de destrucciones catastróficas, atemperadas o superadas por procesos más lentos, más uniformes: en la Tierra, por ejemplo, la lluvia que se canaliza en arroyuelos, riachuelos y ríos, y crea inmensas cuencas aluviales; en Marte, los restos de antiguos ríos que surgieron quizás del interior del suelo; en Io, una luna de Júpiter, parece que hay amplios canales excavados por el flujo de azufre líquido. En la Tierra hay poderosos sistemas meteorológicos, como también en la alta atmósfera de Venus y de Júpiter. Hay tormentas de arena en la Tierra y en Marte; hay relámpagos en Júpiter, en Venus y en la Tierra. Los volcanes proyectan residuos sólidos en las atmósferas de Io y de la Tierra. Los procesos geológicos internos deforman lentamente las superficies de Venus, de Marte, de Ganimedes y de Europa, al igual que en la Tierra. Los glaciares, proverbiales por su lentitud, remodelan en gran escala los paisajes de la Tierra y probablemente también los de Marte. No es necesario que estos procesos sean constantes en el tiempo. Antaño, la mayor parte de Europa estuvo cubierta por el hielo. Hace unos cuantos millones de años el lugar donde hoy se encuentra la ciudad de Chicago estaba sepultado bajo tres kilómetros de hielo. En Marte, y en los demás cuerpos del Sistema Solar, vemos características que no podrían producirse hoy en día, paisajes trabajados hace cientos de miles o de millones de años, cuando el clima planetario era probablemente muy diferente.

Hay un factor adicional que puede alterar el paisaje y el clima de la Tierra: la vida inteligente, capaz de realizar cambios ambientales en gran escala. Al igual que Venus, también la Tierra tiene un efecto de invernadero debido a su bióxido de carbono y a su vapor de agua. La temperatura global de la Tierra estaría por debajo del punto de congelación del agua si no fuese por el efecto de invernadero, que mantiene los océanos líquidos y hace posible la vida. Un pequeño efecto de invernadero está bien. la tierra tiene, al igual que Venus, unas 90 atmósferas de bióxido de carbono, pero no en la atmósfera sino incluido en la corteza en forma de rocas calizas y de otros carbonatos. Bastaría con que la Tierra se trasladara un poco más cerca del Sol, para que la temperatura aumentara ligeramente. El calor extraería algo de CO₂ de las rocas superficiales, generando un efecto más intenso de invernadero que a su vez calentaría de modo incremental la superficie. Una superficie más caliente vaporizaría aún más los carbonatos y daría más CO₂, con la posibilidad de que el efecto de invernadero se disparara hasta temperaturas muy altas. Esto es exactamente lo que pensamos que sucedió en las primeras fases de la historia de Venus, debido a la proximidad de

Venus con el Sol. El medio ambiente de la superficie de Venus es una advertencia: algo desastroso puede ocurrirle a un planeta bastante parecido al nuestro.

Las principales fuentes de energía de nuestra actual civilización son los llamados combustibles fósiles. Utilizamos como combustible petróleo, carbón y gas natural, y en el proceso se liberan al aire gases de desecho, principalmente CO₂. En consecuencia el bióxido de carbono contenido en la Tierra está aumentando de un modo espectacular. La posibilidad de que se dispare el efecto de invernadero sugiere que tenemos que ir con cuidado: incluso un aumento de uno o dos grados en la temperatura global podría tener consecuencias catastróficas. Al quemar carbón, petróleo y gasolina, también introducimos diminutas gotas de ácido sulfúrico. Ahora mismo nuestra estratosfera posee, al igual que Venus, una neblina considerable de efectos que tendrán a largo plazo todas estas actividades.

Pero también hemos estado perturbando en clima en el sentido opuesto. Durante cientos de miles de años los seres humanos han estado quemando y talando los bosques, y llevando a los animales domésticos a pastar y a destruir las praderas. La agricultura intensiva, la deforestación industrial de los trópicos y el exceso de pastoreo son hoy desenfrenados. Pero los bosques son más oscuros que las praderas, y las praderas lo son más que los desiertos. Como consecuencia, la cantidad de luz solar absorbida por el suelo ha ido disminuyendo y los cambios en la utilización del suelo han hecho bajar la temperatura de la superficie de nuestro planeta. es posible que este enfriamiento aumente el tamaño del casquete de hielo polar, el cual con su brillo reflejará aún más la luz solar desde la Tierra, enfriando aún más el planeta y disparando un efecto de albedo¹

Nuestro encantador planeta azul, la Tierra, es el único hogar que conocemos. Venus es demasiado caliente, Marte es demasiado frío, pero la Tierra está en el punto justo, y es un paraíso para los humanos. Fue aquí, al fin y al cabo, donde evolucionamos. Pero nuestro agradable clima puede ser inestable. Estamos perturbando nuestro propio planeta de un modo serio y contradictorio. ¿Existe el peligro de empujar el ambiente de la Tierra hacia el infierno planetario de Venus o la eterna era glacial de Marte? La respuesta sencilla es que nadie lo sabe. El estudio del clima global, la comparación de la Tierra con otros mundos, son materias que están en sus primeras bases de desarrollo. Son especialidades subvencionadas con escasez y de mala gana. En nuestra ignorancia continuamos con el actual tira y afloja, continuamos contaminando la atmósfera y abrigando el terreno, sin darnos cuenta que las consecuencias a largo plazo son en su mayor parte desconocidas.

Hace unos cuantos millones de años, cuando los seres humanos comenzaron a evolucionar en la Tierra, era ya éste un mundo de media edad, a 4,600 millones de años de distancia de las catástrofes e impetuosidades de su juventud. Pero ahora los humanos representamos un factor nuevo y quizás decisivo. Nuestra inteligencia y nuestra tecnología nos han dado poder para afectar el clima. ¿Cómo utilizaremos este poder? ¿Estamos dispuestos a tolerar la ignorancia y la complacencia en asuntos que afectan a toda la familia humana? ¿Valoramos por encima del bienestar de la Tierra las ventajas a corto plazo? ¿O pensaremos en escalas mayores de tiempo, preocupándonos por nuestros hijos y nuestros nietos, intentando comprender y proteger los complejos sistemas que sostienen la vida en nuestro planeta? La Tierra en un mundo minúsculo y frágil. Hay que tratarlo con cariño.

¹ El albedo es la fracción de la luz solar que llega a un planeta y que es reflejada de nuevo al espacio. El albedo de la Tierra es de un 30 a un 35 por ciento. El resto de la luz solar es absorbido por el suelo y es el responsable de la temperatura media en la superficie.

TIPOS DE CLIMAS.

Para el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) El clima es el resultado del registro de la temperatura más la humedad de un sitio determinado durante un periodo de tiempo:

$$\text{CLIMA} = \text{TEMPERATURA} + \text{HUMEDAD.}$$

El clima "frío" presente en ciudades pobladas de la República Mexicana no se compara con el de otros países como en Alaska a escasos grados bajo cero y a veces en ciudades cercanas a los polos con decenas de grados bajo cero.

El clima puede hasta variar en una misma región, en el Distrito Federal, por ejemplo, la estación meteorológica de Xochimilco indica un clima Semifrío húmedo. En México existen climas semifríos secos en 24 poblaciones, entre ellos la delegación Xochimilco, D.F., considerado como clima semifrío húmedo ocasionado por la presencia de grandes masas de vegetación y cuerpos de agua.

Así tenemos entonces:

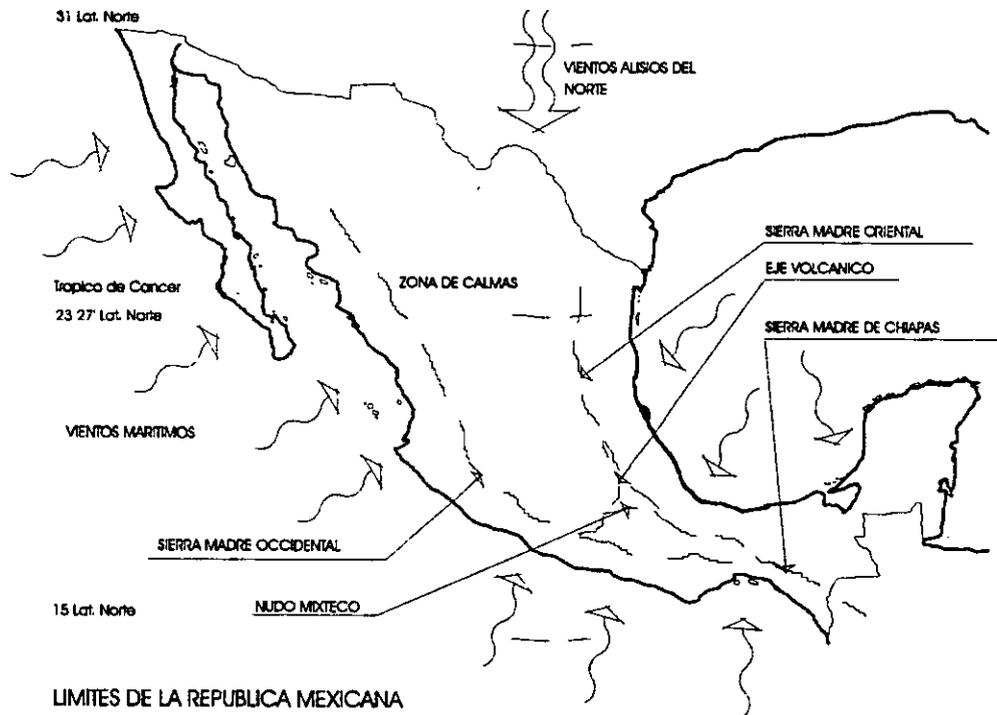
Clasificación de climas.

Climas fríos o semifríos	Húmedos. Semihúmedos. Secos.
Climas templados	Húmedo Semihúmedo. Seco.
Climas cálidos	Húmedo Semihúmedo. Seco.

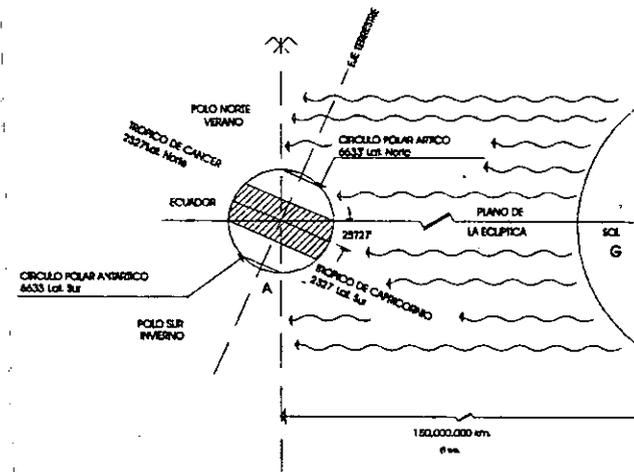
México tiene una situación privilegiada con respecto al Ecuador, de 15° de latitud Norte al sur de Chiapas y 31° de latitud norte al norte de Sonora y de Baja California, comprendiendo a la mitad del territorio el Trópico de Cáncer a 23° 27' Lat. Norte; teniendo una amplia variedad de climas, vegetación y fauna entre la frontera sur y el Trópico de Cáncer, pasando este límite tenemos climas desérticos y esteparios ocasionados por la falta de vientos provenientes de las zonas costeras que humidifiquen la región, éstos son interrumpidos por el nacimiento de las Sierras Madre Oriental y Occidental y de los vientos alisios del norte que provocan una zona de calmas. Aún así el clima mexicano está compensado ya que en verano cuando

hace más calor tenemos la presencia de densas nubes de lluvia que refrescan la zona, y en invierno cuando hace más frío hay días soleados y despejados que permiten la incidencia directa de los cálidos rayos del Sol.

Existen zonas que están por debajo del nivel del mar, estas regiones como el llamado Valle de la Muerte en California y en el Norte de Sonora son aún más calientes.



LIMITES DE LA REPUBLICA MEXICANA
LATITUDES MINIMA Y MAXIMA
VIENTOS Y BARRERAS NATURTALES.



Posición del globo terrestre con respecto al plano de la eclíptica, misma que origina, en el recorrido de la tierra alrededor del sol, las estaciones del año.

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	DÍAS MÁS FRÍOS POR MES			OSCILACIÓN TÉRMICA	HUMEDAD RELATIVA		
		TEMPERATURA				MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
		MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA				
°C	°C	°C	%	%	%			
ENERO	9	6.0	14.5	23.1	17.1	23.5	47.3	73.3
DICIEMBRE	26	6.4	12.8	19.2	12.8	44.3	62.3	78.5
FEBRERO	4	7.2	13.8	20.5	13.3	26.5	54.0	80.3
MARZO	9	7.4	14.7	22.1	14.7	32.5	53.3	76.5
NOVIEMBRE	25	8.2	15.7	23.1	14.9	22.3	51.3	77.8
OCTUBRE	12	9.2	15.6	22.0	12.8	33.0	57.5	80.3
ABRIL	2	11.0	17.8	24.5	13.5	27.3	47.8	68.5
SEPTIEMBRE	30	11.4	16.1	20.8	9.4	49.3	64.3	78.5
JULIO	17	11.7	17.8	23.9	12.2	39.5	69.3	91.0
AGOSTO	30	12.2	17.5	22.9	10.7	41.5	71.8	85.0
MAYO	11	12.3	19.5	26.6	14.3	26.0	48.8	69.5
	28	12.4	17.6	22.8	10.4	45.3	69.8	87.8

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	DÍAS MÁS CÁLIDOS POR MES			OSCILACIÓN TÉRMICA	HUMEDAD RELATIVA		
		TEMPERATURA				MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA
		MÍNIMA	MEDIA	MÁXIMA				
°C	°C	°C	%	%	%			
MAYO	23	14.3	21.8	29.2	14.9	30.8	50.8	72.5
JUNIO	7	14.3	21.3	28.3	14.0	25.0	44.5	63.5
MARZO	30	13.0	20.7	26.3	15.3	22.0	40.0	61.5
ABRIL	12	13.0	20.5	27.9	14.9	21.5	38.3	55.5
FEBRERO	28	11.3	19.2	27.2	15.9	20.5	50.0	79.3
AGOSTO	1	12.3	18.4	26.5	14.2	23.3	53.0	75.5
OCTUBRE	19	12.2	19.2	26.2	14.0	37.3	67.3	87.5
NOVIEMBRE	5	11.8	19.0	26.2	14.4	32.0	61.5	85.0
JULIO	30	12.7	19.1	25.4	12.7	37.3	66.0	85.5
SEPTIEMBRE	14	13.0	19.1	25.2	12.2	33.8	60.8	81.3
ENERO	28	8.2	16.1	24.1	15.9	29.5	53.8	76.8
DICIEMBRE	6	9.5	16.7	24.0	14.5	22.0	47.3	71.5

FUENTE: CARTAS METEOROLÓGICAS DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Observatorio Meteorológico Nacional, Tacubaya. México D.F.

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

AÑO PROMEDIO 1993-1996

DÍAS MÁS FRÍOS POR MES
PRECIPITACIÓN

MES	DÍA	PRECIPITACIÓN			VIENTOS DOMINANTES			VEL. MEDIA	VIENTO MÁXIMO	
		PLUVIÓMETRO	MICRÓMETRO	mm.	VELOCIDAD	DIRECCIÓN	VELOCIDAD		DIRECCIÓN	
		mm.	mm.	mm.	m/s.		m/s	m/s		
ENERO	9	0.0	27.8	23.3	2.3	W	185.5	1.6	6.0	W
DICIEMBRE	26	2.1	27.7	26.9	1.9	NNW	123.1	1.7	5.9	WNW
FEBRERO	4	0.0	36.4	32.3	2.8	NNW	118.3	2.4	8.8	N
MARZO	9	0.0	31.5	28.4	3.1	WNW	146.3	2.7	8.2	W
NOVIEMBRE	25	0.0	34.0	27.3	3.7	NW	129.9	3.4	6.9	NNW
OCTUBRE	12	0.1	50.7	60.6	3.0	NNW	106.7	2.7	8.5	NNW
ABRIL	2	0.5	21.6	18.8	2.4	SE	303.8	2.3	11.3	SW
SEPTIEMBRE	30	0.1	46.6	42.6	4.2	NNW	112.5	3.5	8.8	N
JULIO	17	5.9	65.6	49.6	2.7	NNW	112.5	2.6	9.4	NNE
AGOSTO	30	0.9	47.0	44.2	2.7	NW	135.0	2.2	7.5	NW
MAYO	11	0.2	36.2	44.3	3.2	NNW	112.5	2.6	12.8	WNW
JUNIO	28	2.0	50.5	52.0	3.0	NW	123.8	2.4	8.2	NNE

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

AÑO PROMEDIO 1993-1996

DÍAS MÁS CÁLIDOS POR MES

MES	DÍA	PRECIPITACIÓN			VIENTOS DOMINANTES			VELOCIDAD MEDIA	VIENTO MÁXIMO	
		PLUVIOMETRO	MICRÓMETRO	mm.	VELOCIDAD	DIRECCIÓN	VELOCIDAD		DIRECCIÓN	
		mm.	mm.	mm.	DIRECCIÓN		m/s	m/s		
MAYO	23	0.0	47.7	42.7	2.4	WSW	191.3	1.8	7.7	WSW
JUNIO	7	0.0	22.1	46.5	2.4	E	0.0	2.0	9.6	W
MARZO	30	0.0	34.3	42.8	4.1	W	190.5	2.9	11.2	W
ABRIL	12	0.0	49.8	41.5	3.0	NW	167.4	2.7	10.3	SE
FEBRERO	28	0.0	45.8	35.8	3.3	NNW	134.2	3.1	10.8	W
AGOSTO	1	0.4	54.8	48.1	2.9	NW	116.7	2.5	9.2	SW
OCTUBRE	19	11.3	32.0	36.0	2.7	NNW	135.9	3.0	9.3	NNE
NOVIEMBRE	5	0.7	43.3	39.6	3.5	NNW	117.8	2.5	11.2	N
JULIO	30	8.7	40.0	44.0	4.1	NNW	114.5	3.1	10.8	N
SEPTIEMBRE	14	1.0	65.3	42.0	1.9	WNW	147.0	2.0	7.7	NNE
ENERO	28	0.0	50.3	44.6	2.6	NW	124.7	2.2	6.6	SE
DICIEMBRE	6	0.0	35.8	49.5	2.6	NNW	113.3	2.1	5.9	NNW

FUENTE: CARTAS METEOROLÓGICAS DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Observatorio Meteorológico Nacional, Tacubaya, México D.F.

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	COMPORTAMIENTO DE LA OSCILACIÓN TÉRMICA TEMPERATURA			OSCILACIÓN TÉRMICA MAYOR	MÍNIMA %	HUMEDAD RELATIVA	
		MÍNIMA °C	MEDIA °C	MÁXIMA °C			MEDIA %	MÁXIMA %
ENERO	9	6.0	14.5	23.1	17.1	23.5	47.3	73.3
MARZO	18	9.7	18.1	26.1	16.4	18.5	39.3	63.5
FEBRERO	14	9.4	17.7	26.0	16.6	24.0	44.3	63.8
ABRIL	11	11.9	19.7	27.5	15.6	25.0	37.8	54.5
MAYO	9	13.2	20.9	28.6	15.4	25.0	42.0	59.5
NOVIEMBRE	27	8.3	16.0	23.7	15.4	30.3	54.6	73.8
OCTUBRE	17	10.9	18.4	25.9	15.0	29.3	51.8	71.3
DICIEMBRE	7	9.0	18.5	24.0	15.0	23.3	50.3	72.8
JUNIO	3	13.1	20.4	27.7	14.6	19.5	40.0	59.5
AGOSTO	1	12.3	19.4	26.5	14.2	32.0	61.5	85.0
JULIO	31	12.5	18.9	25.3	12.8	34.5	66.8	87.3
SEPTIEMBRE	13	12.5	18.8	25.0	12.5	41.5	67.3	90.0

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	COMPORTAMIENTO DE LA OSCILACIÓN TÉRMICA TEMPERATURA			OSCILACIÓN TÉRMICA MENOR	MÍNIMA %	HUMEDAD RELATIVA	
		MÍNIMA °C	MEDIA °C	MÁXIMA °C			MEDIA %	MÁXIMA %
SEPTIEMBRE	1	13.3	16.9	20.6	7.3	58.0	78.3	92.0
AGOSTO	23	13.1	17.3	21.6	8.5	55.3	73.8	85.3
JUNIO	29	13.5	17.8	22.1	8.6	49.3	74.8	89.0
JULIO	7	12.7	17.5	22.2	9.5	49.5	71.5	89.8
OCTUBRE	3	13.1	18.1	23.2	10.1	41.3	66.0	86.3
DICIEMBRE	30	8.0	13.4	18.8	10.8	40.0	64.0	81.5
NOVIEMBRE	8	11.0	16.4	21.8	10.8	38.0	58.0	76.3
ABRIL	17	12.7	18.5	24.3	11.6	35.5	52.8	71.0
MAYO	31	14.2	20.1	26.0	11.8	29.8	53.8	75.5
ENERO	22	9.2	15.2	21.3	12.1	37.3	61.8	80.3
FEBRERO	3	9.0	15.2	21.4	12.4	25.5	55.5	77.5
MARZO	8	8.8	15.1	21.7	13.1	36.8	59.3	77.5

FUENTE: CARTAS METEOROLÓGICAS DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
Observatorio Meteorológico Nacional, Tacubaya. México D.F.

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	PRECIPITACIÓN			COMPORTAMIENTO DE LA OSCILACIÓN TÉRMICA MAYOR			VEL. MEDIA	VIENTO MÁXIMO VELOCIDAD	DI
		PLUVIÓMETRO	MICRÓMETRO	mm.	VELOCIDAD	DIRECCIÓN	mm.			
ENERO	9	0.0	27.6	23.3	2.3	W	185.5	1.6	8.0	
DICIEMBRE	26	0.0	61.5	53.9	2.6	NNW	112.5	2.3	8.3	
FEBRERO	4	0.0	14.9	18.6	2.1	WSW	205.6	2.0	8.1	
MARZO	9	0.0	37.7	39.2	2.3	SW	215.3	2.4	8.8	
NOVIEMBRE	25	0.2	46.9	39.4	2.4	E	4.2	2.2	10.5	
OCTUBRE	12	0.0	32.0	27.5	2.3	SE	320.9	2.1	6.5	
ABRIL	2	0.0	43.1	37.5	2.6	N	90.0	2.2	8.8	
SEPTIEMBRE	30	0.0	49.5	44.7	3.3	WNW	149.9	2.3	7.4	
JULIO	17	0.0	22.5	15.8	3.8	N	100.8	3.0	9.9	
AGOSTO	30	0.7	43.3	39.6	3.5	NNW	117.8	2.5	11.2	
MAYO	11	17.2	36.0	43.3	2.4	N	78.8	2.3	10.5	
JUNIO	28	3.0	39.0	40.0	2.9	WNW	166.4	2.5	9.0	

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	PRECIPITACIÓN			COMPORTAMIENTO DE LA OSCILACIÓN TÉRMICA MENOR.			VELOCIDAD MEDIA	VIENTO MÁXIMO VELOCIDAD	DI
		PLUVIOMETRO	MICRÓMETRO	mm.	VELOCIDAD	DIRECCIÓN	mm.			
SEPTIEMBRE	1	9.0	46.0	51.6	2.5	W	168.8	2.1	6.6	
AGOSTO	23	2.0	48.9	57.1	2.7	WNW	146.3	2.3	8.5	
JUNIO	29	4.5	52.2	51.0	1.9	ENE	22.5	1.8	7.0	
JULIO	7	6.6	57.6	55.9	2.8	NNW	112.5	2.6	9.4	
OCTUBRE	3	10.5	47.4	30.1	3.5	NNW	117.8	2.8	9.3	
DICIEMBRE	30	8.6	30.7	35.7	2.1	WNW	147.8	2.1	7.6	
NOVIEMBRE	8	0.0	45.4	35.2	3.5	NNW	106.7	3.1	7.3	
ABRIL	17	2.7	32.3	29.2	2.6	W	177.6	2.1	10.5	
MAYO	31	0.8	24.1	35.7	3.2	N	100.8	2.8	13.1	
ENERO	22	3.5	14.1	17.1	2.3	NNW	112.5	1.8	7.5	
FEBRERO	3	0.6	37.9	36.4	2.6	NW	129.9	1.8	8.9	
MARZO	8	0.1	26.8	31.5	3.4	NW	131.8	3.2	9.5	

FUENTE: CARTAS METEOROLÓGICAS DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Observatorio Meteorológico Nacional, Tacubaya, México D.F.

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	MÍNIMA °C	TEMPERATURA			OSCILACIÓN TÉRMICA MAYOR	MÍNIMA %	HUMEDAD RELATIVA	
			MEDIA °C	MÁXIMA °C	MEDIA %			MÁXIMA %	
ENERO	9	6.0	14.5	23.1	17.1	23.5	47.3	73.3	
MAYO	23	14.3	21.8	29.2	16.0	30.8	50.8	72.5	
ENERO	9	6.0	14.5	23.1	17.1	23.5	47.3	73.3	
MARZO	18	9.7	18.1	26.5	16.8	18.5	39.3	63.5	
SEPTIEMBRE	1	13.3	16.9	20.6	7.3	58.0	78.3	92.0	

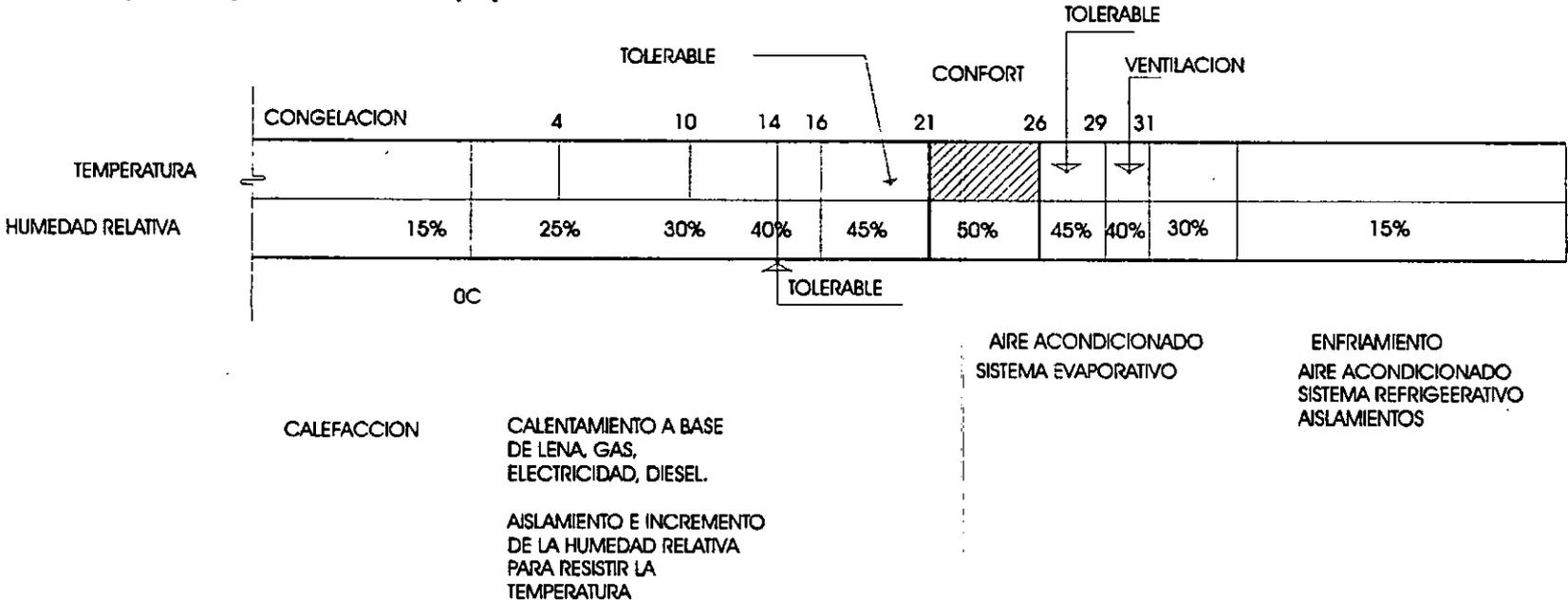
DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
AÑO PROMEDIO 1993-1996

MES	DÍA	PRECIPITACIÓN			VIENTOS DOMINANTES			VELOCIDAD VIENTO MÁXIMO		
		PLUVIOMETRO mm.	MICRÓMETRO mm.	mm.	VELOCIDAD DIRECCIÓN	DIRECCIÓN	°	MEDIA m/s	VELOCIDAD DIRECCIÓN	m/s
ENERO	9	0.0	27.6	23.3	2.3	W	185.5	1.6	6.0	W
MAYO	23	0.0	47.8	42.7	2.4	WSW	191.3	1.8	7.7	WSW
ENERO	9	0.0	27.6	23.3	2.3	W	185.5	1.6	6.0	W
MARZO	18	0.0	61.5	53.9	2.6	NNW	112.5	2.3	8.3	N
SEPTIEMBRE	1	9.0	46.0	51.6	2.5	W	168.8	2.1	6.6	WNW

FUENTE: CARTAS METEOROLÓGICAS DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
Observatorio Meteorológico Nacional, Tacubaya. México D.F.

EL CONFORT TÉRMICO.

Una persona puede realizar cómodamente sus actividades teniendo una temperatura ambiente entre 21° y 26° C. A temperaturas mayores de 26° C se empieza a requerir ventilación aunque puede ser tolerable hasta los 29° C.



Un sistema evaporativo consiste en soplar aire a través de una superficie o cortina húmeda. La humedad al evaporarse con el aire roba calor y la temperatura disminuye en la superficie. En climas húmedos no conviene manejar sistemas evaporativos, es conveniente utilizar sistemas secos para evitar que se llegue al efecto pantano y utilizar en su lugar muros más gruesos (de 21 a 28 cm.) para las fachadas norte y poniente).

Un sistema refrigerativo consiste en soplar aire a través de una membrana que contenga hielos, aunque se corre el peligro de quienes habiten locales con un sistema refrigerativo sean propensas a contraer continuamente resfriados.

Confort térmico y de Humedad Relativa- 21° a 26° C al 50% H.R.

- A temperaturas mayores a 30° C: 32, 36, 40, 44° Z Bajar la Humedad Relativa (40-20%)
- A temperaturas menores a 20° C: 16, 14, 12, 10, 5, 0, -2° C. Bajar la Humedad Relativa para resistir más la temperatura.

En resumen, para controlar la temperatura ambiental y hacerla soportable cuando ésta se encuentra por encima o por debajo del rango de confort se requiere bajar la Humedad Relativa desde un 40% hasta un 20%, siendo el porcentaje de confort de 50% de H.R.

Para controlar la humedad relativa es conveniente cerrar el espacio y absorber la humedad con **deshumidificadores** que consisten en sales especiales que chupan la humedad ambiental como lo puede ser el alumbre. Las sales se colocan en cajas semejantes a los desodorantes para baño aunque de mayor tamaño. En caso contrario, para ambientes secos se utiliza un **humidificador** que arroja al aire minúsculas partículas de agua.

CONFORT EÓLICO
ESCALA BEAUFORT DE LOS VIENTOS

No.	Nombre	Velocidad		Efectos	Altura de las olas
		m/s	km/h		
0.-	Calma.-Imperceptible	0 a 0.25	0.00 a 0.90	El humo sube verticalmente. Mar ilana	0.00 m.
1.-	Ventolina.- Agradable	0.25 a 0.50	0.90 a 1.80	El humo se inclina, ondulación del mar muy pequeña sin producir espuma. CONFORT	0.10 m.
	Ventolina.- Nótoria.	0.50 a 1.00	1.80 a 3.60		
	Ventolina.- Molesto.	1.00 a 1.50	3.60 a 5.40	Vientos mayores a 5.40 km/h ya son muy molestos.	
2.-	Flojito (Brisa muy débil)	1.67 a 3.06	6.00 a 11.00	Olas cortas y bajas pero sin llegar a romper. Mar rizada. Se nota el viento en la cara.	0.20 m.
3.-	Flojo (Brisa débil)	3.33 a 5.28	12.00 a 19.00	Agita las hojas de los árboles. Las olas empiezan a romper, espuma principalmente cristalina.	0.60 m.
4.-	Bonancible (Brisa moderada)	5.56 a 7.78	20.00 a 28.00	Levanta polvo y papeles. olas aún pequeñas. Borregos de espuma, marejadilla.	1.00 m.
5.-	Fresquito (Brisa fresca)	8.06 a 10.56	29.00 a 38.00	Mueve los árboles pequeños. Olas más largas, más borregos espumosos, rociones, marejada.	2.00 m.
6.-	Fresco (Brisa fuerte)	10.83 a 13.61	39.00 a 49.00	Agita las ramas de los árboles. Los cables de la luz silban. Grandes olas, espuma blanca, aire rociado de espuma, mar gruesa.	3.00 m.
7.-	Frescachón (Viento fuerte)	13.89 a 16.94	50.00 a 61.00	Agita los árboles enteros, estorba el caminar de un peatón. Crece la mar, espuma en el sentido del viento, mar muy gruesa.	4.00 m.
8.-	Duro.	17.22 a 20.56	62.00 a 74.00	Las crestas de las olas despiden espuma pulverizada, mar arbolada. Desgaja las ramas pequeñas, hace muy difícil el caminar	5.50 m.
9.-	Muy duro	20.83 a 24.44	75.00 a 88.00	Destroza chimeneas y tejados. Olas muy grandes. La	7.00 m.

10.-	Temporal	24.72 a 28.33	89.00 a 102.00	espuma dificulta la visibilidad. Desgaja ramas grandes, arranca de cuajo árboles pequeños. Mar blanca de espuma en suspensión en la atmósfera, mar montañosa.	9.00 m.
11.-	Borrasca.	28.61 a 32.50	103.00 a 117.00	Extensas devastaciones, arranca tejados, olas muy altas, escasa visibilidad a causa de la espuma.	11.50 m.
12.-	Huracán.	>32.50	>117.00	Efectos catastróficos. Destruye casas frágiles. Atmósfera formada de espuma, mar blanca-confusa.	14.00 m.

La velocidad del viento se registra para determinar el coeficiente de transferencia térmica efectivo en las condiciones en que se encuentra el sistema. Si la velocidad del viento es cero entonces la cantidad correspondiente es nula.

CONFORT LUMÍNICO Menor de 75 lx Bajo
 75 a 150 lx Regular CONFORTABLE
 150 a 250 lx Buena
 300 a 400 lx Alta Usual en comercios.
 Mayor de 600 lx Molesto, excesivo.

CONTROL LUMÍNICO Por medio de el número de focos
 El tipo de luces. | Verificando costos
 El Tipo de focos. | \$
 La tecnología a usar.

CONFORT ACÚSTICO 0 - 25 dB Muy silencioso
 25 - 35 dB Silencioso CONFORTABLE.
 35 - 45 dB Moderado CONFORTABLE.
 45 - 55 dB Ruidoso
 > 130 dB Molesto. Dolor.

CONTROL ACÚSTICO.- Para matar el sonido se recomienda emplear materiales acústicos a base de comprimido de caña y yesos acústicos como la permita, la vermiculita y el eucatex. Por lo general los mismos materiales térmicos también son materiales acústicos.

EL CLIMA

(Una reflexión)

[Ra, el dios Sol] abrió sus ojos y proyectó luz sobre Egipto, separó la noche del día. Los dioses salieron de su boca y la humanidad de sus ojos. Todas las cosas nacieron de él, el niño que brilla en el loto y cuyos rayos dan vida a todos los seres.

Conjuro del Egipto tolemaico.



El hecho de estudiar o saber el clima en la república o en todo el mundo es un hecho que debería ir más allá de la predicción meteorológica. Podemos saber que el clima en la ciudad oscila, en estos momentos entre los 30° C o más o que hay lugares en donde el termómetro alcanza los 40 ó 45 °C, lo mismo sucede con la humedad relativa, pero lo que se deja por alto es la oscilación térmica que es la diferencia de temperatura en un período de tiempo que puede ser de un día, un mes o un año y que es de vital importancia para los organismos que habitan la Tierra. Los seres vivos tienen que adaptarse no sólo a las altas o bajas temperatura, sino que hoy lo tienen que hacer a los cambios bruscos de ésta que suceden al cabo de un día.

Aunque México es un sitio privilegiado por su característica climatológica, en los últimos días o años he podido presenciar un notable aumento en la temperatura promedio ocasionado quizá por la contaminación que incrementa el efecto invernadero y que incrementa los calores en verano, o la deforestación progresiva de los bosques que hacen la superficie del planeta más brillante enfriándola y como consecuencia los inviernos cada vez son más fríos.

Tal vez esto parezca en cierto grado alarmista pero es lo que esta viviendo el planeta y que es mas sencillo de entender si miramos el planeta Venus con una atmósfera 90 veces más densa que la de la Tierra de ácido sulfúrico concentrado y un efecto invernadero mucho más severo que el que mantiene el agua de los océanos líquida, o por el contrario ver un Planeta Marte acechado por la radiación ultravioleta debido por la falta de una capa de ozono en su escasa atmósfera.

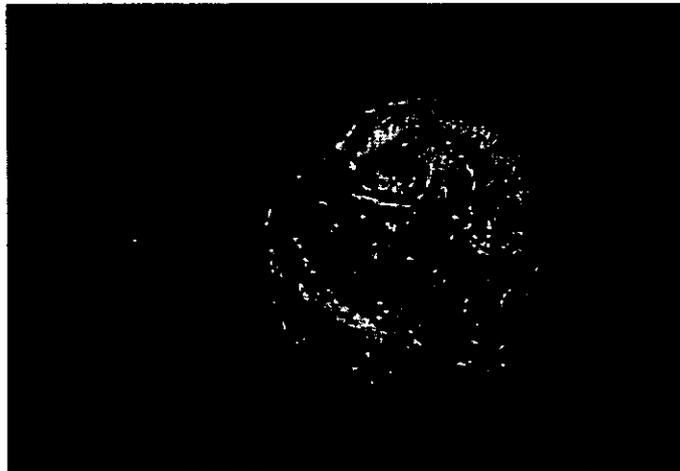
Creo que el clima debe de dejar de ser un juego de niños y de pronósticos y tenerlo como un tema serio en donde esta de por medio la futura habitabilidad de la Tierra. Debemos empezar a valorar que queremos más: los beneficios a corto plazo que arrasan con los recursos naturales o los beneficios a largo plazo que no provee nuestro hogar planetario para que así podamos verlo como un solo organismo.

Los modelos gráficos por computadora predicen: bosques muertos, refugiados naturales, océanos y aires contaminados en el siglo XXI, a menos que hagamos algo:

- ◊ Reforestación a gran escala
- ◊ Reaprovechamiento de combustibles fósiles, porque no diseñar autos que rindan 30 kilómetros por litros en vez de quince.
- ◊ Estudio y manejo de fuentes de energía alternas, principalmente: energía solar.
- ◊ Lograr que los países pobres sean autosuficientes para que así los recursos de las superpotencias puedan ser dedicados al desarrollo científico y técnico y también poder controlar el crecimiento desmedido de la población, que es a mi modo de vista el origen de todos los problemas que atañen en este momento a la humanidad.

Así podemos considerar al planeta como un organismo vivo, y un organismo en guerra consigo mismo está condenado, somos un solo planeta.

Quise emplear este capítulo en particular para exponer esta problemática actual debido a que desde que me enteré de la situación he procurado difundirlo con las personas con quienes convivo y a la vez para que éstas también lo difundan.



Radiación global: 422.78

ALGUNOS DATOS DE INTERES:

Clima en Tepepan, Xochimilco: Semifrio Húmedo

Temperatura mínima promedio 1996 11.14°C

Temperatura media promedio: 17.81 °C

Temperatura máxima promedio: 24.48 °C

Temperatura mínima extrema: 2.5°C

Temperatura máxima extrema: 32°C

Temperatura de confort: 21-26 °C

Temperatura de diseño interior: 26°

Humedad relativa promedio: 56.58%

Humedad relativa de confort 50%

Precipitación 742.2 mm./año clima húmedo.

Capítulo 2

*FUENTES CONVENCIONALES DE
ENERGIA*

Fuentes convencionales de energía

"Los planetas, en sus distintas fases de desarrollo, se hallan sujetos a las mismas fuerzas formativas que operan en nuestra Tierra y presentan, por ello, la misma formación geológica, y probablemente la misma vida, de nuestro propio pasado y quizá futuro; pero mas allá de dichas consideraciones, estas fuerzas están actuando, en algunos casos, bajo condiciones totalmente diferentes a las que imperan en la Tierra y, en consecuencia, deberán evolucionar hacia formas distintas de las conocidas hasta ahora por el hombre. El valor de un material como ése para las ciencias comparativas es demasiado obvio como para requerir discusión alguna."

ROBERT H. GODDARD (1907)

LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

EL PETROLEO.- El nivel de vida exige enormes cantidades de petróleo en la actualidad. No sólo se utiliza para extraer energía, sino también para fabricar plásticos, alimentos, fibras textiles, calzado, medicinas y muchas otras cosas esenciales. Norteamérica subsiste dependiendo de una economía petrolera.

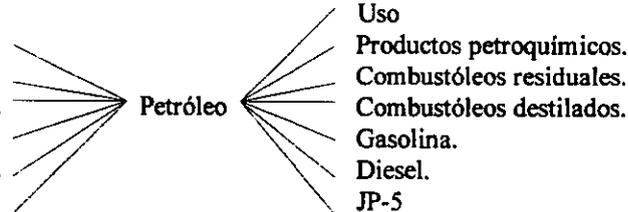
La escasez de productos derivados del petróleo es ya manifiesta, el costo del petróleo importado fue más de 32 mil millones de dólares en 1977, cifra que aumentará cada año. Estas enormes importaciones están agotando rápidamente los recursos financieros y transfiriéndolos a los países exportadores de petróleo. Se está creando un déficit muy grave en la balanza de pagos.

Se poseen fuentes nacionales de combustibles fósiles que se pueden explotar, con tiempo y dinero, para aliviar las importaciones de petróleo. Por desgracia, el tiempo hay que contarlo en décadas y el dinero en decenas de miles de millones de dólares. Al final de cuentas, el precio de la energía proveniente de esas fuentes será igual a dos o tres veces los precios actuales.

Fuentes y usos del petróleo

Fuente

- Importado.
- Nacional.
- Extracción secundaria.
- Extracción terciaria.
- Esquistos bituminosos.
- Arenas alquitranadas.



Actualmente el petróleo crudo que se importa asciende a mas de tres mil millones de barriles anuales. La producción de los pozos nacionales asciende a poco mas de tres mil millones de barriles. las reservas nacionales, es decir, el petróleo que "comprobadamente se puede extraer", son en la actualidad de 35.3 mil millones de barriles, o sea, abastecimiento para 5.8 años si se suspenden las importaciones y exportaciones.

Estas reservas son recuperables mediante métodos primarios y secundarios. Con los métodos primarios de extracción, el petróleo brota debido a su propia presión o bombeándolo; con los métodos secundarios, el campo petrolero se inunda con agua o con gas para impulsar el petróleo hasta la superficie.

Las "reservas finales", el petróleo que se puede extraer mediante tecnologías actuales y nuevas, fluctúan entre 200 y 400 mil millones de barriles, suministro que duraría entre 33 y 66 años.

La extracción terciaria es una de las tecnologías para extraer algunas de esas reservas finales. Este método incluye técnicas tales como la inyección de una carga de solvente al campo petrolero, desde pozos laterales. Esto permite extraer el petróleo que queda después de aplicarse los métodos primario y secundario. El solvente arrastra el remanente hasta un pozo central de extracción para ser bombeado. Con los métodos terciarios sería posible extraer entre 50 y 60 mil millones de barriles.

La extracción del petróleo que contiene los esquistos bituminosos constituye otra nueva tecnología. La roca que contiene petróleo se encuentra en cantidades enormes en dos estados occidentales. Es necesario extraerla y luego destilarla (por medio de calor) para hacer salir el petróleo. De los esquistos bituminosos se podrían extraer hasta 180 mil millones de barriles.

Una tercera fuente de petróleo la constituyen las arenas alquitranadas. Existen depósitos de estas arenas en Estados Unidos, Canadá y América del Sur. Se pueden seguir varios procesos para extraer el petróleo de la arena. Se estima que sería posible extraer hasta 16 mil millones de barriles de los depósitos existentes en Estados Unidos, y bastante más de 300 mil millones de barriles de los depósitos canadienses. Estos últimos no entran en la estimación de las reservas finales norteamericanas.

El petróleo que contienen todas estas fuentes resulta muy costoso. El precio inicial es de casi 12 dólares por barril y sube a más del doble de esa cantidad (en 1992 cuando el precio normal era de 7.00 dólares por barril, es decir, un incremento del 91.29%); hoy en día el petróleo cuesta normalmente, en promedio 13.39 dólares por barril, así que el precio de el petróleo de la extracción terciaria subiría de \$22.95 USD hasta 45.91 dólares por barril.

Estos precios podrán ser aceptables para cuando sea posible una producción sustancial a partir de las nuevas fuentes.

EL GAS NATURAL.- El gas se puede obtener en las fuentes nacionales. El gas natural en estado líquido (LNG) se importa del extranjero en transportadores criogénicos (ultrafríos), mientras que el gas natural sintéticos (SNG) se puede fabricar gasificando el carbón. El LNG no resuelve el problema económico: Hace aumentar la dependencia en las importaciones. No se están construyendo plantas para producir SNG, y de todos modos su construcción requerirá muchos años. Por otra parte hay objeciones de tipo ambiental a la apertura de las grandes minas de carbón necesarias para alimentar las plantas.

Los Estados Unidos cuentan actualmente con 250 billones de pies cúbicos de gas natural (≈ 7 billones de m^3), que se están consumiendo con rapidez. Solo quedan reservas comprobadas para 11.5 años aproximadamente. Se estima que las reservas finales serían suficientes para satisfacer entre 40 y 80 años de uso continuo.

FUENTES	EL GAS NATURAL	USOS
Fuentes Nacionales Fuentes Extranjeras. (GNL) Gasificación del Carbón.		Petroquímico. Calefacción. Producción de electricidad.

EL CARBÓN.-

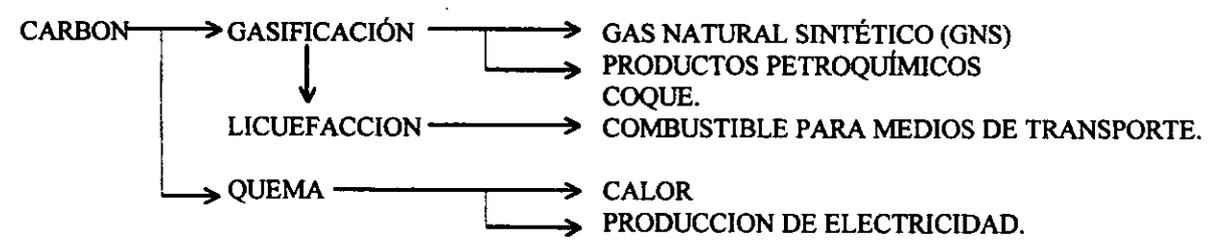
El carbón es el combustible fósil más abundante. Es posible procesar el carbón para diversos usos finales. Tradicionalmente, el carbón se ha extraído de las minas para luego quemarlo. Al quemarse produce calor y también vapor para generar electricidad. Las mas nuevas tecnologías implican su gasificación y licuefacción.

La gasificación del carbón produce SNG, (Gas natural sintético). Se puede aplicar también en la producción de coque para los altos hornos y en la producción de productos petroquímicos.

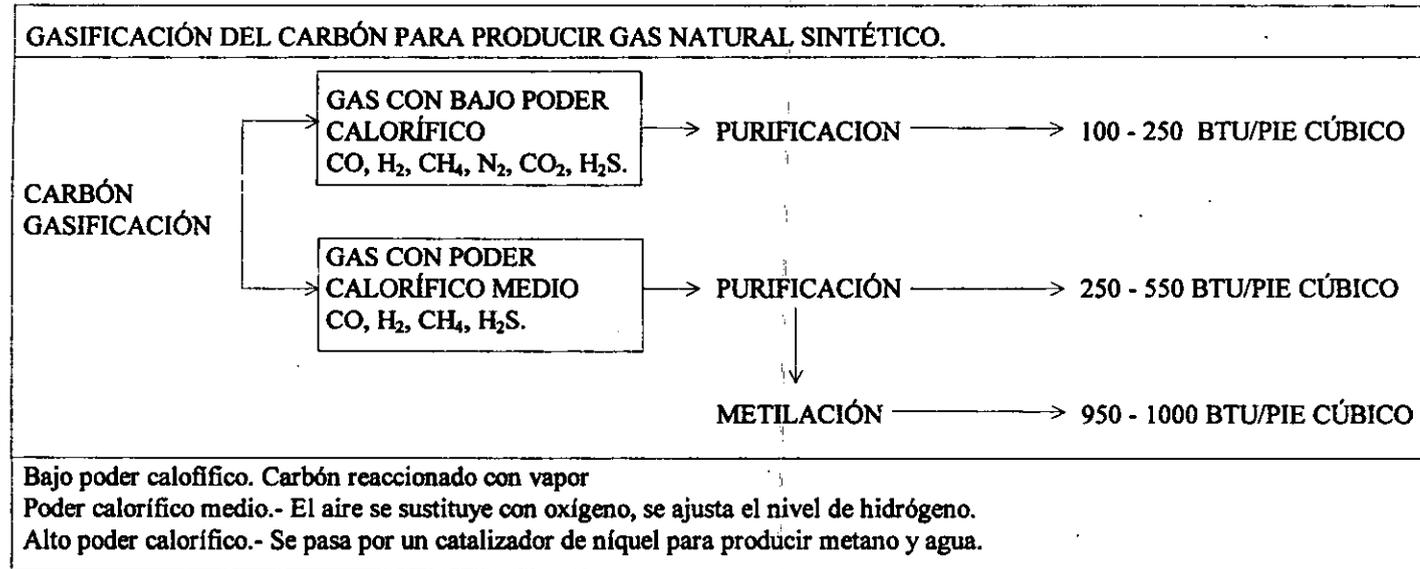
La gasificación del carbón en un proceso complejo. Uno de los métodos que se siguen actualmente es el siguiente:

El carbón se hace reaccionar con vapor y aire para formar monóxido de carbono, hidrógeno, metano, nitrógeno, bióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno (gas con bajo rendimiento de BTU). Esto se purifica para suprimir el sulfuro de hidrógeno. El resultado es un gas con bajo rendimiento de BTU, debido a la presencia de no combustibles (nitrógeno y bióxido de carbono) se usa oxígeno en lugar de aire, no se forma nitrógeno ni bióxido de carbono. Se fabrica un gas con rendimiento medio de BTU, el cual se puede pasar por un catalizador de níquel para producir metano y agua, o SNG (gas con alto rendimiento de BTU, cuya calidad es comparable a la del que se transporta por gasoducto).

PROCESAMIENTO DEL CARBON PARA DIVERSOS USOS.



Reservas comprobadas en los Estados Unidos = 364 años.
Reservas máximas en los Estados Unidos = 2694 años.



El proceso de licuefacción del carbón es también complejo. El gas del carbón se convierte en una variedad de productos finales propios del petróleo líquido. Esos productos son iguales a los que se refinan del petróleo crudo natural. El proceso de fabricación de este crudo sintético, o Syncrude, requiere muchos más años y dólares para llevarlo a cabo a su completo desarrollo. Una planta de Syncrude costará entre 250 millones y mil millones de dólares, y se espera que el producto cueste alrededor de 28 ó 29 dólares el barril (dato de 1992) entre 53 y 55 dólares el barril en la actualidad. Pese a los costos, se prevé que el Syncrude se convertirá en una fuente principal de combustible para el año 2,000. La disponibilidad de materia prima (el carbón) es demasiado grande para ignorarla. También se conoce ya la tecnología necesaria y se encuentra disponible.

PLANTAS HIDROELÉCTRICAS

La primera central eléctrica productora de electricidad para consumo público se instaló en el curso del río Wey, en Surrey (Inglaterra). En el año de 1881, La energía hidráulica se había utilizado desde hacía mucho tiempo para moler grano en molinos de agua y como fuerza motriz en las fábricas. El desarrollo de eficaces turbinas hidráulicas mejoró notablemente su rendimiento. En la

central hidroeléctrica, la fuerza ejercida por el agua al caer sobre las palas de una turbina hace girar el generador al que va acoplada, produciendo así electricidad.

Donde se disponga de suficiente caudal de agua, la energía hidroeléctrica es la forma más adecuada de generar electricidad, pues ofrece gran seguridad, una rápida respuesta a las oscilaciones de la demanda y un costo de combustible nulo.

La primera central hidroeléctrica importante se construyó en 1895 en las cataratas del Niagara (Estado de Nueva York), una pequeña parte del agua que se precipitaba por las cataratas se desviaba para accionar las turbinas; en 1895, la Niagara Falla Power Company disponía de dos turbinas de 5,500 CV cada una.

Las centrales modernas están invariablemente unidas a una presa que permite acumular el agua y paliar las variaciones estacionales del caudal. El agua contenida en la presa se canaliza hacia las turbinas a través de conductos descendentes. Cuanto mayor sea el desnivel, mayor será la capacidad.

Las turbinas can equipadas con reguladores para evitar el incontrolado aumento de la velocidad si la carga se reduce repentinamente, como en el caso de un corte de energía eléctrica. Al quedar desacoplados, los generadores dejaría de ejercer el efecto de frenado de las turbinas.

las centrales hidroeléctricas pueden utilizarse para almacenar electricidad generada por centrales convencionales. En un sistema de "almacenaje por bombeo" generadores de bajo costo accionados por vapor, que pueden dejar de funcionar en periodos de baja demanda -durante la noche, por ejemplo, se utilizan para bombear agua a un embalse. Cuando la demanda eléctrica aumenta durante el día, se deja que el agua vuelva a descender para impulsar las turbinas eléctricas.¹

"Alrededor de un tercio de la energía solar que llega a la Tierra se encarga de una tarea gigantesca y de enormes consecuencias para el hombre. Cada año evapora y eleva unos 400,000 kilómetros cúbicos de agua de mares, ríos, lagos y corrientes. Por ejemplo, el mar Mediterráneo pierde más agua por evaporación que la que le dan sus tributarios, por lo que del océano Atlántico le llega una enorme corriente para suplir el faltante. La mayoría de esa humedad cae al mar, pero un tercio cae en la Tierra como lluvia, nieve cellisca, granizo y rocío. con ella se forman las corrientes y glaciares que moldean la Tierra y son una fuente de energía. La fuerza del agua en movimiento es tal, que se calcula que unos 3,000 millones de toneladas anuales de piedras y tierra van a dar al mar por los ríos. la fuerza hidroeléctrica da un quinto e la electricidad consumida en Estados Unidos, aunque solo se aprovecha el 30% de ella. los Alpes, los fiordos de Noruega y otras regiones muestran el poder de abrasión de los glaciares, las cicatrices dejadas en la superficie de la Tierra por la acción severísima de las glaciaciones son las bellas vistas que hoy gozamos."²

¹ Selecciones del Reader's Digest

"Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ill.

² Wilson, Mitchell, et. al.

"Energía" Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. ill.

Colección científica de Time Life.

Todos los ríos del sur del país se han ocupado para la generación de energía eléctrica, con excepción del Río Usumacinta; casos semejantes ocurren en Norteamérica y Sudamérica

La presa Itaipú en Brasil-Paraguay tiene varios kilómetros de largo y una altura igual a la de un edificio de 50 pisos (206 m). La presa mas grande del mundo se está construyendo en el río Yang-Tsé Kiang para generar 12,000 MW. Con dos plantas de este tipo se podrían satisfacer las necesidades eléctricas de toda la República Mexicana.

La presa Assuán en Egipto controla el Río Nilo, ya no inunda las cosechas, así que podemos decir que existe una contaminación visual afectando el paisaje, en donde se ha perdido la belleza del mundo natural aunque las plantas hidroeléctricas no contaminen, debido a que la domesticación del agua modifica el ambiente.

A la falta de ríos jóvenes en el mundo, por su total ocupación, por la contaminación, por la edad y las condiciones geográficas, las plantas hidroeléctricas tienden a desaparecer.

En México las plantas hidroeléctricas generan el 30% de la energía eléctrica que se consume en el país.¹

El hombre comenzó a construir presas en los valles de los ríos de oriente medio, la más antigua que se conoce se construyó para evitar inundaciones unos 3,000 años antes de J.C., para regular las crecidas estacionales de las aguas. La primera presa conocida sobre el valle del río Garawi, en Egipto, media unos 100 m. de longitud y se construyó de tierra con muros de mampostería. Casi todas las presas primitivas eran de tierra prensada. El historiador bizantino Procopio menciona en sus escritos, en el año 560, la presa de Daras, situada en la frontera persa. Señala que Crises, uno de los ingenieros del emperador Justiniano, la construyó de mampostería, con ambos extremos encajados en las escarpaduras laterales y con forma arqueada en el paramento aguas arriba. Este es el principio en el que se basan las presas modernas: Un arco (en este caso con apoyo lateral), cuyas fuerzas las absorbe el terreno en los extremos de la estructura.

Hacia el siglo XVI se construyeron en España presas de mampostería de grandes dimensiones; la mayor fue la de Tibí, construida en 1594, para regar la huerta de Alicante. Mide 41 metros de altura y todavía funciona.

A mediados del siglo XIX, creció el número de presas como medio de garantizar el suministro de agua a las ciudades. Se preferían las obras de mampostería o concreto, ya que algunas presas de piedra habían reventado. El ingeniero francés F. Delocre recomendó que, cuando fuera posible, la curva de la presa debería orientarse aguas arriba como un arco horizontal, ofreciendo la máxima resistencia. La primera presa moderna de este tipo fue la de Zola, terminada en 1859 cerca de Aix-en-Provence (Francia).

Las aguas embalsadas en las presas pueden impulsar generadores eléctricos, a la vez que riegan terrenos de cultivo y garantizan el abastecimiento de agua. Por ejemplo, la presa de Kariba, en el río Zambeze, es esencial para la mayoría de la industria de Zimbabwe y para el cinturón de cobre de Zambia. la presa de Assuán resulta igualmente vital para la economía egipcia. Con los avances en el estudio de las características geológicas del terreno y la ingeniería civil se está favoreciendo en la actualidad la construcción de grandes presas de Tierra. La de Assuán, de 120 metros de altura y casi 5 kilómetros de longitud, es en realidad una montaña fabricada por el hombre que contiene unos 80 millones de toneladas de roca y arena. La presa se terminó en 1970 y forma un vasto lago artificial. De este modo la presa de tierra regresó al país que la había inventado.²

¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas, del Arq. Simón Bali Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura. UNAM.

² Selecciones del Reader's Digest

"Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ill.

En 1971, los Estados Unidos generaron alrededor de 491 millones de KW de electricidad en 1,176 plantas hidroeléctricas. Esto significa 1.7 Quads¹ de energía aproximadamente. Durante el período comprendido entre 1950 y 1971, la capacidad aumentó a razón del 6% anual.

La Comisión Federal de Energía (FPC) estimó en 1976 que sólo se estaba utilizando la cuarta parte del potencial hidroeléctrico de los Estados Unidos. De ese potencial, alrededor del 25% se encuentra en Alaska, demasiado lejos de los estados que necesitan la energía. Así pues, el potencial total de fuerza hidroeléctrica en la parte correspondiente a los “48 estados bajos” de los Estados Unidos es de 55 quads de energía aproximadamente.

El Noroeste del Pacífico contiene el 57% de este potencial y cualquier capacidad generadora adicional tendrá que compartir el agua con los proyectos de irrigación, las pesquerías y el control de inundaciones. la experiencia de los últimos años indica que la construcción de presas adicionales será objetada fuertemente por los defensores del medio. Por otra parte, muchas de las mejores ubicaciones han desaparecido. Un ejemplo típico es el río Columbia. este río desciende 1290 pie (393.45 m.) en su longitud de 754 millas. con excepción de 80 pie (24.40 m.), toda esa caída se está utilizando ya.

Existe un problema similar con la autoridad del valle de Tenesí (TVA). La TVA controla 48 embalses, totalmente en función, situados en la cuenca del Río Tenesí. Es la mayor productora individual de energía eléctrica en el mundo. En cuanto a las Cataratas del Niágara, están totalmente aprovechadas y la energía la comparten Canadá y los Estados Unidos.

Al igual que la fuerza Nuclear, el crecimiento adicional de la hidroeléctrica se enfrenta a los problemas legales de construcción planteados por los defensores del medio y los irrigacionistas. las demoras serán a menudo largas y costosas.²

PLANTAS TERMOELÉCTRICAS

En una planta termoeléctrica, la fuerza que mueve las turbinas la provee el vapor de agua, este vapor es producido al calentar el agua con millones de litros de diesel, petróleo, gas, carbón, queroseno o turbosina quemados en grandes calderas con agua para la generación de vapor que empuja los émbolos o pistones que están conectados a las turbinas y éstas a los generadores. A semejanza de las maquinarias de los ferrocarriles antiguos a vapor que usaban el sistema de biela cigüeñal.

En estas plantas se genera el 60% de la energía eléctrica que se consume en el país y es altamente contaminante. Las chimeneas de las plantas termoeléctricas tienen hasta 80 metros de altura; alrededor de las plantas termoeléctricas existe mucha contaminación y el paisaje semeja al de una erupción volcánica reciente (Algo parecido a lo que ocurrió en 1997 con la expulsión de cenizas por el volcán Popocatepetl, mismas que llegaron hasta la ciudad de México).

A raíz de los años 70's (1973) los países productores de petróleo (OPEP) en el Golfo Pérsico incrementaron sus precios, con la consiguiente reacción mundial; desde entonces se empezaron a buscar nuevas fuentes de energía para contrarrestar los 24 millones de barriles que se consumían diariamente en todo el mundo. México extrae entre dos millones de barriles de petróleo

¹ QUAD = 1,000,000,000,000,000 BTU (EUA) = Un cuatrillón de BTU = 7,500 millones de galones de petróleo (221,172,619.5 barriles de petróleo) = 46 millones de toneladas de carbón.

² Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992. 4-8 a 4-9 pp

diarios por lo que lo coloca en el octavo lugar de extracción petrolera a nivel mundial, siendo Arabia Saudita el país que ocupa el primer lugar en el mundo con sus 8 millones de barriles diarios de producción petrolera. Es así como las plantas termoeléctricas también tienden a desaparecer debido a la crisis energética de los años 70's y de la búsqueda de la humanidad de fuentes no convencionales de energía, también llamadas fuentes de energía alternas. Hoy el petróleo oscila en 9 dólares comparado con los 24 dólares que costaba hace 25 años.¹

¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas, del Arq. Simón Bali Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura, UNAM.



*FUENTES CONVENTIONALES
DE ENERGIA*

Fuentes no convencionales de energía

ENERGÍA EÓLICA “La atmósfera de la Tierra es como una gran máquina térmica. El sol, más fuerte en el Ecuador que en los polos, calienta el aire tropical y lo eleva, en tanto que el aire polar, más frío, se desplaza para remplazarlo. Este flujo se ve afectado por la rotación de la Tierra y las condiciones atmosféricas. El resultado es el viento. Estas fuerzas pueden crear un suave céfiro, una tormenta ártica o la furia concentrada de un tornado de 600 km./h.. Aunque impredecible y tornadizo, el viento ha sido fuente importante de energía. Por siglos ha movido los veleros, bombeado agua o molido granos. En el futuro, los molinos de viento pueden ser una fuente importante de electricidad. Hoy día, los modernos aviones lo utilizan en el escape que sopla a 300 km./h a 10,000 metros de altura”¹



“La fuerza del viento se puede utilizar para generar electricidad en el lugar en donde se va a usar. El problema principal es el lograr el almacenamiento y la transmisión de la energía a un precio razonable. Se dispone actualmente de equipo comercial generador movido por el viento, pero su costo es elevado. En los próximos años se resolverán varios problemas económicos y técnicos, y también está disponible el equipo avanzado; por ejemplo los generadores de eje vertical.

En determinadas áreas, la fuerza del viento se puede combinar con la hidroeléctrica. El agua bombeada por el molino hasta depósitos de almacenamiento se podría usar para generar electricidad en las horas de demanda máxima. Hay muchos lugares a propósito en el noreste, en el sureste y alrededor de los grandes lagos en los Estados Unidos.

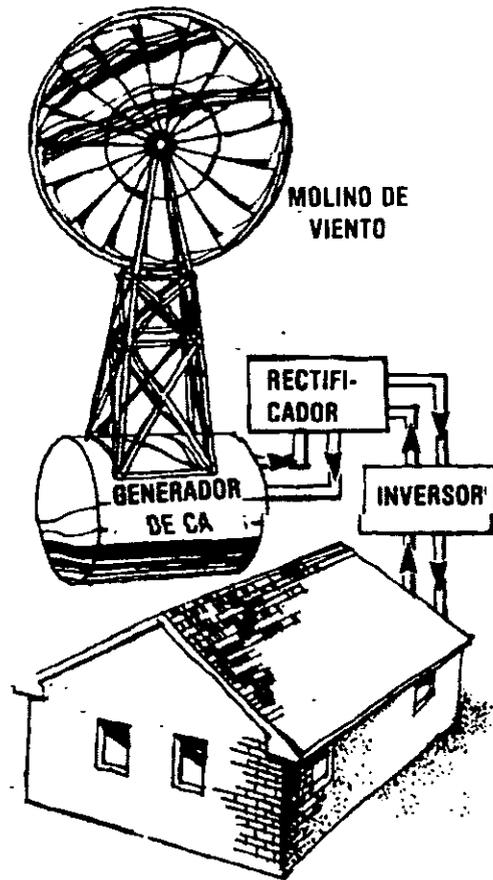
Al igual que la energía solar, el costo de la fuerza del viento es constante y no está sujeto a inflación. Tampoco se le imponen restricciones ambientales.”²

¹ Wilson, Mitchell., et. al.

“Energía” Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. ills. Colección científica de Time Life.

² Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992. 4-8 a 4-9 pp



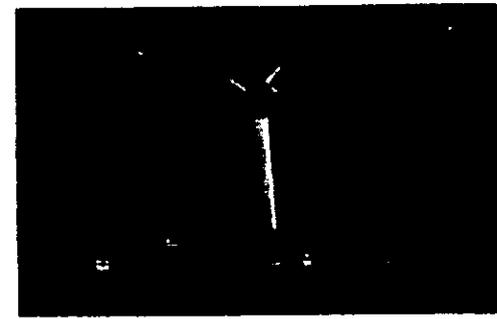
Un sistema típico para aprovechar la fuerza del viento en el hogar.

“ Esta energía obtenida de grandes molinos de viento conocidos como ventiladores aeróstatos, que consisten en grandes hélices de 30 metros de diámetro en postes de hasta 50 metros de altura que convierten la energía eólica en energía mecánica y ésta en energía eléctrica. Un solo ventilador genera energía suficiente para 20 casas, el inconveniente es que requiere vientos muy fuertes de 30 a 40 km./h en grandes planicies y costas y es de muy difícil aplicación en la arquitectura de que la electricidad generada se tiene que la almacena en aproximadamente 2,000 acumuladores. Están provistos de un freno automático para cuando el viento sopla a mas de 60 km./h. (16.67 m/s). Su eficiencia está en proporción cúbica a la de la velocidad del viento.

En muy pocos lugares se tienen vientos veloces en la República mexicana, pero tenemos en Ixtapan de la Sal y otras regiones. En California y Europa ya se está generando electricidad con energía eólica.”¹



GENERADOR EÓLICO DE EJE VERTICAL. Como los primeros molinos de viento, esta moderna máquina utilizada para generar electricidad tiene un eje vertical, después de 700 años de dominio del eje horizontal. Necesita un impulso inicial para arrancar, pero no necesita ajustarse a la dirección del viento.



GENERADOR DE TURBINA EÓLICA. Este dispositivo, probado en 1980 en California, mide 57 m de altura y tiene un rotor de tres aspas de 30 m. Proporcionará 6 millones de kWh anuales.

¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas. del Arq. Simón Bali Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura. UNAM.

BIOMASA.-(ENERGÍA ORGÁNICA).- “La palabra Biomasa se interpreta equivocadamente; parece traer a la mente la visión de grandes cantidades de estiércol convirtiéndose en productos secundarios odoríferos. Pero el término biomasa tiene una definición más amplia. Se refiere realmente a un número muy variado de productos de desecho: papel, cartón, plástico, y desperdicios orgánicos sólidos. Se refiere también a los residuos agrícolas de las cosechas, a los sedimentos y a los desperdicios animales.

El papel, el cartón, el plástico y otros desechos sólidos se pueden preparar fácilmente para ser quemados, mediante un compactador doméstico. El costo de instalación es mínimo y el combustible no cuesta nada. El tiempo necesario para retirar los desperdicios no utilizables (metal, vidrio, etc.) antes de compactar es de unos cuantos minutos

Sin embargo, el uso de la biomasa en gran escala, particularmente de aquella cuya naturaleza es menos estable y conveniente, se puede lograr mejor a través de sistemas locales de recuperación. Esos sistemas pueden ya sea quemar la biomasa para producir electricidad o fabricar sng que ira a parar al calentador casero.

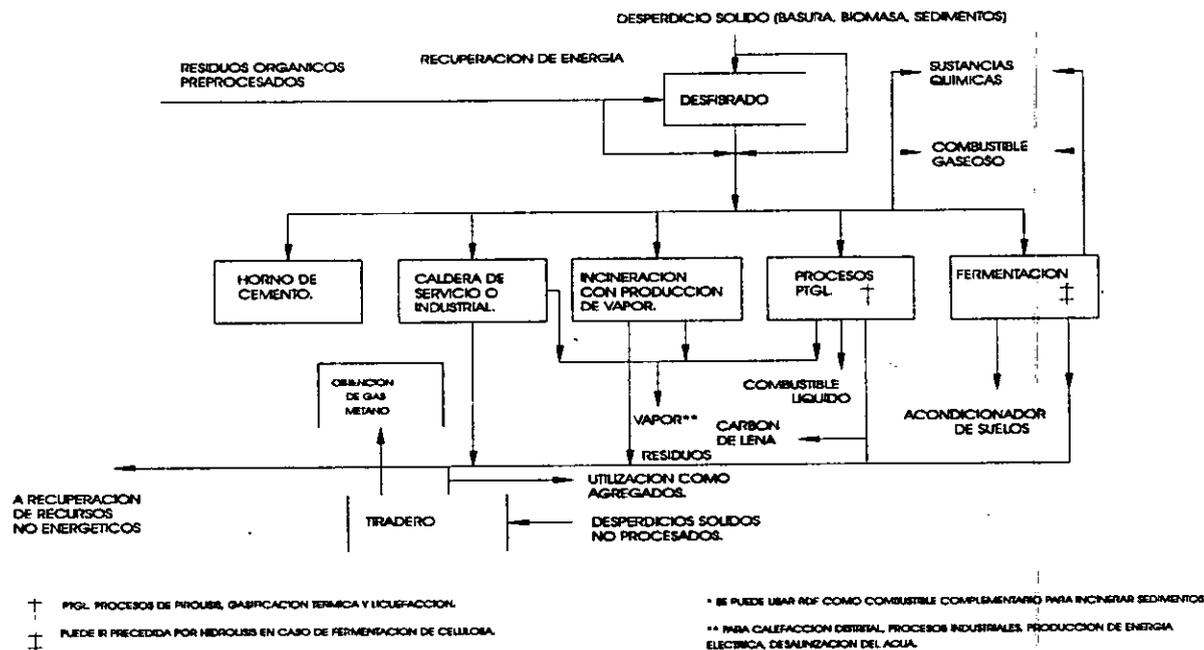
La biomasa representa una fuente muy abundante de la energía disponible que se puede reprocesar a través de la economía una y otra vez. Este reciclaje puede ayudar a resolver dos problemas: la escasez de energía y la contaminación del ambiente. Existen actualmente varias plantas de biomasa, pero se necesitan muchas mas. El uso de la biomasa como fuente de energía deberá adquirir mayor importancia en años futuros.

La leña.- Está generalmente disponible, si bien su costo depende de la ubicación, arde con facilidad, pero su eficiencia depende del equipo en el cual se quema, no es cómoda, no es automática y no se ajusta a las demandas de una sociedad que avanza a paso acelerado. Todo esto está cambiando con rapidez, excepto quizá por lo que respecta al precio en las áreas urbanas. Se han desarrollado calefactores combinados que queman petróleo y leña, con lo cual el empleo de esta última se vuelve automático y eficiente. Otros calefactores exclusivamente para leña, pero más eficientes, han vuelto al mercado. Se están instalando calderas comerciales que funcionan con pedacería de madera. Para alimentarlas se están procesando los productos secundarios como ramas muertas y desperdicios de árboles. Esta tendencia continuará y la leña representará un papel en nuestra economía energética de los próximos 25 años.”²

“Pero la leña no es una buena solución energética por la tala inmoderada de árboles y bosques que ocasiona.

² Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992. 4-8 a 4-9 pp



UN SISTEMA TÍPICO DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA CONTENIDA EN LA BIOMASA.

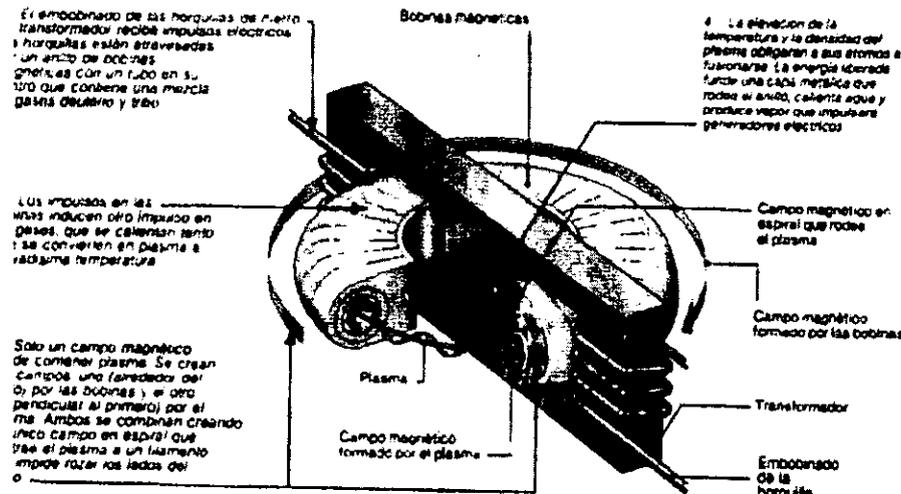
La biomasa surge de la materia orgánica, la más conocida es el gas metano, aunque es muy pestilente, sale de la basura orgánica que se deja descomponer y fermentar, inclusive el excremento animal constituye un caldo de fermentación y producción del gas metano que al quemarse produce energía calorífica y esto se puede aprovechar para generar electricidad. En el distrito federal se producen 150,000 toneladas de basura, pero no toda es orgánica que es la que se utiliza para producir el gas metano.

El alcohol etílico proveniente de la fermentación de algunos productos como la uva y la caña de azúcar. En Brasil, al no contar con petróleo y con una gran población y un enorme territorio que México, ha podido producir alcohol en cantidades sumamente grandes que al mezclarlo con gasolina obtienen gasohol (mitad gasolina y mitad alcohol). México a no poder sostener la producción de caña para el alcohol prefiere producir azúcar, ron y materiales constructivos.

También se puede quemar la basura en plantas termoeléctricas pero es más contaminante que el petróleo y no es fácil como buena solución, en cambio el alcohol, al tomar la caña de azúcar y fermentarse para producirlo se puede utilizar como

combustible (caña, manzana y remolacha son algunos productos que se utilizan para producir alcohol etílico). El gasohol se usa como combustible de automóviles, pero el alcohol es muy corrosivo. Posteriormente en México se añadirá un 3% de alcohol etílico como agregado a las gasolinas de PEMEX por la abundancia que se puede llegar a tener en la producción de la caña de azúcar. Esta es otra manera de obtener energía.”¹

LA FUSIÓN NUCLEAR: ENERGÍA DEL FUTURO?



Juente más potente de energía conocida es la fusión nuclear, producida cuando los núcleos de dos átomos ligeros colisionan tan violentamente que se funden para formar un nuevo átomo. La energía liberada es mayor incluso que la de la fisión nuclear. Este proyecto de reactor de fusión para fines de este siglo se alimentaría de deuterio, isótopos de hidrógeno tan comunes que resolverían los problemas energéticos de la humanidad.

ENERGÍA NUCLEAR.- “Hace 25 años, se esperaba que las plantas de energía nuclear generadoras de electricidad cambiarían la faz de la industria energética. Esta nueva fuente era limpia, segura y económica. La fisión nuclear vendría a ser la fuente común de energía para las plantas productoras de electricidad; más de 400 plantas nucleares estarían en operación para el año 2000.

A principios de 1975, sólo 53 plantas generadoras nucleares tenían permiso para operar. Otras 180 habían sido anunciadas o estaban en construcción. Sin embargo, se han planteado algunas dudas graves respecto a los riesgos que representa la fuerza nuclear en el ambiente. Por otra parte, los costos del combustible nuclear se han ido hasta las nubes. Los defensores del consumidor y del ambiente están luchando en los tribunales, con un éxito sorprendente, contra las construcciones de nuevas plantas. Es muy difícil predecir con cuanta rapidez se podrán construir y poner en servicio las 180 ya anunciadas. Las largas demoras se han vuelto cosa común debido a las restricciones de carácter ambiental, los complejos procedimientos para obtener licencias y las limitaciones impuestas a la construcción y el suministro.

La instalación de plantas de fuerza nuclear exige la integración de un gran número de actividades complejas y muy variadas. No habiendo demoras o causa de acciones legales, la planta nuclear promedio requiere diez años para su construcción a partir de la fecha en que se otorga el permiso. Cualesquiera beneficios importantes provenientes de la energía nuclear se disfrutarán después del año 2000.”²

“La energía nuclear fue producida por primera vez por Enrico Fermi, en la Universidad de Chicago en 1942. Muchos de los físicos que trabajaron en la construcción de la primera bomba atómica vivieron obsesionados por un sentimiento de culpabilidad a causa del poder destructivo de la

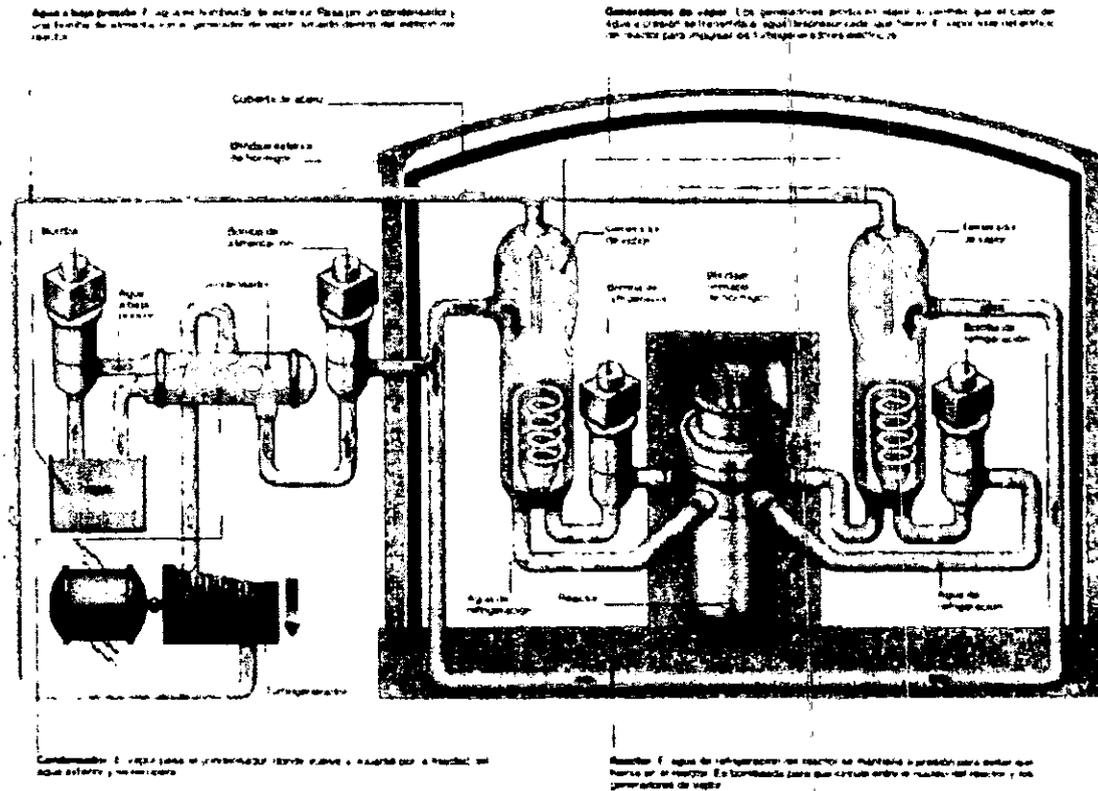
¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas, del Arq. Simón Bali Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura, UNAM.

² Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992. 4-7 a 4-8 pp

energía que habían contribuido a liberar. Por ello, tras la segunda guerra mundial, orientaron aliviados sus esfuerzos al desarrollo de la energía nuclear para usos pacíficos.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN EL REACTOR DE AGUA A PRESIÓN



En este reactor el agua de baja presión que circula por el reactor se calienta y produce vapor que calienta el agua de alta presión. El agua de alta presión se calienta y produce vapor que se condensa en el condensador. El agua de alta presión se calienta y produce vapor que se condensa en el condensador.

El agua de alta presión que circula por el reactor se calienta y produce vapor que calienta el agua de baja presión. El agua de baja presión se calienta y produce vapor que se condensa en el condensador. El agua de baja presión se calienta y produce vapor que se condensa en el condensador.

Pero el avance en esta dirección no ha sido tan rápido como se esperaba. Esta energía se produjo por primera vez en 1942; mas de 40 años después, las centrales nucleares satisfacen menos del 10% de las necesidades energéticas de las principales naciones industriales. Y por ironía del

accidente de bastante menos gravedad, ocurrido en la central de la isla de las Tres Millas, en Pennsylvania, desencadenó protestas que tardaron meses en acallarse. En Veinte años, la energía nuclear para algunas personas, de ser una esperanza pasa a convertirse en una amenaza.

Los detractores de la energía nuclear dicen que es cara, insegura, fuente potencial de contaminación y favorecedora de la diseminación del armamento nuclear. Los defensores responden al primer argumento que, en términos de costos de funcionamiento, una central nuclear resulta enormemente rentable. Pero los críticos replican que estos es cierto porque, como el problema de los residuos, no han sido estudiados adecuadamente.

Riesgos de accidente.-

Quienes postulan que las centrales nucleares son inseguras recuerdan los accidentes ocurridos, como los de Windscale en 1957 y la de la isla de Tres Millas en 1979, entre otros. Por muy estrictas que sean las medidas de seguridad y mínimas las posibilidades de un accidente catastrófico -argumentan-, ¿resultan desdeñables esos riesgos en un mundo que puede tener algún día millares de reactores nucleares en funcionamiento?

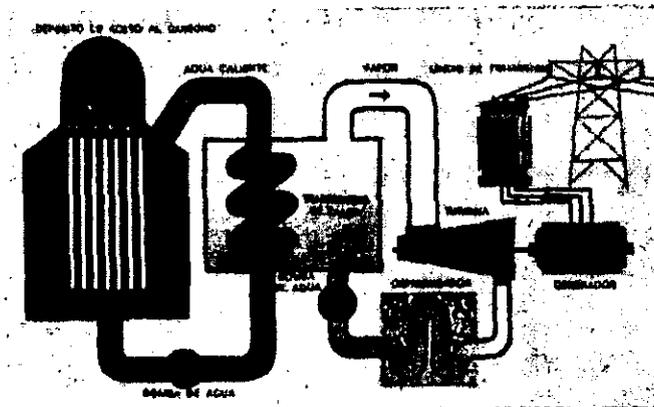
El argumento sobre la contaminación se deriva del hecho de que los productos residuales de la fisión nuclear contienen algunos isótopos radiactivos (variedades de Uranio con átomos de masa diferente) cuya actividad se apaga tan lentamente que resultarán todavía mortíferos en el año de 2681, o incluso después. Por el momento los residuos se almacenan en estado líquido en depósitos de doble pared de acero inoxidable refrigerados por tuberías interiores de agua fría. Estos depósitos tienen una vida no superior a 50 años, por lo que habrá que encontrar un método mejor de conservación.

El cuarto argumento se refiere a la proliferación de armas nucleares. Cada reactor nuclear lleva implícito, como un eco de su historia, la posibilidad de fabricar bombas. Mediante la técnica llamada de reprocesamiento puede producir plutonio, del que pueden obtenerse bombas. Si se construyen centrales nucleares por doquier -señalan los críticos- resultará posible a muchos gobiernos, incluso fanáticos disidentes o grupos terroristas, agenciarse el plutonio necesario para la producción de bombas. La respuesta de los Estados Unidos a este dilema fue abstenerse de reprocesar, declarando el producto de la misma -el plutonio- demasiado peligros para ser objeto de comercio.

Pero sin reprocesamiento no puede existir el reactor reproductor rápido, y sin este, la energía nuclear tiene sus días contados, ya que es improbable que exista suficiente uranio en el mundo para continuar consumiéndolo en reactores convencionales al ritmo actual.

Los gobiernos europeos no han seguido la norma de Estados Unidos, por creer que supone un precio muy alto y que en cualquier caso no podrá evitar la proliferación nuclear. El problema continua, pues, sin resolverse.

Estos argumentos contra la energía nuclear han hallado multitud de simpatizantes sobre todo entre la juventud. La oposición se ha manifestado a través de partidos políticos, en las elecciones y mediante la acción



DEL ATOMO AL AGUA Y AL ALAMBRE

El primer paso es el reactor nuclear que produce calor al calentar agua y así se crea el vapor de agua que se transforma en electricidad. El agua del reactor se calienta por el calor que produce el reactor y se transforma en vapor que opera la turbina que genera la electricidad.

El vapor de agua se transforma en electricidad y el vapor de agua se transforma en electricidad. El agua del reactor se calienta por el calor que produce el reactor y se transforma en vapor que opera la turbina que genera la electricidad.



ENRIADOS PARA UN CORAZON ARDIENTE
La concha que vemos arriba contiene el corazón del reactor BR.101000000 de núcleo radiactivo. Cada hora circulan por la concha unos 80 millones de litros de agua para llevar el calor extremo del reactor al intercambiador (circuito primario 100) hecho de acero al carbono y visto con agua y para descubrirlo cualquier defecto solo 228 toneladas y tiene 12 m. de altura

directa, como la ocupación de centrales en construcción. En consecuencia, algunos países decidieron no adoptar la energía nuclear en los años setenta, pese a la crisis energética que debiera haber hecho tal opción mucho más atractiva.

En 1939 el descubrimiento que hizo posible tanto la emisión controlada de energía nuclear como la bomba atómica fue anunciado por el químico alemán Otto Hahn y la física austriaca Lise Meitner. Hahn y Meitner, que habían trabajado juntos en Berlín, habían estudiado lo que sucedía cuando el elemento uranio era bombardeado con neutrones en un acelerador de partículas atómicas. Anteriores intentos de llevar a cabo el experimento por el físico italiano Enrico Fermi habían proporcionado datos confusos. Hahn dedujo que el núcleo del átomo de Uranio (el más pesado de la Naturaleza) debía escindirse en dos.

Dos factores convertían la fisión - escisión del átomo- en un hecho de máxima trascendencia. El primero, el descubierto algo mas tarde por Irene Curie y Frederick Joliot en París, fue que se trataba de una reacción automantenida. Cuando un núcleo de uranio se escinde produce varios neutrones, que a su vez pueden causar la escisión de más núcleos, produciendo más neutrones sucesivamente. Bastaría disponer de suficiente uranio para que este proceso determinase una reacción en cadena acelerada.

El segundo punto crucial sobre la fisión fue que producía energía en cantidades prodigiosas. Según comprobaron, cuando un solo núcleo pesado de uranio se escindía en dos núcleos más livianos, la masa conjunta de los productos era ligeramente inferior al peso del núcleo de uranio original. En consecuencia ¿desaparecería parte de la masa? la Física demuestra que eso es imposible. Lo que sucedía era que la masa se convertía en energía según la ley formulada por Albert Einstein treinta años antes: $E = mc^2$, en la que E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz. Una fracción de masa, decía Einstein, equivalía a una inmensa cantidad de energía. La fisión nuclear le daría la razón.

El descubrimiento de la fisión hizo tambalearse el mundo de la física. En 1939 la guerra se presentía inmediata y los físicos pronto comprendieron que la fisión haría posible bombas de un poder destructivo sin precedentes.

Pero el problema distaba mucho de estar resuelto. En el uranio natural, solo una pequeña proporción, menos del 1%, es fisible. El otro 99% consiste en uranio-238, isótopo o variedad del elemento idéntico en todos los aspectos excepto en la masa de su átomo y en que no se escinde fácilmente. Los cálculos mostraron que no podría mantenerse una reacción de fisión en una masa de uranio natural por muy grande que fuera. Pero había dos posibilidades. Una era desarrollar un procedimiento para aumentar la proporción del isótopo fisible, uranio-235, procedimiento que hoy se conoce como enriquecimiento.

La segunda posibilidad, que conduciría a los primeros reactores nucleares, consistía en estimular la capacidad de los neutrones del uranio natural para causar fisiones frenándolos. Los neutrones producidos por la fisión tienen una energía muy elevada, y por tanto tienden a escapar a enorme velocidad antes de provocar nuevas fisiones. Si pudieran frenarse, sus posibilidades de alcanzar otros núcleos de uranio y obligarlos a escindirse serían mayores. Un neutrón rápido puede frenarse haciéndolo rebotar repetidamente sobre átomos de algún elemento ligero, conocido como moderador. El primer moderador que se probó fue el carbono.

El enriquecimiento del uranio -es decir, el aumento proporcional de su isótopo fisible U-235- puede efectuarse de dos formas. El uranio natural contiene solo 0.7% de U-235, y para utilizarse como combustible en muchos reactores ha de aumentarse a un 3%. El primer método fue la difusión del gas, en la que el Uranio, en forma de hexafluoruro de uranio gaseoso, pasa por una serie de filtros que separan el U-235 del U-238, más pesado y no fisible. Pero la difusión por gas resulta difícil y muy costosa.

Otro método de enriquecimiento es el de centrifugado del gas. El hexafluoruro de uranio es centrifugado en máquinas que separan el elemento U-235 del U-238 por rotación a gran velocidad. Cuando el hexafluoruro contiene la cantidad apropiada de U-235 se transforma en combustible, convirtiéndolo primero en óxido de uranio y después comprimiéndolo el óxido en polvo para formar pastillas. Estas se alojan en el interior de las barras que se introducirán en el reactor.

En una pista de squash de la Universidad de Chicago, en 1942m Enrico Fermi (exiliado del régimen fascista italiano) apiló bloques de grafito -variedad del carbono- intercalando uranio y óxido de uranio. El uranio 235 comenzó a producir neutrones espontáneamente. En toda la superficie de la pila se habían perforado orificios para alojar barras de cadmio, metal absorbente de neutrones. Cuando se completó la pila, Fermi extrajo las barras de cadmio una a una, reduciendo gradualmente el número de neutrones absorbidos y por tanto haciendo cada vez más fácil la fisión. A las 3:45 de la tarde del 2 de diciembre de 1942 llegó el gran momento, cuando se logró mantener la reacción en cadena. Fermi interrumpió la liberación de energía antes de que escapara de su control reponiendo las barras de cadmio, y las escasas personas que conocían el experimento supieron del éxito por telegrama en clave.

Estos trabajos de Fermi abrieron dos posibilidades; la primera era generar electricidad en una Central Eléctrica mediante la construcción de una pila más grande que convirtiera agua en vapor, y la segunda, la más importante en tiempos de guerra, era la obtención de Pu-239 mediante el bombardeo del U-238 con neutrones de U-235. Y como el Pu-239 era fisible, podían fabricarse con él bombas. Se abrían, pues dos caminos para la fabricación de la bomba atómica: uno era enriquecer uranio para extraer de él U-235, y el otro construir una pila, producir Pu-239 en ella y extraer éste químicamente. Con el primer proceso se produjo la bomba que destruyó Hiroshima, y con el segundo la bomba que destruyó Nagasaki.

Hasta después de la Segunda Guerra Mundial no se logró la otra posibilidad implícita en la pila atómica de Fermi; la producción de electricidad. El primer reactor -como pasaron a denominarse las pilas- que produjo electricidad se construyó en la URSS y comenzó a funcionar en junio de 1954. Empleaba grafito como moderador.

El reactor soviético se hallaba en Obninsk, a 88 km. de Moscú, y poseía una modesta potencia de 5 Megavatios, suficiente para satisfacer las necesidades de energía de una población de 6,000 habitantes. El calor producido en el núcleo del reactor se extraía haciendo pasar agua de refrigeración a elevada presión por unos conductos anexos. El agua absorbía el calor del núcleo, pero no entraba en ebullición por su elevada presión; después era conducida a unos intercambiadores de calor, donde transmitía su calor a un segundo circuito de agua a baja presión. El agua de este circuito entraba en ebullición, produciendo el vapor que impulsaba los generadores eléctricos.

En agosto de 1956, se inauguró la primera central nuclear inglesa a gran escala, construida en Calder Hall. El reactor estaba moderado por grafito y refrigerado por gas (bióxido de carbono) a presión, en lugar de agua. El combustible utilizado era uranio natural (no enriquecido) alojado en

el interior de largos tubos fabricados de una aleación de magnesio denominada Magnox. Los tubos están sujetos por medio de una rejilla, que permitía que el gas circulase entre ellas para extraer el calor producido por la fisión. El gas calentado pasaba entre las calderas de agua, produciendo vapor que generaba electricidad.

Gran Bretaña optó por la refrigeración de gas debido a cierto número de razones. Una fue el temor, todavía no disipado, de que un reactor refrigerado por agua puede ser peligroso. Si el agua hierve accidentalmente en el reactor y se evapora, los elementos combustibles se verán desprovistos del refrigerante adecuado, se recalentarán y se fundirán, averiando el reactor y provocando acaso un peligroso escape radiactivo. Esto no puede suceder con el gas, ya que sea cual fuere su temperatura su estado físico no cambia; siguiendo esa lógica, Francia eligió también inicialmente reactores moderados por grafito y refrigerados por gas.

Pese al éxito del reactor refrigerado por gas, el mercado mundial ha sido dominado por un reactor diferente, diseñado en Estados Unidos, que utiliza elementos combustibles de uranio enriquecido sumergidos en agua a elevada presión. El agua actúa simultáneamente como moderador y refrigerante. Como en Obninsk, el agua a presión no alcanza el punto de ebullición, sino que pasa a través de un intercambiador de calor para producir vapor. El sistema se conoce como reactor de agua a presión.

El reactor de agua a presión, de diseño simple y relativamente compacto, extrae una enorme proporción de energía y su construcción resulta económica. El primero de su tipo destinado a la generación de energía eléctrica se construyó en Shippingport (Pennsylvania) en 1957, y desde entonces se ha convertido en el más eficaz y vendido en muchos países.

La desventaja de los reactores refrigerados por agua subsiste. Necesitan un complicado dispositivo de seguridad para proporcionar refrigeración de emergencia en el caso de que fallasen los circuitos normales de refrigeración, y estos sistemas de refrigeración urgente del núcleo han sido motivo de largas discusiones.

Todos los reactores, en el curso de su funcionamiento normal, producen el isótopo fisible plutonio-239. En un reactor cargado con una mezcla de plutonio y uranio, el plutonio se escinde, produciendo neutrones que bombardean el uranio-238, lo que a su vez produce más plutonio. En consecuencia, el reactor consume plutonio y lo fabrica al mismo tiempo. Correctamente proyectado, producirá más combustible del que consume.

Para mantener la reacción y convertir el U-238 en Pu-239 se necesitan muchos neutrones. El reactor reproductor utiliza por tanto neutrones "rápidos" - no frenados por ningún moderador-, ya que éstos al causar la fisión, producen más neutrones nuevos que con neutrones frenados.

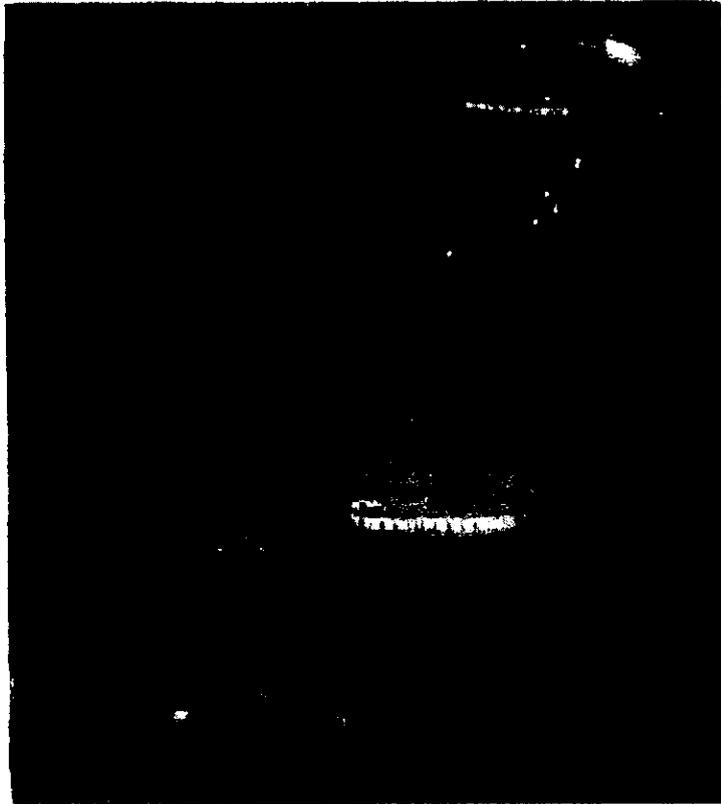
El primer reactor reproductor rápido que generó energía eléctrica fue el Reactor Rápido de Dounreay, en Escocia, que entró en funcionamiento en 1959, y al que ha sucedido el Reactor Rápido Prototipo, con una potencia de 250 megavatios. Igual acontece con el prototipo francés, Phoenix, situado en Marcoule, junto al Ródano, cuya producción hace frente al consumo energético de una ciudad de 300,000 habitantes. El Superphénix quedó terminado cerca de Lyon en 1984.

Los reactores reproductores rápidos poseen una ventaja capital. Su capacidad de convertir U-238 -que de otra forma se desperdiciaría- en Pu-239 fisible a gran velocidad supone que de las reservas mundiales de uranio podrá extraerse de 50 a 60 veces más energía¹

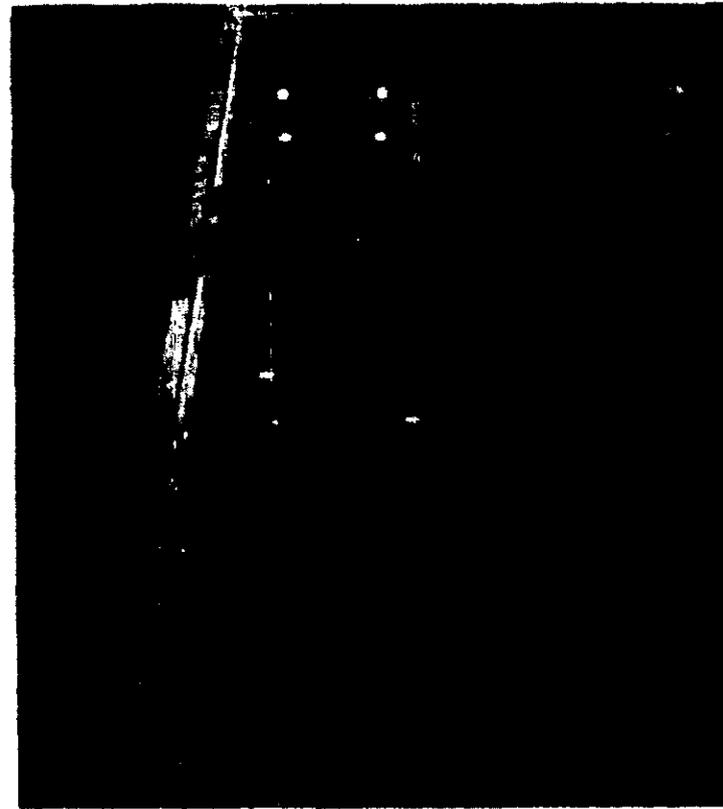
¹ Selecciones del Reader's Digest

"Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ill.

CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA MAREMOTRIZ EN ELECTRICIDAD



La central de Rance. Construida en el estuario del río Rance, en Bretaña (Francia), se terminó en 1968. La presa, de 750 m de longitud, retiene el agua del mar durante la pleamar, para convertir su energía en electricidad por medio de 24 turbinas.



Sala de turbinas de Rance. El agua retenida se libera a través de 24 turbinas, cada una capaz de generar 10.900 megavatios, suficientes para el alumbrado de una ciudad de unos 40.000 habitantes. Las turbinas pueden generar energía tanto a la subida como a la bajada de la marea.

ENERGÍA GEOTÉRMICA.-

“Desde 1904, en Lardarello, Toscana, los ingenieros italianos hallaron un modo de producir electricidad barata que es una promesa de energía para el futuro. Su fuente es el vapor formado muy en lo hondo por el calor terrestre, que surge

Los chorros de vapor que surgen por pozos perforados, especialmente, y que se envía a generadores de turbina. Hoy día, los generadores de vapor de Lardarello producen dos mil millones de kilovatios hora al año, bastante para operar casi todo el sistema férreo del país. El vapor terrestre sirve para otras cosas. Así, en Islandia, calienta las casas. En Kenya incuban pollos, en Nueva Zelanda y California es fuente de energía eléctrica. Son caras estas generadoras, pero lo que ahorran en combustible hace que su electricidad sea más barata que la de otras generadoras. Los chorros de vapor se originan debido a las filtraciones de agua por entre las fisuras volcánicas, se encía mediante tuberías a las generadoras de turbina y luego a torres de condensación donde se recogen sustancias químicas valiosas¹

Una de las principales fuentes de calor de que dispone el hombre es la Tierra misma. En su núcleo en fusión y en la corteza sólida que le rodea con un espesor entre 30 y 40 kilómetros almacena calor a temperaturas de hasta 5,000°C. El primer intento de aprovechar este calor para generar electricidad se realizó en 1904 en la localidad Toscana de Lardarello (Italia); donde se instaló la primera central geotérmica del mundo. Allí, el vapor que emerge a través de unas hendiduras del suelo a temperaturas entre 140 y 260°C puede canalizarse directamente a unas turbinas de vapor. Sin embargo, como arrastra enormes cantidades de sustancias químicas que corroerían las turbinas, se ha optado por pasar el vapor geotérmico a través de un intercambiador de calor, donde hace hervir agua pura y proporciona vapor limpio a las turbinas.

Puede emplearse una disposición parecida si es agua caliente y no vapor lo que surge del suelo. Cuando no fluyen agua ni vapor pueden practicarse orificios en el suelo para extraer el calor de la roca caliente bombeando agua en su interior.

Los primeros orificios piloto comenzaron a practicarse en la meseta de Jemez, en Nuevo México (Estados Unidos), en 1974, con buenos resultados. La cantidad de energía que se puede obtener del calor del subsuelo es prodigiosa siempre que no surjan dificultades. La capa de rocas calientes se extiende por todo el globo terráqueo a profundidades diferentes, y en la actualidad se están haciendo experimentos para aprovecharla en diversos países.²

La energía geotérmica, o sea el calor almacenado en la Tierra, no tiene valor práctico en la mayoría de los lugares. No obstante, existen áreas de actividad térmica muy localizadas, distribuidas por todo el globo. Hay varios tipos de recursos geotérmicos, de valor diverso. El más atractivo es el yacimiento dominado por vapor, de los cuales se conocen únicamente seis en el mundo, uno de ellos en Estados Unidos: *The Geysers*, California. Estos yacimientos contienen vapor sobrecalentado que se puede alimentar directamente a las turbinas para generar electricidad.

En *The Geysers* ha estado operando una planta durante cierto tiempo con bastante éxito, y se ha proyectado una instalación mayor. Los costos son comparables a los de otras plantas movidas por vapor.

¹ Wilson, Mitchell, et al. "Energía" Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. ills. Colección científica de Time Life.

² Selecciones del Reader's Digest "Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983: 368 ppx ills.

Otro recurso geotérmico es el *yacimiento dominado por líquido*. La mayoría de los yacimientos geotérmicos del mundo son de este tipo. El yacimiento contiene una mezcla de agua caliente (o salmuera) y vapor. Se puede utilizar de dos maneras: el proceso directo y el proceso binario. En el proceso directo, el vapor es separado del agua o la salmuera y se envía a la turbina para que realice trabajo mecánico. En el proceso binario, el agua o la salmuera se hace circular a través de un intercambiador de calor, esto calienta un segundo fluido, el cual se envía a través de la turbina para que realice el trabajo mecánico necesario para generar electricidad. Cuando se sigue el proceso binario, la turbina no queda sometida a los efectos de oxidación, corrosión y erosión producidos por la salmuera caliente, con lo cual se aumenta la eficiencia y se evita el atascamiento.

Se espera que la tecnología necesaria para aprovechar los yacimientos líquidos este disponible lo mas pronto posible. Hay mucha incertidumbre respecto al costo y en parte depende los yacimientos. Hay efectos ambientales potencialmente perjudiciales, que tendrán que ser estudiados. Entre ellos se puede citar los siguientes: emisiones de gases, disposición del líquido residual, hundimientos, contaminación térmica y contaminación del agua superficial. No obstante, la perspectiva a largo plazo de este tipo de energía geotérmica es favorable. por desgracia, solo hay yacimientos importantes en los estados occidentales de los Estados Unidos.

Se están investigando también otros tipos de energía geotérmica. Actualmente se encuentran en el período experimental inicial y es imposible pronosticar su utilidad. Pese a todo, la energía geotérmica puede convertirse en una fuente localizada importante de energía en el siglo XXI¹

“En México está funcionando la planta geotérmica de Cerro Prieto en Baja California Norte y la planta Los Azufres en el Estado de Michoacán”.

Así, con la energía geotérmica se puede generar electricidad en lugares donde haya actividad volcánica. Bajo tierra corren formaciones volcánicas y magma, el agua subterránea al estar en contacto con el calor del magma se evapora con altísimas presiones y temperaturas.

Las aguas termales contienen gran cantidad de sales que tapan las tuberías requiriendo por lo tanto mucho mantenimiento.

México se ubica en el cuarto lugar mundial de generación de electricidad por geotermia y junto con la planta nuclear de Laguna Verde no se alcanza a satisfacer ni el 10% de las necesidades por consumo de energía eléctrica en el país. Así también es muy contaminante por el lodo y las sales que surgen de las plantas geotérmicas, mismas que pueden ser dañinas a la agricultura.²

ENERGÍA OCEÁNICA.-

“Allá por 1920, al observar las formidables mareas de la bahía Passamaquoddy, entre Maine y Canadá, Franklin Roosevelt se preguntó si sería posible generar electricidad con su energía. La marea entra y sale en un ciclo de 12 horas,

¹ Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición, Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992.

² Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas. del Arq. Simón Bali Babani durante el periodo 97-98 en la Facultad de Arquitectura. UNAM.

moviendo unos dos millones de toneladas de agua que suben y bajan unos seis metros. En los años 30 tuvo un comienzo falso el plan de Roosevelt para utilizar esta fuerza.

Su costo se estima en 600 millones de dólares, y si así se termina según lo planeado, dará un máximo diario de 500,000 kilovatios. La energía llegará hasta Boston, y cubrirá fácilmente un aumento esperado de 40 millones de kilovatios en el consumo anual de electricidad de Nueva Inglaterra.

Pero mucho antes de que se termine la obra de Passamaquoddy, los franceses serán veteranos en el aprovechamiento de las mareas. La presa que cruza el río Rance en la costa de Bretaña empezó a generar energía en 1966. Aunque menos ambiciosa que Passamaquoddy -su rendimiento diario es de 240,000 kilovatios-, es la primera generadora de electricidad movida por la fuerza eterna de las mareas.

En el río Rance, en el norte de Francia, se ha construido, mediante cajones de concreto, el primer embalse para mareas. Terminadas en 1966, las 24 turbinas de diseño especial de la generadora, controlan con eficacia las mareas del Canal de la Mancha, que suben y bajan hasta 13 metros. Una compuerta permite el tráfico fluvial hasta el puerto de Saint Malo.

La tormentosa marea al regresar al mar por entre una de las compuertas del Rance. Atrás de la cortina hay un embalse de 23 kilómetros cuadrados. La electricidad se genera al subir y bajar la marea. Las compuertas retienen el agua para acrecentar su potencia; no la dejan pasar en ningún sentido sino hasta que la diferencia entre uno y otro lado pasa de 10 metros.¹

“Las mareas se han utilizado para suministrar energía a los molinos de agua desde hace 900 años. Una manera más eficaz de aprovechar las mareas resultó posible cuando el ingeniero alemán Victor Kaplan desarrolló una turbina que podía trabajar eficazmente aún cuando la carga hidráulica -diferencia entre el nivel del agua por encima y debajo de la turbina- fuera pequeña.

La turbina de Kaplan, desarrollada en Brunn (Checoslovaquia) entre 1910 y 1924, consta de una hélice parecida a la de un barco, en la que el ángulo de las palas puede alterarse sin detener la turbina. Esto permite elegir la configuración óptima de las palas para cualquier carga hidráulica, lo que asegura un funcionamiento mucho más eficaz. Además, la turbina de Kaplan puede impulsarse por motores eléctricos para que trabaje como una bomba, a fin de aumentar la carga hidráulica en la cuenca del embalse hasta un nivel más alto que el que se alcanzaría únicamente con las mareas. Esto resulta ventajoso ya que el bombeo puede realizarse cuando la diferencia entre los niveles interior y exterior del embalse es pequeña, lo que requiere poca energía. El agua bombeada puede liberarse cuando la carga hidráulica sea más elevada.

La energía maremotriz se ha considerado como posible fuente de electricidad, pero hasta la fecha sólo se ha construido una central de este tipo en el estuario del río Rance, en Bretaña (Francia). Una presa de 750 metros de

¹ Wilson, Mitchell, et. al.

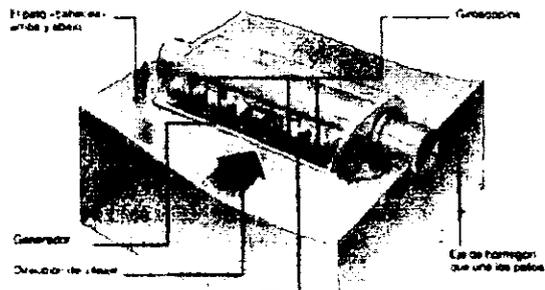
“Energía” Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. ills. Colección científica de Time Life.

longitud separa el estuario del mar y retiene el agua en el pleamar. Esta agua se libera a través de 24 turbinas, cada una capaz de generar 10 millones de kw/h, producción suficiente para iluminar una ciudad de 40,000 habitantes. Las turbinas pueden producir energía tanto al subir como al bajar la marea.

La central de Rance se terminó en 1968 y funcionó con pleno éxito hasta 1975, cuando empezaron a registrarse averías en los generadores.

En realidad, las centrales de energía maremotriz sólo resultan interesantes cuando la subida y bajada de marea es considerable (6 metros o más). Pero existen relativamente pocos lugares en el mundo que reúnan esas condiciones, por lo que es probable que este tipo de energía llegue a ostentar una participación importante en el consumo eléctrico mundial.¹

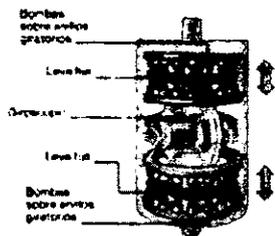
EL PATO DE SALTER GENERA ELECTRICIDAD DEL MAR



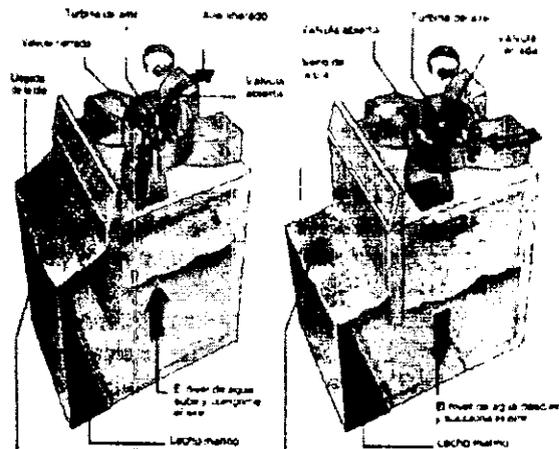
El pato de Salter, uno de los primeros dispositivos para obtener energía del oleaje, fue inventado por Stephen Salter en 1973. Se considera una de las máquinas más baratas, pequeñas y eficaces de su clase, capaz de aprovechar hasta un 15 por 100 del potencial de energía del oleaje. Para alimentar una central de 2.000 megavatios se necesitarían unos 1.000 patos, de casi 24 m de anchura, colocados a lo largo de 30 km. A pesar de sus muchas ventajas, los temas relacionados con su complejo diseño y las dudas sobre su seguridad y fiabilidad paralizaron su financiación. Sin embargo, el equipo Salter, de Edimburgo, prosigue su investigación.

GIROSCOPIO

El movimiento de "cabeceo" del pato hace girar el giroscopio sobre su eje. Esto determina que los juegos de bombas, impulsados en sentido contrario y por debajo del giroscopio, generen sobre una línea los bombos de fluido hidráulico a un ritmo lento. La energía mecánica producida es transmitida a tierra por cable.



COLUMNA OSCILANTE DE AGUA IDEADA POR LOS JAPONESES



La alta el flujo, eleva el nivel del agua en la cámara y determina el que se impulse. Este impulso, por medio de la válvula en la turbina, de aire que acciona el generador.

Al retroceder, el nivel de agua desciende y se acciona el otro juego de bombas, que impulsan la columna de agua hacia el generador con el flujo y refugio de las bombas.

El principio de la columna oscilante lo aplicaron los japoneses por vez primera en los años sesenta para suministrar pequeñas boyas de navegación. En 1979 se empleó el mismo principio en el Kaimetsu, prototipo de máquina para obtener energía del viento. El Kaimetsu cuenta con 22 columnas de agua que comprimen aire y accionan diez generadores eléctricos.

“Desde principios del 1900 se habló de aprovechar las mareas para producir energía eléctrica, y en 1929 Georges Claude demostró la posibilidad de operar una máquina utilizando la diferencia de temperatura que existe entre las capas superiores del océano, de agua caliente, y las capas inferiores frías.

¹ Selecciones del Reader's Digest "Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ills.

Es posible producir fuerza hidroeléctrica aprovechando el pleamar y bajamar de las mareas para mover las turbinas generadoras. En 1961 se empezó la construcción de la primera planta de energía maremotriz en el Golfo de St. Malo, Bretaña, Francia. La planta fue puesta en marcha en 1967, con una capacidad de 240,000 kw. En 1969, la URSS terminó una pequeña planta piloto de 1,000 kw en el Mar Blanco. Se han propuesto otras plantas para el Canal de Bristol en el Reino Unido, para el Golfo de San José en Argentina y para diversos puntos de la costa occidental de Australia. En América del Norte, los lugares más probables parecen ser el área de la bahía de Passamaquoddy en Maine y la Bahía de Fundy en Nueva Escocia, Canadá. En todo el mundo hay únicamente mas o menos 100 puntos en los cuales sería posible aprovechar las mareas.

Actualmente no se operan plantas de energía térmica aprovechable de los océanos; pero están en marcha algunos estudios financiados por el gobierno. Con este método se utiliza la diferencia de temperatura de las aguas para mover las turbinas generadoras de electricidad. Los pronósticos actuales indican que las plantas movidas por energía térmica de los océanos funcionarían mejor en las aguas tropicales, estarán expuestas a los daños causados por las tormentas y su construcción será antieconómica.

La producción de electricidad a partir de esta fuente parece muy factible para cantidades limitadas de energía. Sin embargo, el procedimiento es demasiado nuevo para que pueda evaluarse por ahora.”²

“La energía del oleaje posee varias características atractivas comparada con otras fuentes naturales de energía, como el sol y el viento. Se halla disponible en mayor proporción en invierno, que es cuando mayor se necesita. Además, se puede aprovechar casi en todo momento, puesto que la superficie de los océanos raramente permanece inmóvil (menos del uno por ciento del tiempo), a diferencia del viento, que puede experimentar largos periodos de calma.

Pero los problemas son enormes. La energía de las olas no es un recurso disponible en todo el mundo; está concentrada en las zonas del globo comprendidas entre las latitudes 40° y 60° norte y sur. En las regiones ecuatoriales sopla muy poco viento y, hacia los polos (con la excepción de una pequeña región a unos 80° de latitud), hay demasiado hielo. En consecuencia, sólo unas pocas naciones podrían beneficiarse de la energía de las olas si alguna vez resultara factible. Gran Bretaña y Japón han tomado la iniciativa, pero también han demostrado algún interés los Estados Unidos, Canadá y Noruega.

Aun cuando la tecnología requerida para el aprovechamiento de la energía de las olas resulta relativamente sencilla, el gran tamaño de los dispositivos necesarios encarece su construcción. Cálculos del Departamento Británico de Energía efectuados a finales de 1979 indicaban que la electricidad procedente del oleaje costaría de dos a seis veces mas que la generada con medios convencionales. Más de la mitad del coste lo absorberían construcciones de concreto y acero. La inversión por kilovatio instalado sería de unos 2,000 a 7,000 dólares, comparados con los 900 a 1,800 dólares necesarios en una central térmica convencional. El combustible, desde luego, sería gratuito, pero, incluso así, las perspectivas económicas de este tipo de energía no resultan halagüeñas. Actualmente se trabaja con ahínco en diseños que reduzcan la inversión de capital.

² Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992.

Entre los problemas técnicos no resueltos, tal vez el más acuciante sea el del amarre. la mayoría de los dispositivos inventados hasta ahora flotan, lo que significa que hay que diseñar cables y anclas para mantenerlos sujetos en pleno temporal. Actualmente no existe una tecnología adecuada para lograrlo en la mayoría de los dispositivos (los convertidores de energía del oleaje tendrán el tamaño de grandes edificios) Mantenerlos inmóviles plantea un problema mucho mas arduo que anclar un barco.

Los efectos sociales y económicos de la energía de las olas solo se han estudiado en términos generales. Los lugares más adecuados para situar la maquinaria se hallan cercanos a costas abiertas y tempestuosas, donde existe poca industria. La construcción y funcionamiento de las centrales beneficiarán a zonas actualmente deprimidas.

Pero podría tener otros efectos: tal vez al reducir o alterar el oleaje que azota el litoral podría provocarse un cambio en la situación de las playas. La pesca del arenque podría quedar afectada, ya que, en su período larval, se ve impulsado por corrientes que podrían verse alteradas por las instalaciones para el aprovechamiento de la energía del oleaje. La navegación también podría obstaculizarse por convertidores de energía situados a poca profundidad.

La energía del oleaje es una invención de finales del siglo XX, cuyos efectos (si los hubiera) no se percibirán hasta la primera década del siglo XXI o incluso mas tarde.

Como resultado del enorme aumento de los precios de los crudos sufrido tras la guerra árabe-israelí en 1973, en numerosos países se emprendieron programas para investigar y financiar dispositivos destinados a aprovechar recursos energéticos sin explotar.

La investigación demostró que un buen recurso potencial lo constituye el oleaje del océano. El tamaño de las olas depende no sólo de la fuerza del viento, sino también de la distancia recorrida por éste. Cuando el viento sopla casi continuamente en la misma dirección, como sucede en el Atlántico norte, se generan olas potentes que acumulan y concentran la energía de aquél. Las olas constituyen una prodigiosa fuente de energía -suficiente en teoría para proporcionar a un país toda la electricidad que necesite y aún más-, pero la obtención eficaz y rentable de esa energía constituye un problema que aún aguarda solución.

Una de las máquinas para aprovechar la energía del oleaje fue diseñada por Stephen Salter, de Edimburgo. Su máquina, conocida como el "pato", está formada por una serie de flotadores montados sobre un eje. cada flotador tiene una cara de borde afilado orientada en la dirección del oleaje. Al pasar la ola, el "pico" de cada pato cabecea con respecto al eje. Este movimiento puede accionar unas bombas y crear presión en un fluido hidráulico, que podría emplearse para producir electricidad en pequeños generadores situados en el interior del propio pato.

Pruebas en escala reducida efectuadas en canales de prueba y lagos, muestran que los patos oscilantes, aprovechan hasta un 35 por ciento de la energía del oleaje, por lo que constituyen uno de los más eficaces dispositivos para este fin, aunque su complejo diseño puede resultar un inconveniente.

El Rectificador desarrollado en la Estación de Investigaciones Hidráulicas de Wallingford (Inglaterra), entre 1975 y 1979, se concibió para descansar en el lecho marino, evitando así un problema de anclaje y de control en Aguas tempestuosas. Se trata de un enorme cajón de concreto con su parte frontal abierta a las olas. Un depósito superior se llena con la cresta de la ola y se drena, a través de las turbinas hidráulicas, en un depósito inferior que se e vacía entre cada ola.

El alto coste estructural del Rectificador, unido a su bajo rendimiento energético, motivó que el proyecto se abandonara en 1979.

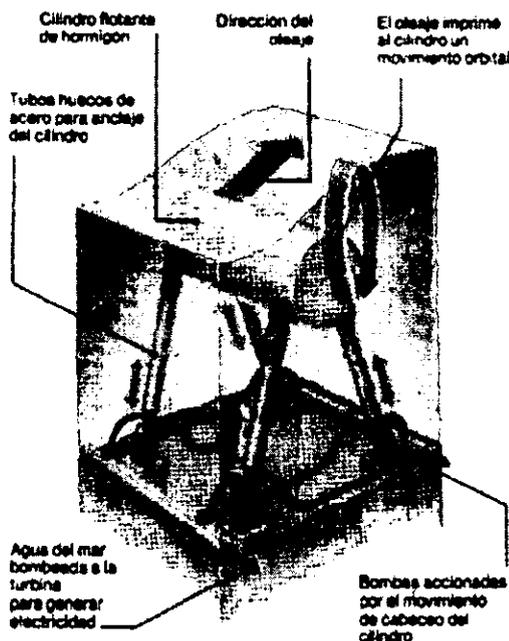
Uno de los primeros diseños de máquina para aprovechar la energía del oleaje fue producido por sir Christopher Cockerell, el ingeniero británico que en 1955 inventó el Hovercraft, vehículo que se desliza a distancia mínima del suelo o del agua, suspendido de una capa de aire a presión que expelen sus motores.

Cockerell diseñó una balsa hueca de concreto o acero, formada por varias secciones articuladas entre sí. Al pasar las olas por debajo de la balsa, ésta se flexiona para seguir el contorno del agua, y la energía se obtiene aprovechando el movimiento rotativo de las bisagras para accionar unas bombas. Aunque en 1976 era uno de los cuatro dispositivos patrocinados oficialmente en Gran Bretaña, y a pesar de que los trabajos experimentales demostraron que podía extraerse con él hasta un 30% de la energía del oleaje, el proyecto se suspendió en 1980 ante su elevado presupuesto de construcción.

Hacia 1965, un antiguo oficial de marina japonés, el comandante Yoshio Masuda, inventó unas pequeñas boyas que generaban su propia corriente para el alumbrado, para utilizarlas cerca de la costa. El dispositivo consiste en una gran caja flotante, con una abertura por debajo del nivel del agua. La columna de agua sube y baja dentro de la caja con el paso de las olas y actúa como un pistón para comprimir el aire y accionar una turbina que genera electricidad. La corporación japonesa Ryokuseisha ha vendido 1,000 de estas boyas, cada una capaz de generar electricidad suficiente (70-120 W) para mantener una luz encendida.

El éxito de estas boyas condujo al estudio de las columnas oscilantes de agua como una importante fuente de energía, y el Centro Japonés de Ciencia y Tecnología Marina construyó y probó un prototipo a gran escala en 1979. El dispositivo llamado Kaimei, tiene forma de barco, de unos 18 metros de eslora y 12 de manga, con un peso de 500 toneladas. Contiene 22 columnas de agua separadas que comprimen el aire necesario para accionar hasta diez generadores eléctricos.

CILINDRO OSCILANTE DE BRISTOL



El movimiento del cilindro se transmite a las bombas, situadas en la base de los tubos de anclaje. Estas succionan agua y la bombean a elevada presión a una turbina. La electricidad generada se transmite hasta la orilla por medio de cables submarinos.

El promedio de electricidad requerido por un país industrial moderno es de un megavatio por cada mil habitantes. El potencial de producción energética del Kaimei se calculó en 1.25 megavatios, pero el promedio real de producción es de sólo 20 kilovatios.

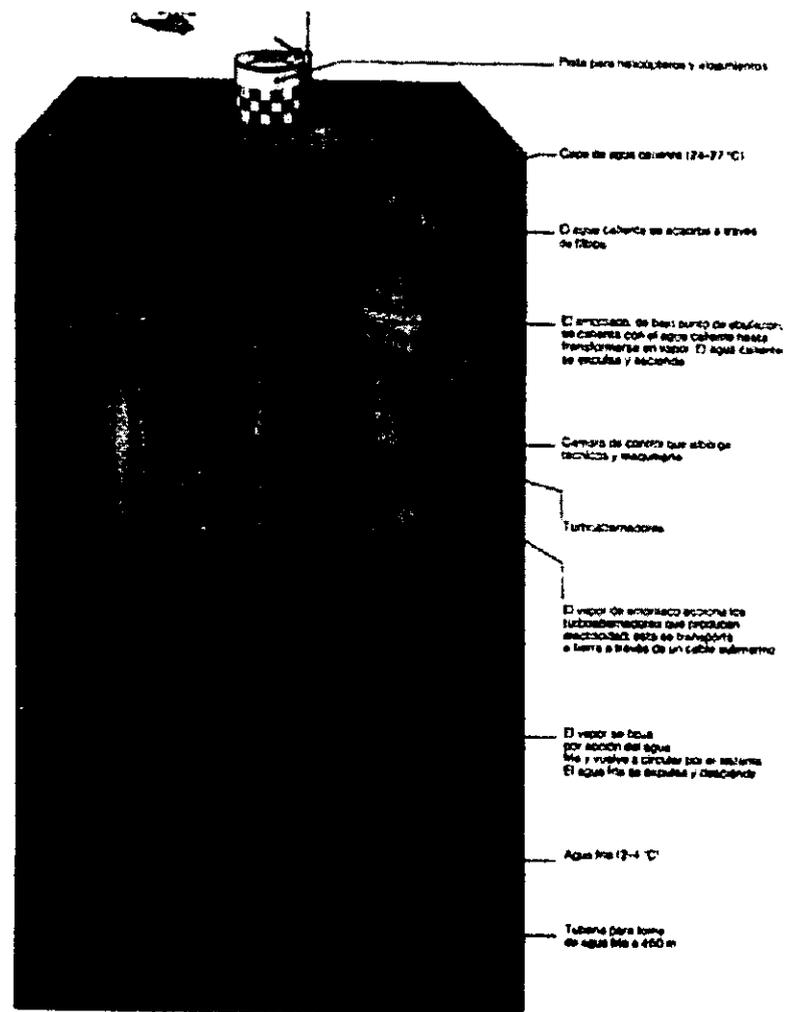
Tras seis meses de pruebas en el invierno de 1979-1980, el Kaimei fue llevado a puerto. El resultado de los ensayos que se realizan actualmente determinará si los japoneses continúan o no con el experimento, pero una de las consideraciones principales será el tamaño real del artefacto. Con un peso de 3,500 toneladas, resultará muy caro de construir y difícil de anclar en mares de aguas tempestuosas.

Los experimentos continúan con diversas maquinarias, como el cilindro oscilante de Bristol, aunque los resultados no se conocerán hasta dentro de unos años. El cilindro oscilante de Bristol consiste en una boya cilíndrica sumergida, de 45 metros de longitud y 11 de diámetro, dispuesta paralelamente a las olas y anclada al fondo mediante cadenas o tubos huecos de acero. El movimiento de las olas imprime al cilindro un movimiento orbital que acciona unas bombas situadas en la base de los anclajes, las cuales actúan a su vez sobre turbinas hidráulicas. La electricidad generada por el movimiento de bombeo es transmitida a tierra por cable submarino.¹

¹ Selecciones del Reader's Digest

"Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. illis

MAQUINAS PARA EXTRAER DEL MAR EL CALOR SOLAR



Los mares captan una intensa radiación solar. En Estados Unidos se construyeron máquinas parcialmente sumergidas —llamadas COTE, conversión oceánica termoelectrica—, para convertir la radiación en electricidad dentro de pocos años. Tienen más de 100 m de longitud y trabajarán principalmente en la Corriente del Golfo.

ENERGÍA SOLAR

“El sol es un enorme horno atómico que convierte masa en energía. Cada segundo convierte 657 millones de toneladas de hidrógeno en 653 millones de helio. Los cuatro millones faltantes los lanza al espacio como energía, de la cual, la Tierra recibe sólo dos mil millonésimas, que fundirían en un año una capa de hielo de 35 m. sobre toda su superficie.

Mucho se habla de la energía solar como combustible del futuro por su aplicación a nivel del consumidor. El sol es gratis, y ello ha inspirado infinidad de artículos de fantasía en todo el mundo. Hay radios, ventiladores, automóviles, botes, refrigeradores, alambiques y calentadores de agua y hasta casas completas. Aunque la fantasía está presente, muchos inventos adaptan principios científicos a usos prácticos. Así, un radio opera con un sistema de energía como el satélite Telstar. La luz solar activa el paso de electrones entre dos aleaciones especiales, generando electricidad. Un refrigerador usa el calor solar para licuar amoniaco, que luego se vaporiza como gas, llevándose el calor del interior del refrigerador. La casa solar aprovecha el hecho de que el vidrio deja pasar el sol, que al dar en una superficie opaca, produce calor, como en los invernaderos. Este sistema, cuando se aplica adecuadamente, puede llegar a calentar una casa, en pleno invierno, a 21°C o más.

En una conferencia internacional de peritos en energía solar, se mostraron diversos artefactos que guisan con el sol, de Líbano, India, Japón y Estados Unidos, los artefactos dan hasta 175°C, bastante para hervir un litro de agua en 15 minutos. Pueden asar, freir o cocer a presión según el enfoque de los rayos y el utensilio.

Un techo cubierto de cristal de una casa solar, inventada por Harry Thomason refleja la luz del sol (arriba) Atrás de los vidrios hay hojas negras de metal corrugado, en ángulos en que captan el calor solar. El inventor afirma que el ahorro general de combustible compensa en poco tiempo los gastos de instalación”¹

“¿Puede la energía solar satisfacer todas las necesidades del hombre? La historia así lo afirma pues en caso contrario el género humano no hubiera podido sobrevivir hasta hoy. El hombre ha dependido durante la mayor parte de su existencia de fuentes de energía renovables proporcionadas por el Sol. Incluso hoy la sociedades no industrializadas consiguen más de dos tercios de su combustible en forma de leña para cocinar y calentarse y alimento para los animales de tiro ambos constituyen fuentes renovables de energía que dependen de la luz solar. Pero esto implica un empleo mínimo de esa energía. Muchas de las sociedades actuales al menos en el mundo desarrollado han sustituido su propio esfuerzo y el de sus animales por el del trabajo de máquinas alimentadas por fuentes no renovables de energía como el carbón y el petróleo. Millones de personas que no podrían haber sobrevivido en la etapa preindustrial disfrutan hoy de una vida cómoda. Las características actuales de la población hacen imposible retornar a una sociedad rural en la que cada individuo tuviese su leña y su chimenea su caballo y su arado. Incluso las sociedades más simples, que han sobrevivido inalteradas se enfrentan a una crisis de energía ante la rápida disminución de su principal combustible: la leña.

La intensidad de radiación solar que llega a la atmósfera exterior es enorme: 28,000 veces mayor que todas las formas comerciales de energía consumidas por el hombre. Aproximadamente el 35% de los 1,500 cuatrillones de megavatios-hora del calor solar que llega a nuestra atmósfera se refleja; el 18% lo absorbe la atmósfera generando vientos y cambios atmosféricos y el 47% penetra hasta la superficie de la Tierra. Ningún país utiliza tanta energía como la que cae libremente sobre los tejados de sus casas todos los años. La energía que recibe la superficie ocupada por las carreteras en Estados Unidos equivale al doble del consumo mundial de combustibles fósiles.

¹ Wilson, Mitchell., et. al.

“Energía” Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. illa.
Colección científica de Time Life.

Existe evidentemente, una abundancia de energía solar pero está tan repartida que su aprovechamiento constituye un proceso difícil.

Una nueva economía basada en la energía solar tendría que ser distinta de la preexistente. En los usos en que el calor es el producto de la energía solar deberá poder sustituir al petróleo y al carbón a medida que vayan escaseando y acaben por agotarse. Para calefacción y agua caliente la energía solar resulta ya competitiva en algunas partes del mundo en la producción de electricidad puede resultarlo a más largo plazo.

El renacimiento de la energía solar que data escasamente de una década no ha ejercido todavía un impacto significativo en la sociedad. Una consecuencia que prevén los especialistas será una nueva descentralización del suministro de energía lo que libraría a los consumidores de los monopolios de las redes eléctricas y de las naciones productoras de petróleo.

La revolución solar si llega a producirse tendrá profundas implicaciones industriales. Primero, creará una nueva industria de enormes dimensiones productora de la tecnología necesaria para la captación de las radiaciones solares. La producción centralizada de energía será remplazada por la economía más barata de la producción masiva. También afectará a la localización de la industria porque las factorías siempre se han instalado cerca de las fuentes de energía. Si llega el día en que la energía solar proporcione el combustible básico para la industria podemos esperar una repentina prosperidad en los lugares soleados que incluyen en la actualidad algunas de las regiones más pobres, África y la mayor parte del continente asiático así como algunas regiones ya prósperas como Australia y parte del continente americano. El norte de Europa puede quedarse congelado económicamente hablando.

En el año 400 a. JC el hombre había comprendido las enormes posibilidades de la energía solar desde la más remota antigüedad. El filósofo griego Sófocles recomendaba en el siglo V a. JC. que las casas se construyeran con las fachadas al sur altas para captar el sol invernal y con las fachadas al norte bajas para evitar los vientos fríos: consejo seguido hoy por los arquitectos que emplean técnicas de aprovechamiento "pasivo" del sol.

El físico suizo Horace Bénédict de Saussure (1740-79) proyectó una cocina solar formada por una serie de cámaras o lentes de vidrio concéntricas que enfocaban la energía solar sobre una cámara central en la que guisó un poco de sopa.

1861: una caldera solar.

En el siglo XIX aparecieron algunas máquinas algo más prácticas. El profesor francés Agustín Mouchet patentó en 1861 una máquina solar en la que un espejo concentraba los rayos del sol sobre una pequeña caldera que accionaba una máquina de vapor. en 1869 publicó el primer libro sobre energía solar y nueve años después mostró en la Exposición de París un refrigerador accionado por energía solar.

1872: Agua potable por destilación solar

El éxito auténtico lo consiguió el primer sistema solar de destilación construido en Las Salinas (Chile) en 1872, según diseño del ingeniero británico Charles Wilson. El agua local era demasiado salada para el consumo, por lo que Wilson concibió un alambique en el que el calor del sol evaporaba el agua y dejaba un sedimento de sal después el vapor de agua se condensaba de nuevo como agua potable.

El sistema formado por 64 armazones cubierto de vidrio producía 19,000 litros de agua potable al día por la cuarta parte de los que costaba con un alambique calentado con carbón.

1973: la crisis del petróleo

La mayor parte del siglo XX ha sido una era de combustibles fósiles baratos en la que se ha diseñado la energía solar; pero este interés ha renacido tras la crisis del petróleo en 1973. Hoy la energía solar está comenzando a encontrar extensa aplicación en tres ámbitos: su explotación como calor su conversión en electricidad y su almacenamiento en vegetales que pueden recolectarse para obtener combustible.

Calor solar para el agua y el ambiente

El uso más corriente del sol es calentar agua y edificios mediante placas o paneles solares. Aun cuando se ha diseñado una amplia variedad de paneles todos siguen los mismos principios: el agua (o menos frecuentemente, el aire) fluye a través de unos tubos en una caja plana con una cubierta transparente colocada de cara al Sol. Los tubos van firmemente conectados al panel plano, normalmente pintado de negro para que pueda absorber la mayor radiación posible. La parte posterior del panel y los costados se aíslan para reducir al mínimo la pérdida de calor. El líquido que fluye por los tubos recoge el calor absorbido por el panel y sale a mayor temperatura. El aumento de temperatura depende de la velocidad a que circule el líquido la eficacia del panel y la intensidad del sol. Puede ser de unos pocos grados para una piscina de 28 a 30°C cuando se calienta el agua a incluso a temperaturas mayores para determinados procesos industriales.

Se han vendido muchos millones de paneles solares planos para calentar el agua dos millones solamente en Japón por ejemplo. Para lograr un mayor rendimiento, se han construido paneles solares en los que los tubos que absorben el calor van encerrados dentro de un segundo tubo más ancho en el que se ha extraído el aire para reducir las pérdidas de calor. Estos paneles son más eficaces a elevadas temperaturas cuando las pérdidas por radiación, convección y conducción resultan más significativas.

En algunas latitudes los paneles solares pueden proporcionar toda el agua caliente necesaria para una vivienda aún cuando éste no sea el caso durante la mayor parte del año en el norte de Europa o en gran parte de los Estados Unidos. Los paneles solares siguen trabajando cuando las nubes ocultan el sol pero su rendimiento decrece.

Los paneles solares planos pueden también utilizarse como fuente de calefacción. Los mejores resultados se obtienen cuando toda la casa está proyectada desde un principio para este tipo de calefacción y se pueden disponer grandes ventanales orientados al sol para lograr el máximo calentamiento durante el día dotados con eficaces postigos aislantes para evitar pérdidas de calor durante la noche. Los métodos perfeccionados de aislamiento de techos paredes e incluso suelos reducen aún más las pérdidas.

Para períodos prolongados de frío y nubes las casas con energía solar pueden incorporar un acumulador de calor en forma de depósito de agua o de un material de gran capacidad calorífica como la piedra rocosa que se puede calentar cuando brilla el sol. El acumulador térmico situado generalmente el sótano se calienta merced a tuberías que llevan agua caliente desde los paneles. Las mismas tuberías pueden utilizarse más tarde para extraer calor del acumulador.

Electricidad generada con calor solar

Se ha prestado considerable atención al aprovechamiento del sol para generar electricidad. Existen dos métodos: los sistemas que utilizan el calor solar para hervir líquidos y accionar una turbina y la conversión directa en electricidad utilizando pilas solares. La "torre de energía" consiste en una serie de espejos orientables que siguen el curso del sol por el firmamento para reflejar sus rayos sobre un único receptor central montado en una elevada torre. Una central piloto construida en St Illario-Nervi (Italia) emplea 270 espejos cada uno de unos 90 cm. de diámetro y puede producir vapor recalentado a 500°C.

Otro sistema propuesto por los pioneros estadounidenses de la energía solar Aden y Marjorie Meinel es la "granja solar". Unas filas de reflectores parabólicos concentrarían las radiaciones solares sobre tuberías por las que circularían sales disueltas o gases calientes. Los fluidos calentados se bombearían a través de tuberías aisladas a una central generadora. La granja solar necesitaría cielos claros y mucho sol por lo que podría instalarse en una región desértica.

Las torres de energía y las granjas solares solo pueden funcionar durante el día pero el sistema de conversión oceánica termoelectrónica (COTE) aprovecha el calor solar acumulado en el mar y puede trabajar las 24 horas del día. El sistema se basa en el hecho de que entre la superficie de las cálidas aguas de los océanos tropicales y el agua fría de las profundidades existe una diferencia de temperatura de unos 20°C.

En 1881 el inventor francés J. D'Arsonval sugirió que esta diferencia de temperatura podría utilizarse para accionar una máquina. La primera demostración práctica la realizó el científico francés Georges Claude quien convenció al gobierno francés en los años veinte para que financiara una central de 22 kW junto a la costa de Cuba. Después de la Segunda Guerra Mundial los franceses construyeron varias centrales de este tipo la mayor con una capacidad de 7.5 Megavatios pero todas resultaron antieconómicas en aquella época.

Últimamente ha resurgido el interés por las centrales COTE y los Estados Unidos están construyendo una junto a las costas de Florida para probar la viabilidad del sistema. Su principio es sencillo: las aguas calientes superficiales se utilizan para hervir un fluido con un bajo punto de ebullición como propano o amoníaco. El gas producido se expande a través de unas turbinas produce energía y vuelve a licuarse en condensadores enfriados por agua bombeada de las profundidades. A continuación el líquido vuelve al comienzo del ciclo.

Israel ha adoptado un procedimiento semejante para desarrollar embalses solares. Cuando el sol calienta el agua de un embalse las corrientes de convección natural actúan de forma que la temperatura sea más o menos uniforme en todas las capas de agua. Pero un embalse puede estratificarse artificialmente mediante sales disueltas cuya concentración aumente en los niveles inferiores. La capa inferior es tan densa que cuando se calienta mediante la radiación solar que penetra a través de las capas superiores es demasiado pesada para elevarse hasta la superficie y desaparece la convección. Si no se hace nada para evitar la estratificación las capas inferiores se calientan aún más y el embalse se convierte en una especie de enorme panel solar y acumulador térmico combinados. En la capa inferior pueden introducirse serpentines llenos de líquido para extraer calor constantemente.

Electricidad obtenida de pilas solares*

Para muchos entusiastas de la energía solar un método más atractivo de generar electricidad es la conversión directa mediante pilas solares. Los primeros dispositivos prácticos fueron diseñados en Estados Unidos por los laboratorios de Bell Telephone donde se descubrió que una pila formada por una delgada capa de silicio junto a otra capa aún más fina de silicio impregnado de boro convertía directamente la luz del sol en electricidad. La luz que incide sobre las capas exteriores hace que los electrones pasen al refuerzo de silicio creando en consecuencia una tensión eléctrica entre ambas capas. Para producir un rendimiento apreciable se deben conectar una serie de pilas para sumar los rendimientos de todas ellas. Las pilas solares poseen muchas ventajas carecen de partes móviles son de gran duración requieren poco mantenimiento y no necesitan combustible. Pero también tienen desventajas: su máximo rendimiento incluso en teoría es sólo del 25% en la práctica no supera el 16%

Aún cuando el silicio es barato su conversión en los cristales aislados necesarios para las pilas solares resulta caro. Sin embargo en determinadas aplicaciones las ventajas de las pilas compensan su costo. Todas las naves espaciales han dependido de una serie de pilas solares para obtener electricidad; las estaciones meteorológicas automáticas y las boyas también las utilizan.

El plan más ambicioso y avanzado para producir electricidad solar fue el propuesto por el ingeniero estadounidense Peter Glaser en 1968. Consiste en una gigantesca serie de pilas solares en órbita a 37,000 km. sobre el ecuador. La radiación solar disponible en el espacio exterior sería quince veces mayor de la que podría captarse con un dispositivo terrestre de tamaño similar. La energía generada por las pilas se convertiría en un intenso rayo de microondas que se enviaría a una estación receptora en la Tierra.

* Antología de publicaciones: Solener1.htm al Solener10.htm

Utilización de la energía solar para producir combustible

A un nivel más modesto se encuentra la idea de utilizar la energía solar como se ha hecho siempre: para cultivar vegetales que luego pueden utilizarse como combustible. Las existencias de madera no pueden satisfacer el apetito del hombre moderno por el combustible los científicos buscan medios de incrementar la eficacia con que los vegetales convierten la luz solar en compuestos orgánicos mediante el proceso de fotosíntesis. Una posibilidad es la caña de azúcar, que puede transformarse en alcohol por fermentación. El alcohol puede luego mezclarse con petróleo en proporciones de hasta un 15% y utilizarse en los automóviles sin que haya que modificar el motor. Este sistema está funcionando en Brasil con excelentes resultados y supone un gran ahorro de combustibles fósiles.”¹

“Para entender el papel del futuro de la energía solar es necesario entender el que representa ahora. El vacío del espacio se encuentra a una temperatura cercana al cero absoluto o sea aproximadamente 459°F por debajo del punto de congelación. la mayor parte de la energía que recibe de la superficie de la Tierra proviene del Sol. Como la mayoría de las localidades tienen temperaturas que fluctúan entre 0°F y 100°F resulta que la función actual de la energía solar consiste en aumentar la temperatura de la superficie terrestre entre 459 y 559 grados. El aumento real dependerá de la situación, la hora del día y la época del año. El papel futuro de la energía solar consiste en crear la angosta banda de temperatura comprendida entre los 65°F y los 85°F que para los seres humanos constituye los límites de comodidad. La energía necesaria se encuentra allí. La pregunta que hay que contestar es la siguiente: ¿cómo se puede aprovechar mejor esa energía?

Durante millones de años, la Tierra ha estado “acumulando en una cuenta” la energía solar al crear los combustibles fósiles: petróleo gas y carbón. En últimos 200 años el hombre ha hecho fuertes retiros de esa cuenta bancaria y las reservas están bajas. Es necesario aprender a utilizar la energía del sol de ahora, no la que produjo él de hace millones de años.

La energía solar escapó del suelo apenas en 1977 al instalarse un número estimado de 90,000 a 110,000 unidades de aprovechamiento. La mayoría de ellas fueron calentadores de agua. Suponiendo que esas unidades den en promedio unos 10 millones de Btu cada una proveerán 100 billones de Btu al año o sea una décima parte de un quad de energía. Se espera que el empleo de la energía solar aumentará dramáticamente en el curso de unos cuantos años y proporcionará de dos a tres quads de energía para finales de este siglo. Toda ella sea energía calórica. Tal vez se obtenga electricidad adicional en ciertos experimentos que se están llevando a cabo.

La energía solar presenta una característica sobresaliente: su costo es constante; no está expuesta a inflación. Sólo que no puede decirse lo mismo del equipo y el trabajo necesarios para utilizarla. Los costos de éstos seguirán aumentando junto con los de otros materiales y mano de obra destinados a la construcción.”¹

^ Radiación solar.- Es la energía emitida por el sol, que llega a la Tierra en forma de rayos directos, difusos y reflejados. La radiación directa la forman los rayos paralelos que provienen directamente del sol. Hace que el cielo se vea azul en los días despejados. La radiación difusa son los rayos de energía dispersos y no paralelos, provenientes del sol. Hace que el cielo se vea gris en los días nublados. La producen el polvo, la humedad y las nubes; y la radiación reflejada es la energía solar que llega a los colectores solares desde superficies adyacentes

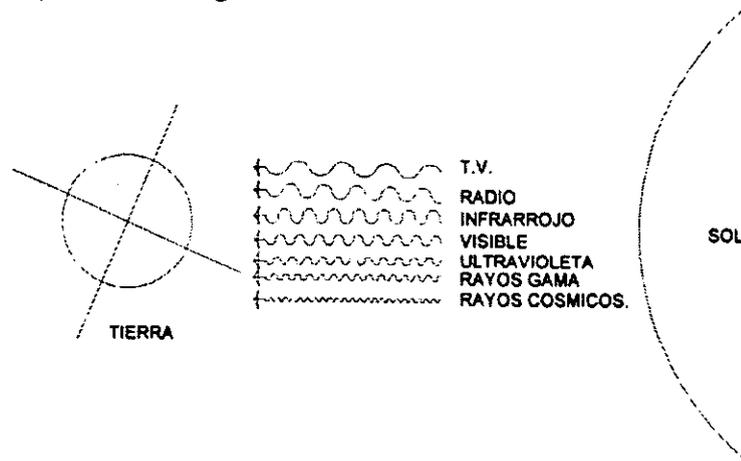
¹ Selecciones del Reader's Digest

“Inventos que cambiaron el mundo” El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ills

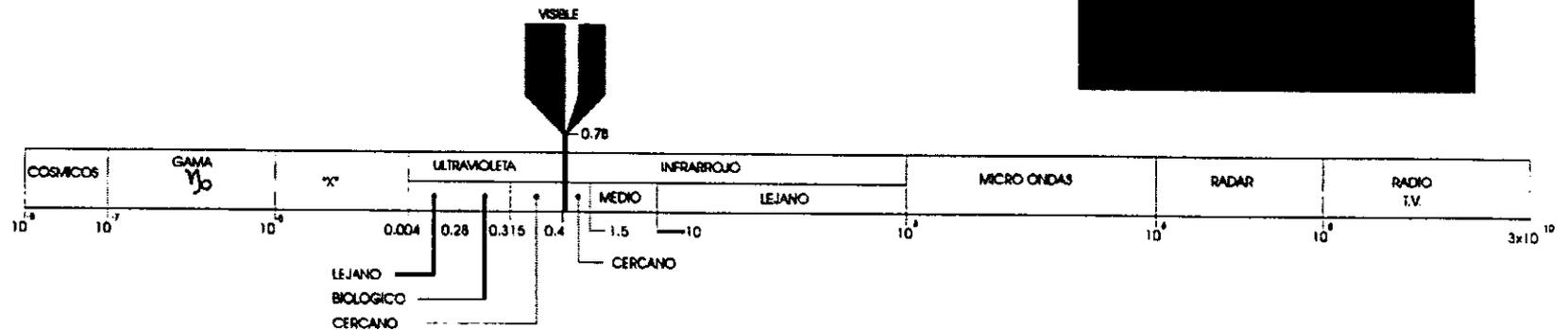
¹ Montgomery, Richar H.; Budnick, Jim.

“Energía Solar” Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992.

Espectro electromagnético solar:



Clasificación de la energía radiante por su longitud de onda Unidad: Micrómetro (μm) $1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$.



En la actualidad se corre el peligro de que los rayos ultravioleta penetren, de que haya un incremento considerable en el calentamiento del planeta por los rayos infrarrojos y por el efecto de invernadero.

Los rayos gama son producto de la desintegración del sol, son notables al penetrar el cuerpo humano y hasta el concreto.

La radiación de alta energía produce con el paso del tiempo Leucemia, principalmente en personas de piel clara. La radiación que se emplea para el aprovechamiento de la energía solar son los rayos infrarrojos conjuntamente con el fenómeno de efecto de invernadero.

El sol se encuentra en el vacío del espacio. A una temperatura de -459°F , muy por debajo del punto de congelación del agua. La mayor parte de la energía que recibe la Tierra proviene del sol y la mayoría de las naciones tienen temperaturas entre 0 y 100°F . La energía solar aumenta la temperatura de la superficie terrestre entre 459 y 559°F .

La radiación que se aprovechará serán los rayos infrarrojos, son los causantes de la sensación de calor.

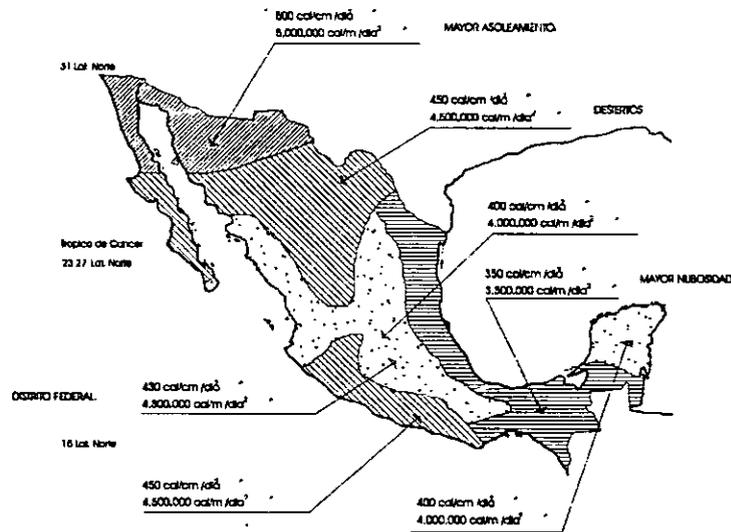
La luz visible es captada por el ojo siempre y cuando se cuide del exceso de luz ya que el fenómeno de la visión se da por el rebote de la radiación visible. Los rayos ultravioleta son muy dañinos a plantas, animales y materiales de construcción, en los plásticos, por ejemplo, los rayos UV los opaca; es por esta razón que siempre hay que revisar que los materiales a emplear tengan la clave UV. En el hombre el exceso a la exposición a la radiación ultravioleta puede causar cancel en la piel (leucemia) al tratarse de ondas de alta energía

Los rayos gamma es una radiación nuclear radiactiva, producto de la desintegración del sol tiene consecuencias mortíferas al presentarse una nube nuclear durante un intercambio nuclear en el planeta y hasta en las pruebas atómicas, penetran fácilmente el cuerpo humano y hasta el concreto. Tanto los rayos UV como los rayos γ son detenidos por la capa protectora de ozono de la atmósfera, pero debido al empleo indiscriminado de los clorofluorocarbonos (o CFC) de los aerosoles, se está deteriorando esta capa y los rayos UV Gamma, penetran hasta la superficie de la Tierra provocando, en parte, los cambios climáticos que hasta la fecha se han ido presentando.

Se utilizarán fundamentalmente los rayos infrarrojos y la luz visible.

Las ondas infrarrojas se captan durante el día y se pierden durante la noche, pero se puede acumular para el empleo durante la noche y también para los ocasionales días nublados. Así tenemos que podemos captar al sol y almacenarlo por medio del fenómeno conocido como EFECTO INVERNADERO.

La radiación solar se mide en Langley = cal/cm^2



ASOLEAMIENTO EN LA
REPUBLICA MEXICANA

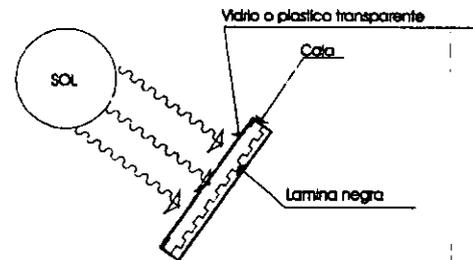
Langley = $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$.- Son la calorías que caen en un momento dado.
 $\text{cal}/\text{m}^2/\text{día}$ La caloría es la cantidad de calor se necesita para elevar un gramo de agua 1°C .

BTU.- British Thermal Unit.- Unidad Térmica Británica. Es la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de una onza de agua 1°F .

La energía que se recibe del sol también se puede medir en Watts o en Joules. Se puede tener hasta un kilowatt en un metro cuadrado de superficie que son aproximadamente $430 \text{ cal}/\text{cm}^2/\text{día} = 4,300,000 \text{ cal}/\text{m}^2/\text{día}$ capaces de encender 100 focos de 100 watts, pero solo es posible encender 10 focos, es decir un 10% debido a diversos factores de eficiencia en los colectores, la contaminación y la nubosidad, entre otros factores.

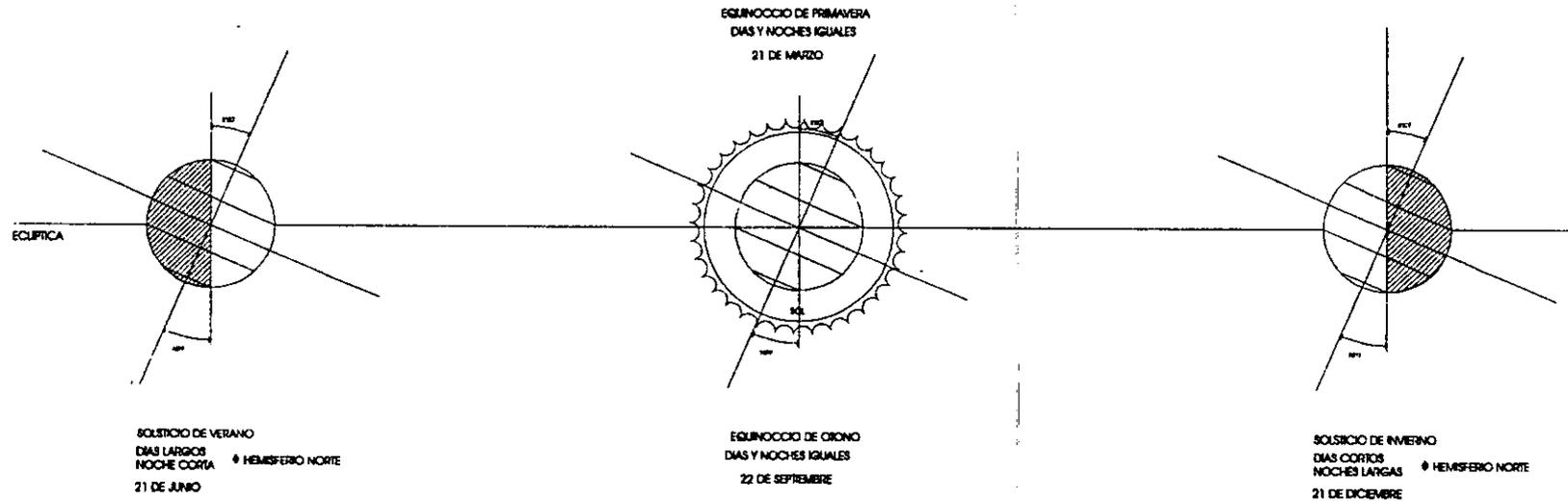
Las fotoceldas solares, por ejemplo, rinden sólo un 15%, “Un caso típico son las fotoceldas empleadas para el alumbrado público. Tienen un metro cuadrado de superficie y alumbran con un foco de 60 Watts durante un periodo de escasas tres horas durante la noche después de haber captado el sol durante ocho horas aproximadamente cuando hay radiación difuso, pero si el día presentó mucha nubosidad, el almacenamiento de energía fotovoltaica es mínimo y el alumbrado público no se enciende”¹

¹ Visita al Club Campestre Ecológico Asturiano, Atatahucan, Mor. Entrevista con el Arq. Leonel Gutierrez de la Torre. Gerente.



EFFECTO INVERNADERO EN COLECTORES SOLARES

EL MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL ALREDEDOR DE LA TIERRA.



“Al seguir el curso de las posiciones que la Tierra ocupa con respecto al Sol se ha visto que los rayos solares, cuando coinciden con el meridiano de cada lugar, o es mediodía, hieren a los respectivos horizontes, según ángulos que varían desde el máximo de 90° en el Ecuador, en todas las latitudes intertropicales y en los dos Trópicos, hasta el de 0° en todas las latitudes correspondientes a las zonas glaciales. Esa variedad de inclinaciones de los

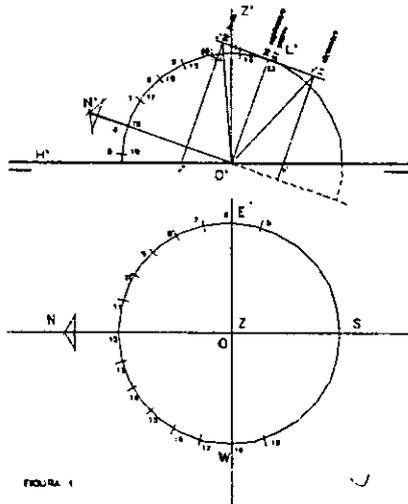
rayos solares sobre los horizontes, produce en los cuerpos verticales y en los habitantes de cada punto geográfico, sombras arrojadas de posición y curso diario, muy distintos, con los siguientes nombres:

Ascios.- Al mediodía al caer el Sol verticalmente, no se proyecta sombra alguna de manera lateral como cuando ocurre en el Trópico de Cáncer el día 21 de junio, en el Trópico de Capricornio el día 22 de diciembre y los ecuatorianos en los días 21 de marzo y 23 de septiembre.

Anfiscios.- Durante todo el día siempre se arroja la sombra hacia el norte o hacia el sur dependiendo del hemisferio. Son todas aquellas regiones comprendidas en la zona tórrida como ocurre en la Ciudad de México.

Heteroscios.- A los que a mediodía, dirigen la sombra que proyectan hacia el polo inmediato al lugar en que viven. Lo son pues los que moran en las zonas templadas.

Periscios.- A los que la sombra que arrojan gira por completo en su alrededor. Esa sombra solo se puede percibir cuando el sol esta en el horizonte durante las 24 horas del día en un tiempo comprendido de seis meses. Estas regiones son las zonas glaciales".¹



Trazo de la Gráfica Solar: Dato: ángulo λ , latitud geográfica del lugar en que se ubica el estudio: en nuestro ejemplo: la ciudad de México, 19°25' Lat. Norte.

1o.- Representamos en montea (Figura 1) la bóveda celeste como un hemisferio cortado por el plano horizontal. El círculo en proyección horizontal representa el horizonte del lugar, su proyección vertical H' es íntegra en LT. El semicírculo en proyección vertical representa al meridiano, su proyección horizontal es íntegra en la recta frontal NOS, norte sur, que pasa por el centro; la vertical del lugar es $O'Z'$ OZ.

Fijemos en proyección horizontal los puntos cardinales: la frontal por el centro O indica norte N a la izquierda y sur S a la derecha; el diámetro de punta señala oriente E arriba y poniente W hacia abajo.

2.- En proyección vertical se determina la altura N' del polo, pasando por O' la recta $O'N'$ que forma con el horizonte el ángulo λ , latitud dada, trácese $O'L'$ perpendicular a $O'N'$.

3.- Trácese la tangente al meridiano en L' , la amplitud del segmento $x'y'$ se determina en ella por las rectas $O'x'$ y $O'y'$ que forman con respecto a $O'L'$ ángulos simétricos de 23°27'. Con ésto hemos fijado la amplitud del arco que recorre la eclíptica entre los trópicos de cáncer y de Capricornio.

4.- Por x' y y' , llévense $x'u'$ e $y'v'$ paralelas a $O'L'$; estas tres rectas paralelas son proyecciones íntegras de los semicírculos que recorre el sol en los días clave: 21 de junio, 21 de marzo, 21 de septiembre y 21 de diciembre.

¹ Bertrán de Quintana, Miguel.

"El sol en la mano". Estudios de iluminación, orientación y relojes solares. Nota preliminar de Jesús Aguirre Cárdenas. Prólogo de Manuel Ortiz Monasterio. 3ª. Edición. Dirección General de Publicaciones. Facultad de Arquitectura. UNAM. México 1987. 281 pp. Ills.

5.- Abátase el semicírculo contenido en $O'L'$; alrededor de éste su radio frontal, la proyección vertical de verdadera forma y magnitud es el mismo meridiano. Divídase el cuadrante $N'L'$ en seis partes iguales en los puntos 6 18...9 15...12, cada parte mide 15° , extrapólese a igual distancia 15 y 19. Los puntos obtenidos señalan en esta proyección las horas del día en el equinoccio.

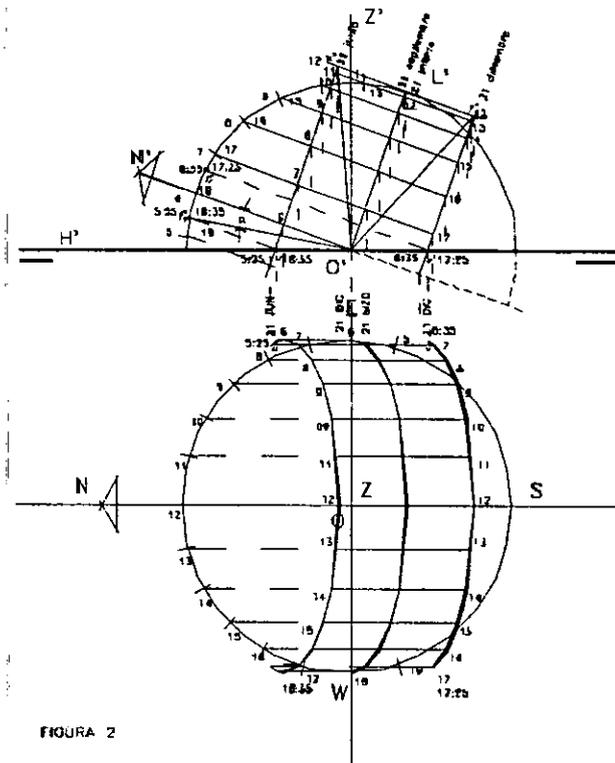
6.- Abátase el mismo semicírculo girando ahora sobre su diámetro de punta EW; su proyección horizontal de verdadera forma y magnitud coincide con el círculo del horizonte; divídase el semicírculo E N W en doce partes iguales: 6...12...18, a cada 15° ; extrapólese a igual distancia 5 y 19. Estos puntos son las proyecciones abatidas de las horas del día en el equinoccio que corresponden a las de la proyección vertical.

7.- Al regresar el abatimiento de la proyección vertical (Figura 2) los puntos horarios se desplazan en paralelas a $O'N'$ hasta cortar a los tres planos $x'u'O'L'$, $y'v'$ determinando en ellos las horas del día; se indican 6 a 12 en 21 de junio y 12 a 17 en 21 de diciembre pero entendemos que en cada día se sobreponen en el mismo punto las proyecciones de las horas simétricas como 6 18 7 17 etc.. Nótese que los equinoccios representados por $O'L'$ cubren justamente las doce horas del día medio mientras el solsticio de verano las excede hasta el punto u' en que su proyección corta al horizonte y el de invierno no las alcanza en v' en el que la suya llega al mismo plano.

8.- El desabatimiento en la proyección horizontal da como resultado rectas horarias paralelas a N S. Refiéranse de la proyección vertical las horas en cada uno de los tres planos hasta encontrar en la horizontal a las rectas horarias que les corresponden; con ello determinamos las proyecciones horizontales de los tres semicírculos en las fechas clave que se ven como medias elipses.

9.- Los puntos extrapolados 5 y 19 nos permiten trazar la continuación de la elipse 21 de junio y referir a ella los límites u que exceden de las 6 y las 18 horas. En 21 de diciembre los puntos v limitan la elipse poco antes de las 7 y poco después de las 17 horas.

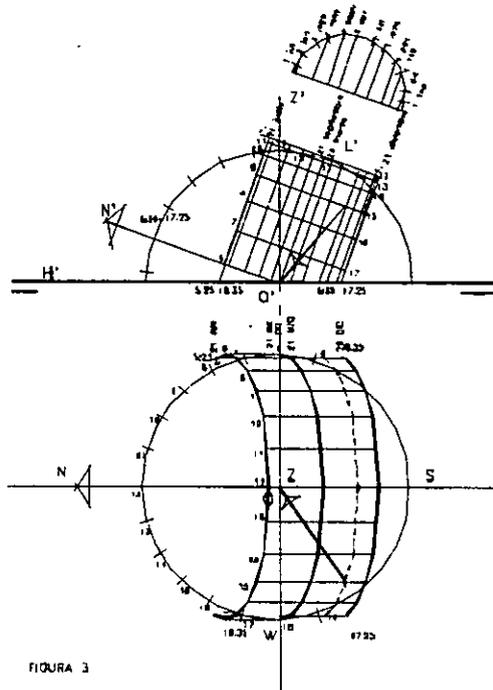
10.- El valor horario de los puntos u' y v' lo obtenemos refiriéndolos en proyección vertical mediante paralelas a $O'N'$ hasta cortar al meridiano en t_1 y t_2 ; ahí podemos interpolar gráficamente su valor entre las horas inmediatas o calcularlo analíticamente determinando el ángulo:



$$\text{sen } \alpha = \tan \lambda * \tan 23^{\circ}27' = 0.434 \tan \lambda$$

$$\text{así } \frac{t_1}{\lambda} = \frac{60 \text{ min}}{15^{\circ}}$$

Los valores obtenidos son: para t_1 : 5:25 y 18:35,
para t_2 : 6:35 y 17:25;
cantidades simétricas respecto de 6 y 18 en O' .



11.- Para determinar la proyección vertical del plano que contiene el recorrido del sol en cualquier día de año (Figura 3); trácese con centro en L' el semicírculo de diámetro $x'L'y'$, en el que cada día corresponde a un grado de arco; se situará solamente el primer día de cada mes:

Partiendo del 2 de junio, 9° arriba está el 1° de julio y a cada 30° sucesivos encontramos 1° de agosto... 1° de diciembre; 21° adelante se suman 180° al 21 de diciembre. En sentido inverso, 21 de diciembre, 9° arriba está el 1° de enero y a cada 30° los meses sucesivos 1° de febrero... 1° de junio, si cerramos la suma en 180° llegamos al 21 de junio.

12.- Por cada uno de los puntos del semicírculo llevamos paralelas a $O'L'$, rectas que proyectan los días señalados. Sus proyecciones horizontales se determinan refiriendo los cortes horarios de la proyección vertical las correspondientes líneas de la horizontal; sólo se indica a modo de ilustración el 1° de marzo y 1° de septiembre, que producen elipses iguales a las conocidas.

13.- En proyección vertical se forma una retícula ortogonal, en la que las paralelas a $O'L'$ indican días y las paralelas a $O'N'$ indican horas, ésta corresponde en proyección horizontal con el sistema en que las elipses indican días y las paralelas a NS horas.

Para conocer las proyecciones del rayo solar en cada día y hora dados, la proyección vertical se obtiene, situando el dato como un punto de la retícula determinado por las rectas diaria y horaria según los datos y dirigiendo desde él, el rayo hacia O' . En Proyección horizontal el punto se localiza por la elipse diaria y la recta horaria y de ahí se traza el rayo hacia O.

Con esto tenemos completa la monea solar para la latitud dada, que es válida para cualquier lugar situado en el mismo paralelo terrestre.¹

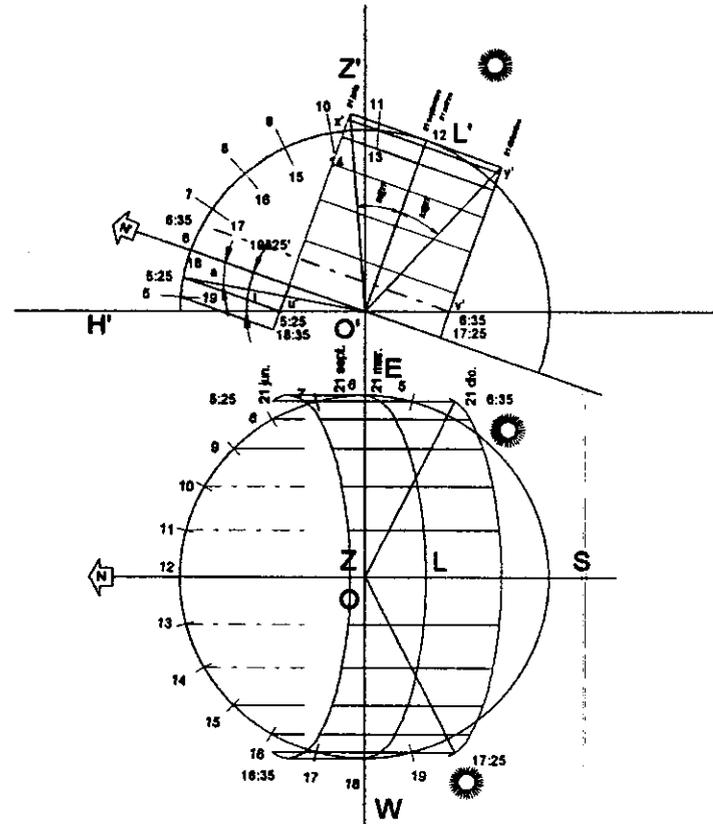
¹ "Perspectiva Geométrica."

Miguel de la Torre Carbó. Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán 200 pp. ills
Capítulo XVIII Aspectos técnicos del trazado de sombras. pag 168-179.

GRÁFICA SOLAR

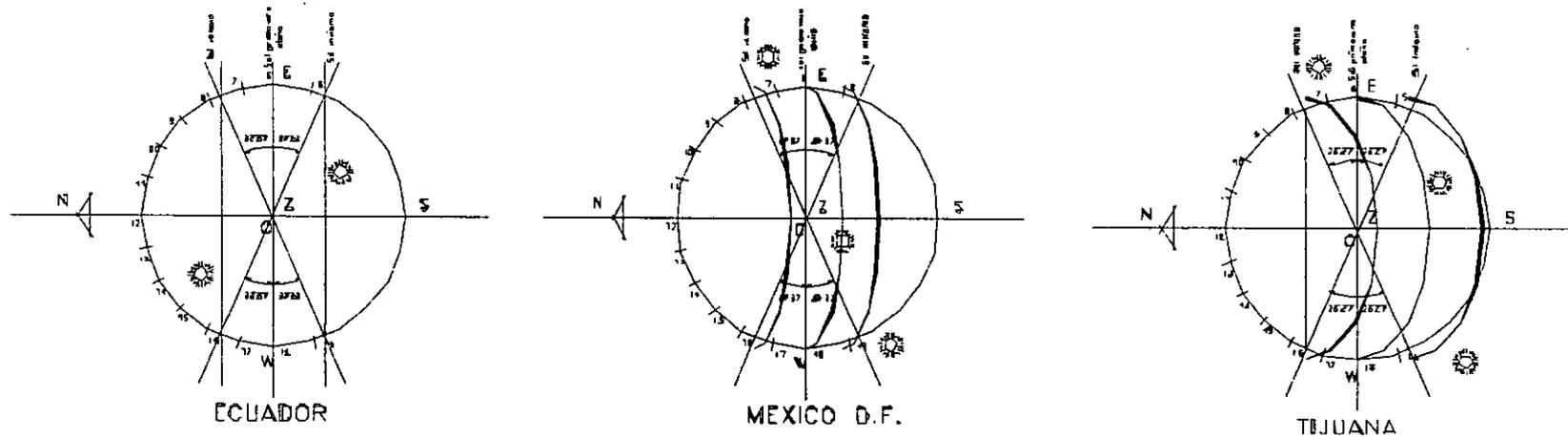
Entonces Dios dijo: "¡Que haya luz!" Y hubo luz. Al ver Dios que la luz era buena, la separó de la oscuridad y la llamó "día", y a la oscuridad la llamó "noche".

Gn 1, 3-5



Gráfica solar para la ciudad de México.

Se omite la caja de todos los rayos solares ya que oscurecerían el dibujo y solamente se deja la trayectoria del sol para los equinoccios y solsticios.



La orientación más recomendable para los espacios fisonómicos en casa habitación es el SUR!. El sur se disfrutará más en cuanto las ciudades se acerca más al polo Norte.

El sol en el oriente es muy fresco y no lástima tanto, no es malo.

El sol poniente es muy caliente y molesto.

El Norte es una orientación muy fría, con vientos dominantes, sol escaso en el solsticio de verano, se recomienda para cocinas, fábricas y áreas de trabajo que generan mucho calor. Se recomienda también para salas de dibujo por tener iluminación difusa.

En áreas de mucho calor también se puede orientar al norte pero también hay que tomar en cuenta la vista!. Vista mata a orientación para la decisión durante el proceso de proyecto arquitectónico. La climatología y orientación ha sido desafiada en la arquitectura contemporánea. El proyecto arquitectónico también ha admitido un poco de necesidad de los supergenios de la arquitectura, pero de entrada hay que orientar bien y hacer proyectos basados en la lógica. La orientación no es el único determinante para hacer un proyecto arquitectónico pero si debe ser tomado en cuenta.

Constante solar.- Cantidad de energía que cae por centímetro cuadrado o metro cuadrado a diferentes altitudes

Extraterrestre		A nivel Tierra-Mar	A nivel del mar.
1.3530	Kw/m ²	0.970	0.930
1.9400	cal/cm ² min	1.390	1.330
4.8710	MJ/m ² h	3.492	3.348
0.0324	cal/cm ² sec	0.0232	0.0222
7.16	BTU/ft ² min	513	4.92
429.2	BTU/ft ² h	307.7	295.0

CONCLUSIONES Y DECISIONES

Mucho se ha escrito acerca de cómo la energía solar ha evolucionado rápidamente hasta una etapa de comercialización. Los periódicos informarán sobre días solares, seminarios sobre energía solar y cosas parecidas. Las revistas populares, lo mismo que las publicaciones especializadas, hablan de los nuevos cambios en materia de energía solar, de las expectativas de los dueños de edificios, de los sueños de los arquitectos y de las soluciones que dan las constructoras a diversos problemas. Los libros exponen por igual verdades y no verdades sobre la manera de aprovechar la energía del sol para calentar agua y el ambiente para calefacción y refrigeración.

Aunque hace unos cuantos años eran sólo una curiosidad, los sistemas de aprovechamiento de energía solar se están convirtiendo con rapidez en una cosa común. Una de las razones es que muchas personas están decidiendo que el sol es en nuestros días la mejor fuente opcional de energía:

El Sol se puede utilizar como fuente opcional de energía, sin las dificultades que presentan las otras fuentes.

El equipo necesario, lo mismo que las técnicas de diseño de sistemas y su instalación se encuentran disponibles.

En casi todas las regiones del país se puede esperar un rendimiento excelente de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar.

Desde el punto de vista económico y del sentido común ha llegado el momento de tomar la decisión.

La alternativa que ofrece la energía solar tiene cada vez más aceptación. No hay por que sorprenderse. El sol ofrece actualmente la mejor fuente opcional de energía. La conclusión resulta obvia cuando se considera la energía solar a la luz de otras fuentes potenciales de energía. Piénsese por ejemplo que la energía solar se encuentra disponible en todas partes... que la tecnología necesaria para aprovecharla está enteramente perfeccionada... que no cuesta nada ni está sometida a inflación... y que es limpia y no contamina.

No ocurre lo mismo con los combustibles fósiles. Las existencias nacionales de petróleo y gas están disminuyendo y gran parte del abastecimiento del futuro se tendrá que importar. Se pueden generar cantidades suficientes mediante nuevos procesos; pero la tecnología no estará lista antes de que transcurran muchos años. De cualquier manera el suministro futuro de combustibles fósiles tendrá un precio mucho mayor que en la actualidad. El carbón ofrece alguna esperanza porque es posible disponer de reservas abundantes pero para ello es necesario desarrollar la tecnología necesaria. Esto incluye los controles de contaminación para eliminar los problemas ambientales que causan algunos tipos de carbón.

Hay también dificultades con las fuentes distintas de los combustibles fósiles como son la energía nuclear hidroeléctrica y térmica. Los costos de instalación de las plantas de energía nuclear se fueron recientemente hasta las nubes y se han planteado muchos problemas legales relacionados con el ambiente y la seguridad. Las instalaciones hidroeléctricas proyectadas han tropezado con problemas legales similares sobre todo por motivos ambientales. La energía maremotriz térmica de los océanos y geotérmica son excelentes en concepto pero escasea la tecnología y la disponibilidad general..

Incluso las fuentes naturales como el viento la biomasa la leña tienen desventajas cuando se comparan con la energía solar. La fuerza del viento es limpia pero se requiere mucho trabajo para que esta energía pueda llegar a un estado de comercialización. La energía que contiene la biomasa se puede recuperar fácilmente pero hay problemas de incomodidad contaminación y tecnologías inadecuadas de procesamiento. También la que contiene la leña se puede obtener con facilidad lo mismo que el equipo necesario pero nuevamente hay problemas de incomodidad y contaminación. Por otra parte es seguro que los costos subirán a medida que aumente la demanda.

La energía solar es una fuente limpia fácilmente aprovechable y competitiva. No tiene las desventajas que ofrecen los combustibles fósiles actuales las otras energías y los energéticos que están actualmente en explotación. La tecnología del sistema de aprovechamiento de la energía solar ha evolucionado hasta producir un sistema bien concebido y efectivo. El diseño exige que los componentes y la configuración del sistema se adaptan a los usos previstos y a los requerimientos de energía. Para la instalación se aplican las técnicas normales de construcción. Por lo general el equipo está disponible y se perfecciona constantemente. Se puede esperar un rendimiento excelente en cualquier parte del país. Los sistemas de energía solar no están limitados en manera alguna a las áreas que disfrutan más directamente de la luz del sol. En los climas más fríos se requiere simplemente un sistema más grande. Los sistemas de energía solar están adquiriendo más popularidad acerca de los acontecimientos que indican un enfoque inteligente del tema y acerca de las razones de que el aprovechamiento de la energía solar sea desde ahora una inversión inteligente. Nunca habrá un momento mejor para tomar la decisión.

El sol es actualmente la mejor fuente opcional de energía. Los hechos facilitan a la decisión.



*ASPECTOS ASTRONÓMICOS Y
GEOGRÁFICOS.*

ASPECTOS ASTRONÓMICOS Y GEOGRÁFICOS.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

*"Cuando te alzas por el horizonte oriental,
colmas cada comarca con tu belleza [...].
Aunque te halles lejos, tus rayos están en la Tierra".*

EKNATON,
Himno al Sol (h. 1370 a. de C.)

PROPIEDADES GEOMÉTRICO ASTRONÓMICAS EN LA ARQUITECTURA PREHISPÁNICA.

" El objeto o misión esencial de la arquitectura es la creación y la conformación del espacio, pues ésta no es otra cosa que una coordinación armoniosa de distintas formas espaciales, y se distinguen de dos tipos de espacio: el espacio exterior y el espacio interior.

El sentimiento y la realización del espacio varían continuamente. Podría decirse que la arquitectura varía a través del tiempo, según la sensación que del espacio han tenido las diferentes culturas. Así, el sentimiento del espacio es una impresión primordial, básica y rectora de la arquitectura.

La utilización del espacio en la arquitectura ceremonial mesoamericana difiere del manejo que de éste se hace en la arquitectura posterior a la conquista. Para el prehispánico el espacio no es delimitado a un interior por los elementos arquitectónicos, sino que estos elementos son delimitados por el espacio exterior.

El prehispánico sentía el espacio, preciso y limitado, de una manera que diríamos tangible y compacta, de ahí que su arquitectura se haya conceptualizado como plástica y escultural. Se puede decir que en ella no se advierte la preocupación de realizar espacios interiores.

La construcción del centro ceremonial, escasamente delata el contenido y función de un espacio interior, más bien se cree que lo que quiere expresar, es ese espacio que lo envuelve, delimita y da forma, ése en donde se realiza su cosmogonía y precisamente donde las deidades gestan su carácter iconológico. La expresión geométrica de ese espacio por medio de la arquitectura ceremonial, conforma un lenguaje, que es olvidado después de la conquista.

Los siguientes comentarios pretenden avanzar en el conocimiento de esa expresión espacial, construyendo una herramienta que permita analizar el comportamiento, traducible geoméricamente, de la deidad más importante de la cosmogonía prehispánica, relacionada con la arquitectura: el Sol.

No se sabe exactamente de que sistema se valieron los pueblos mesoamericanos para preestablecer la forma y proporciones de su arquitectura, si es que hubo un proyecto. Las representaciones arquitectónicas en los códices, son convencionales o simbólicas y en ninguna forma tratan de ser una representación de la realidad visual, con proporciones y medidas a escala, más bien es una idea extraída de la realidad corporal del mismo objeto. Las representaciones de la arquitectura no son de la realidad de ésta, sino más bien de la impresión del sujeto artista.

Ésto tiene que ver con el problema de evaluar la capacidad artística del indígena que ofrece un amplio campo para la discusión; habría de considerarse, los fundamentos del arte prehispánico, sólidamente anclados en el simbolismo religioso y en una fina sensibilidad, pues la aportación indígena al arte del siglo XVI, tiene aspectos múltiples, que desechan la visión demasiado superficial de "arte sujeto". Cabe mencionar, también, aspectos como las proporciones geométricas, que últimamente se han analizado en los códices *Laud*, *Nuttall* y *Borbónico* que son interesantes, ya que plantean un nuevo campo de estudio; porque no obstante que las representaciones arquitectónicas en los códices, no tienen en propósito de mostrar la arquitectura en sí, sino que figuran como parte del ambiente de acciones o sucesos humanos y las representaciones de edificios no están proporcionadas con las figuras humanas; es importante y significativo que estas representaciones, como símbolos de ideas convencionales ya establecidas sobre conceptos culturales, ligados en su función con aquella arquitectura, contengan ciertas proporciones de extrema y media razón, constatando hasta ahora, cuando

menos en los códices *Laud, Nuttal y Borbónico*. Esto, naturalmente no quiere decir que puedan considerarse como elementos formales de diseño, pues como ya se ha dicho son símbolos conceptuales y no proyecciones gráficas.

También sobre las maquetas aparentan haber sido "reproducciones" de un templo ya existente, o más probable, de un templo idealizado, pues no contienen referencias proporcionales para obras a escala natural.

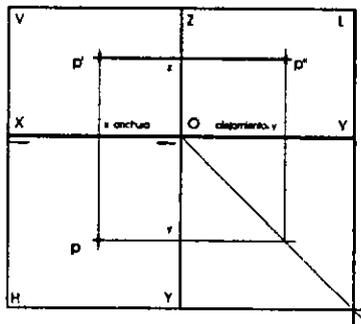
Sobre las representaciones extra americanas de la arquitectura la realización de maquetas y de otras representaciones del hábitat, no es una costumbre extraña, ni patrimonio de un sólo pueblo o cultura de la humanidad. Miles de figuras existentes en las épocas tempranas de la humanidad -al final del período Paleolítico, en grutas de España, Francia, Alemania e Inglaterra-, con características similares a las americanas, se usaban para ser enterradas con el mismo muerto, o para ceremonias asociadas a esto. Hasta el surgimiento de Roma y a excepción de Mesopotamia, siempre tuvieron uso funerario y esta costumbre se repite en la América mesoamericana.

Sobre esto es interesante señalar que estas representaciones no funerarias, son proyecciones horizontales, en plantas o planos, de poblados y fortificaciones y parece ser que el uso de proyecciones en Asia era conocido desde el año 2,500 a.C.

Aquí en América los símbolos ligados a la arquitectura, con excepción de los juegos de pelota, parecen haber sido en alzado, si son dibujos, o en tres dimensiones si son maquetas.

Para ayudarnos a comprender el posible significado de estos monumentos y saber si en alguna etapa de la cultura mesoamericana, ciertos elementos de esta arquitectura, fueron construidos siguiendo un patrón de diseño con implicaciones astronómicas, que hayan determinado su forma geométrica e inclusive su ubicación geográfica, nos vamos a valer en primera instancia, del procedimiento geométrico descriptivo actual, que de ninguna forma se piensa que haya sido utilizado en las referencias previas para la construcción. Ya que no sabemos cual haya sido realmente la verdadera técnica con la que diseñaron estos monumentos.

La utilidad de este método estriba en que nos proporciona una forma ágil y rápida de análisis, sobre la incidencia de los rayos solares en los cuerpos geométricos de esta arquitectura, como pudieran ser las alfardas, escaleras o taludes, etcétera; pues disponiéndose de un plano, de la geometría volumétrica de un edificio y del desarrollo geométrico del movimiento aparente solar, es de relativa facilidad el estudiar las diferentes posiciones significativas de los rayos solares, respecto a esta geometría volumétrica; aunque siendo un procedimiento gráfico, debe considerarse cierto grado de aproximación, por lo que como segunda instancia fue conveniente revisar los resultados mediante el cálculo matemático y su comprobación el sitio, en la fecha indicada.



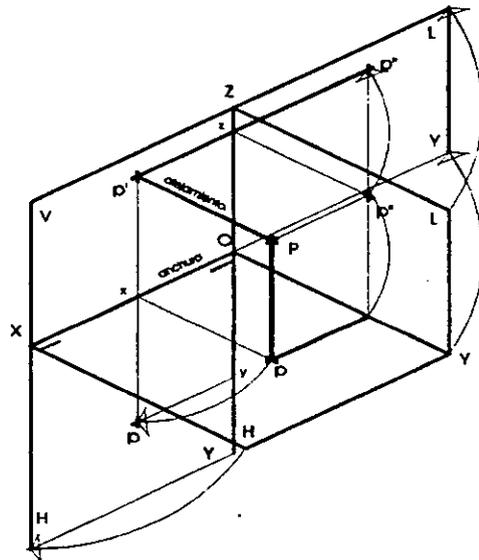
Plano 1. Proyección de un punto en el espacio.

Para mejor comprensión de esto, será útil recordar los elementos de la geometría descriptiva que se utilizarán en el procedimiento de análisis:

Un punto del espacio se puede proyectar en un plano, en dos o en tres (plano 1) los pies de esas proyectantes en los planos, determinan a su vez las proyecciones del punto y los nombres de los planos en que se encuentran, son: p , proyección en el plano horizontal; p' , proyección en el plano vertical y p'' , proyección en el plano lateral (plano 1); con base en estas proyecciones podemos resolver cualquier problema referente al punto determinado. Pero los problemas no se resolverán en el espacio, sino en los planos de proyección y es necesario para ello representarlos en sus dimensiones reales, los tres sobre un mismo plano, que es propiamente donde comienza la geometría descriptiva (Plano 2).

Así sobre un mismo plano se dibujan las tres proyecciones de un edificio (plano 3): la horizontal, la vertical y la lateral.

Debido a que los edificios se orientan diferente, uno de otro, se dibuja también en la proyección



Plano 2. Representación de un punto, sobre el mismo plano.

horizontal, el eje del Norte astronómico (plano 3). Ahí mismo se dibuja el recorrido diario que hace el Sol durante el año y que es la llamada Monte Solar. (plano 4)¹

Como la orientación del edificio varía con respecto a los ejes de la Montea Solar (X' , Y' y Z') resulta que habrá de dibujar alguno de los dos, el edificio o la Montea no paralelos a los ejes del sistema triplanar original (X , Y , Z). Para comodidad en la resolución del problema vamos a mantener en su posición original las proyecciones horizontal, vertical y lateral del edificio; es decir paralelas a los ejes del sistema (X , Y , Z), así no tener que dibujar las fachadas de éste, esviadas con respecto al sistema triplanar; pero la Montea Solar, si va a dibujarse esviada en sus proyecciones vertical y lateral (Plano 5) lo que se reduce propiamente a un procedimiento usado en geometría descriptiva, llamado "cambio de plano vertical" (Torre 1983), en este caso de la Montea Solar, manteniendo únicamente su posición original en la proyección horizontal. Así, de esta forma se tienen en un solo sistema triplanar las proyecciones horizontal, vertical y lateral, tanto del edificio como de la Montea Solar (Plano 5)

Con la herramienta de trabajo anterior podemos establecer un monitoreo con el cálculo astronómico propiamente dicho y estudiar diversos elementos arquitectónicos relacionados con la incidencia de los rayos solares en diferentes fechas del año y en diferentes horas del día.

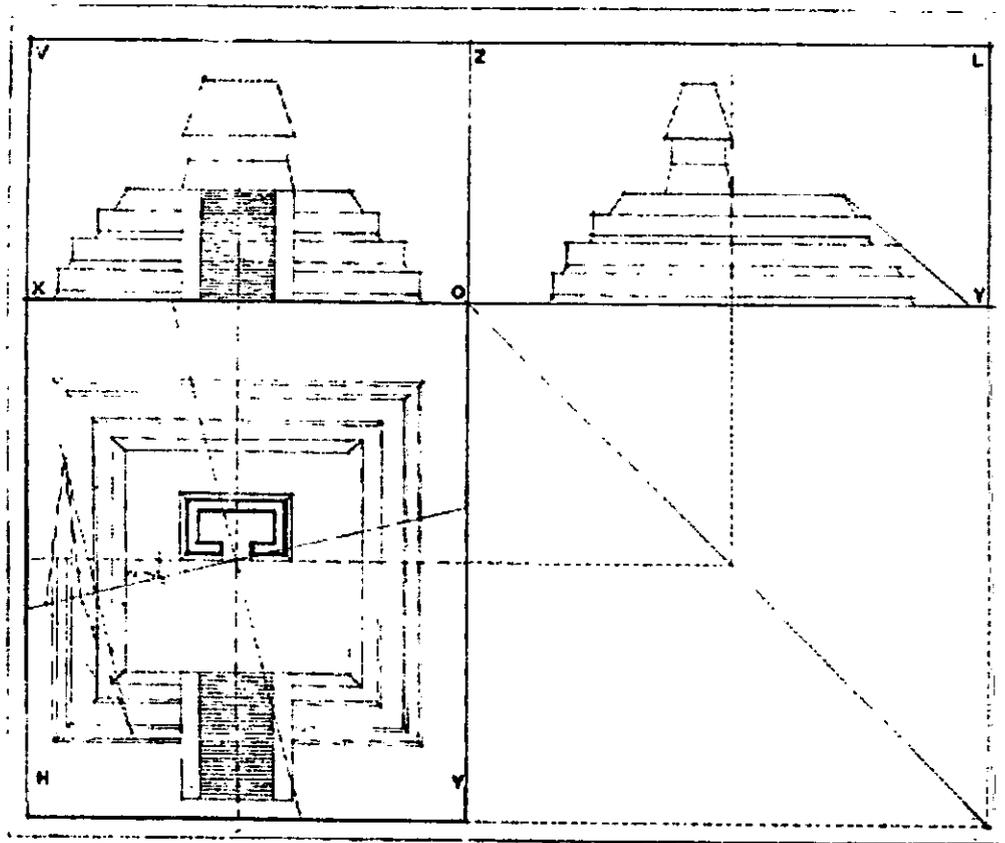
¹ Los antecedentes de esta forma de representar descriptivamente el movimiento solar, los podemos detectar con el conocimiento de las proyecciones de las sombras de un gnomon o varilla vertical que históricamente no ha llegado de culturas anteriores, en el antiguo y nuevo continente. Ya Vitrubio, cerca del principio de nuestra era, habla de las "relaciones del gnomon según los rayos solares y las sombras" (Vitrubio 1953) y varían estas sombras, en la ciudad de Atenas, en Rodas y en Tarento, para una misma fecha. También nos relata la diferencia de las relaciones del día, según la época del año. Pero quizá lo más interesante de este personaje es la concepción geocéntrica y la definición del eje del mundo, piedra de toque para la comprensión del giro continuo de la bóveda celeste.

También fray Andrés de San Miguel, en la primera mitad del siglo XVII, aquí en México, describe el fundamento y el principio del que dependen el trazo y uso de los relojes solares, que no es más que la aplicación de un método geométrico, con regla y compás, del trazo de las sombras proyectadas por un gnomon.

El doctor Aveni describe de una forma muy clara el trazo del movimiento del Sol, según la posición de un observador y su latitud geográfica; pero a fin de nuestro intento, de sistematizar geoméricamente este movimiento solar, es aquí en México por el año de 1937 con el maestro Miguel Bertrán (1982), que se generaliza un sistema propiamente geométrico descriptivo del movimiento solar medio, que consiste en una proyección cilíndrica de base circular, que ya en esos años es usada como instrumento por el cual predecir y controlar el asoleamiento en la arquitectura y el urbanismo y que tienen relación con los factores bioclimáticos. El arquitecto Miguel de la Torre (1982) introduce de una forma complementaria al método gráfico la determinación analítica del valor horario de la posición del Sol en el Horizonte.

Si bien Bertrán de Quintana, en su obra que habla de la aplicación de la Montea Solar en la arquitectura, ya menciona el tiempo irregular del Sol verdadero y de la convención de un Sol ficticio; así como de la ecuación del tiempo, para relacionar estas diferencias, no llega a plantear la forma de utilizar dichas correcciones en la montea solar, por lo que en todos los estudios de asoleamientos que presentan estos autores, no se incluyen las correspondencias a los husos horarios vigentes en cada una de las zonas geográficas en donde se aplican. Asimismo otra de las características de estas proyecciones es que los ejes de la montea solar siempre son perpendiculares a los planos de proyección, cosa que para nuestras necesidades de analizar los efectos de luz y sombra en las estructuras prehispánicas, difiere en razón de la variedad de las orientaciones, pues como se verá más adelante en los ejemplos, los ejes de la montea solar no serán perpendiculares al plano vertical, lo cual en primera instancia requiere de más cuidado y más argumentos técnicos en la resolución de las trazas y de las proyecciones de sombra.

Consideremos que el método propuesto nos brinda con suficiencia, los siguientes datos; declinación, acimut, altura y la hora aproximada del Sol verdadero. Para establecer la hora civil de un evento, habría de aplicarse la ecuación del tiempo, cosa que en este trabajo no se realiza por no ser primordial el establecer la hora exacta del evento, ya que en todos los casos, si bien únicamente se conocía la hora aproximada del evento, sí se tenía el dato del día, el acimut y la altura de la posición del Sol verdadero, se podía observar el fenómeno analizado. Asimismo no se considera la variación de la declinación máxima del Sol, que en algunos casos sí ha de variar en cierta medida las sombras proyectadas (sobre todo en los solsticios), como en el caso de Teotihuacan, donde para la época cultural supuesta (50 años a.C.), podría suponerse en $23^{\circ}42'$ esta declinación máxima, que varía en 15 minutos de arco, respecto al valor actual, lo cual si es apreciado gráficamente.



Plano 3. Proyecciones de un edificio prehispánico sobre un mismo plano.

de esta gran estructura pudiera ser no muy confiable el fenómeno descrito anteriormente, del rayo solar que ilumina rasantemente las escaleras, cuando cruza por el plano vertical que contiene el eje de la pirámide; pero centrado nuestro estudio sobre la alfarda original de la escalera del segundo cuerpo,

² Por eso los períodos de las estaciones son diferentes. Ellos son, aproximadamente, los siguientes: primavera 92.5 días, verano 93.5 días, otoño 90 días e invierno 89 días.

³ Una cuando el Sol va de invierno a primavera y otra cuando va de verano a otoño.

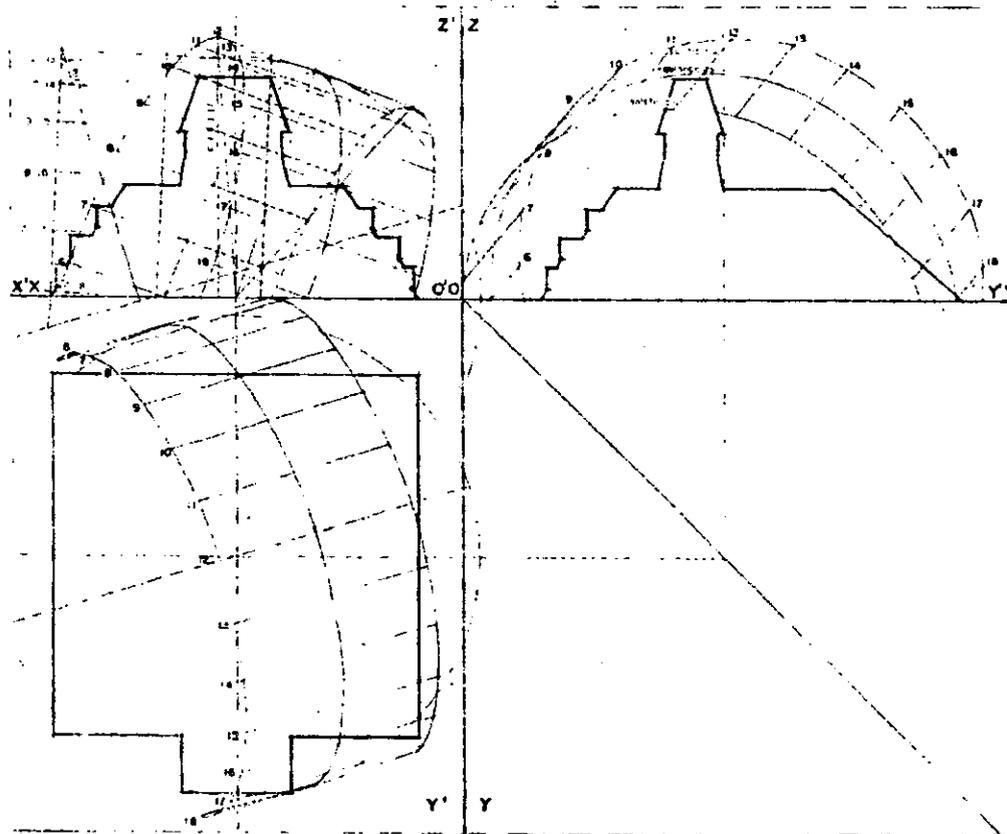
⁴ El centro ceremonial y la ciudad de Cholula en Puebla, cuyo rumbo astronómico señala el solsticio de invierno. Este eje después de señalar en el parteaguas de la cuenca, el cerro Tehuicocone como mojonera natural, cruza por el templo mayor.

También existe la unión simbólica o relación de sitios arqueológicos de diferentes épocas culturales y no se sabe la razón de ésta unión simbólica, pero se duda que sea circunstancial: como Teotenango, Cuicuilco y la Pirámide del Fuego Nuevo en Iztapalapa, que son unidos por un eje solsticial.

Después de aplicar este sistema geométrico descriptivo a diferentes edificios prehispánicos, se observa que algunos de ellos señalan el paso del Sol, los días en la eclíptica se divide en dos arcos semejantes y que son los días cercanos a los equinoccios; dividiendo en partes iguales los intervalos entre el solsticio estival e invernal,² la forma en que estos edificios señalan los días cercanos a los equinoccios, es mediante la escalera poniente, que es iluminada rasamente por el Sol, al mismo tiempo que éste cruza el plano vertical que contiene el eje oriente-poniente de la estructura (Plano 6); lo cual sucede únicamente dos veces al año.³ en algunos otros, los días solsticiales también son señalados, por los ejes de los edificios, o también por la relación geográfica, con marcadores o sitios arqueológicos, que indican el lugar de salida u ocultamiento del Sol en esas fechas.⁴

Es interesante la línea diagonal del Castillo de Chichen Itzá, que por la orientación de la estructura y la latitud de este sitio, sugiere una línea solsticial (Plano 12). A continuación describiré en cada caso, el fenómeno analizado por el método geométrico descriptivo y comprobado posteriormente por el cálculo del triángulo astronómico y por la observación del sitio en los días señalados.

En la Pirámide del Sol en Teotihuacan, por la reconstrucción llevada a cabo a principio de siglo



Plano 4.- Proyecciones de un edificio prehispánico y la montaña solar, sobre un mismo plano. La orientación del edificio varía con respecto a los ejes de la Montaña Solar (X', Y' y Z'); diferente al sistema original (X, Y y Z)

En Xochicalco existen cuatro estructuras, que por su trazo señalan en el horizonte la posición solar en los días cercanos a los equinoccios⁷ y son las estructuras "C" y "D", el juego de pelota y el sistema llamado de la Malinche; pero están, además, la Pirámide de la Serpiente Emplumada y la de las

⁵ Es el intervalo más sencillo entre el solsticio estival y el invernal, la división del "año numérico" o "días de mitad de año."

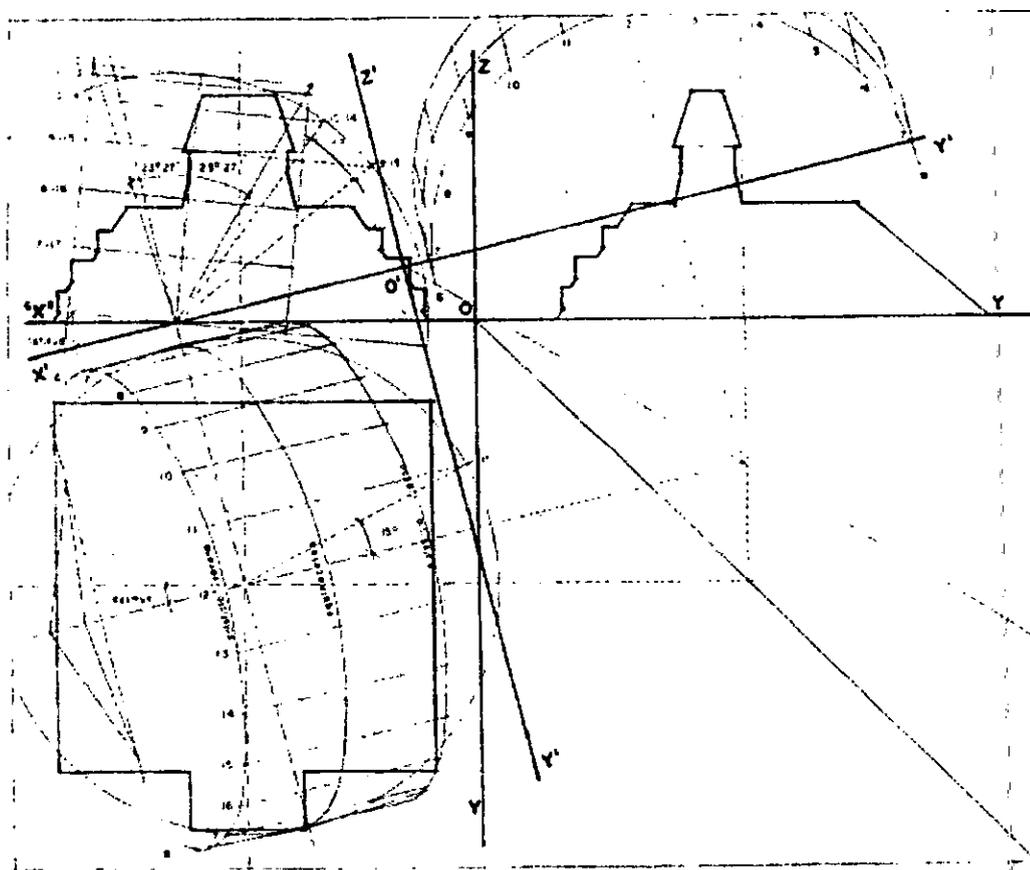
⁶ Como la variación acimutal del Sol es menor que la de su altura, durante el tiempo que dura el fenómeno, las sombras aparecen prácticamente paralelas al plano vertical que contiene al eje de la pirámide.

⁷ Sobre las estructuras "C" y "D" ya en 1978 se hablaba del esviate de estas estructuras, respecto al poniente astronómico, y que señala el día medio entre el solsticio estival e invernal. Sobre el Juego de Pelota en Xochicalco se ha referido la forma, en cierto grado espectacular, de registro del ocultamiento del Sol en el horizonte, a través de sus aros.

donde, por las mediciones hechas en ella, es su pendiente promedio de 41° . Y siendo el acimut de la estructura de 107° , la declinación solar necesaria será de $+0.75^\circ$ aproximadamente, es decir, que el Sol se hará rasante, al mismo tiempo de cruzar el plano vertical que contiene el eje de la escalera, uno o dos días después del equinoccio de primavera o antes del otoño⁵ (Plano 7), lo cual ha sido comprobado en campo, al hacer observaciones en esos días.

También ese día los taludes de la fachada poniente son iluminados rasantemente, cuando el sol cruza por el plano vertical que contiene en eje de la estructura; como la pendiente de los taludes de los diferentes basamentos que conforman la pirámide, es casi la misma, con excepción del penúltimo de abajo hacia arriba, cuya pendiente es mayor. La impresión que se tiene, es que las sombras que producen las piedras empotradas en toda la fachada, son alargadas y paralelas al plano vertical que contiene el eje de la pirámide⁶ (Plano No. 8).

Este fenómeno de luz y sombra que actualmente se produce en la Pirámide del Sol, y que apenas es perceptible por el color oscuro de la piedra, pudo haber sido observado a gran distancia, y de esa forma haber conocido la época del año; esto es si las piedras actualmente salientes en la fachada, también sobresaliesen del estuco, tal como lo es en Tula y el Templo Mayor.



Plano No. 5.-Proyecciones de un edificio prehispánico y la montaña solar, sobre un mismo plano. La orientación del edificio varía con respecto a los ejes de la Montaña Solar (X' , Y' y Z'); diferente sistema al original (X , Y y Z).

⁸ Aquí en la Pirámide de la Serpiente Emplumada el Sol cruza el plano vertical que contiene el eje, al momento e hacerse rasante a la escalera, cuando ya tiene 2.5° de declinación Norte; es decir, alrededor de 6 días después del equinoccio de primavera.

Es difícil que la reconstrucción hecha por Batres en 1909 (Batres 1968), no fuese la correcta, pues no obstante que sobre la idea de 5 cuerpos, que se tenía en ese entonces, como partes de la estructura, siguiendo el ensamble de cada una de las piedras labradas, dejó la estructura con cuatro cuerpos tal como la vemos hoy, pues no encontró mayores datos.

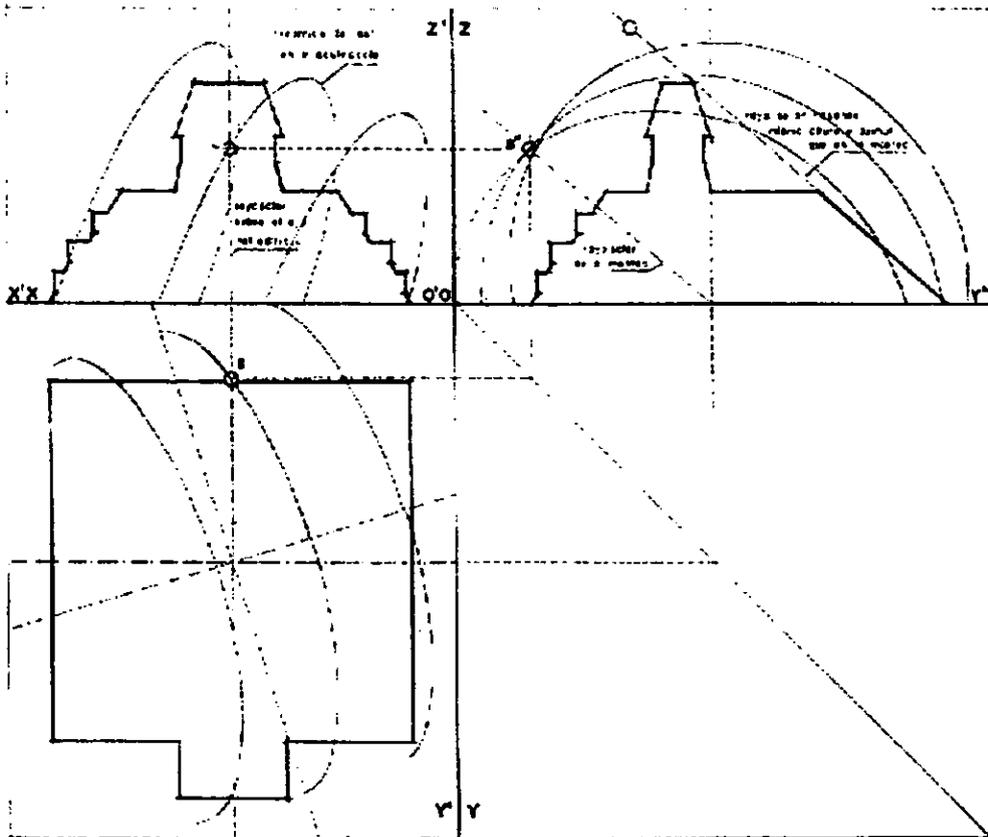
Noguera primero y Sáenz después en 1962-1963, excavaron en la escalera, por lo que pudieron haber variado el eje de ésta, que de no ser paralela al eje de la estructura, aunque la pendiente fuese la correcta, variaría el día fenómeno.

⁹ La posibilidad de la existencia de un quinto cuerpo, ha sido deducida por la existencia de los dos relieves, en cada una de las jambas del cuarto cuerpo, pues estas figuras, que representan a Tlahuizcalpantecutli y a Xolotl o sea al Dios en su aspecto Dual, Venus-Nacxiti, que por estar únicamente en la parte inferior de los cuerpos, se supone debió de existir en la parte superior de los mismos.

Estelas cuyas orientaciones son diferentes a las anteriores, pues las estructuras "C" y "D", el juego de pelota y la Malinche tienen una desviación de 0.5° , al norte del poniente aproximadamente, mientras que la de la Serpiente Emplumada tiene 16° al sur del Oriente, y la de las Estelas 13.5° al sur del oriente y ambas señalan la posición solar en el horizonte en diferentes fechas.

No obstante la diferencia en sus orientaciones, estas estructuras, la de la Serpiente Emplumada y la de las Estelas, señalan también los días cercanos a los equinoccios, en forma semejante a la Pirámide del Sol en Teotihuacan, ya que igual que en ésta, cuando el Sol se hace rasante a las escaleras y alfardeados, cruza el plano vertical que contiene el eje de la estructura.

El día que este fenómeno sucede, lo es primero en las Estelas (plano 9), ya que su acimut y pendiente son menores, $103^\circ 39'$ y $36^\circ 49'$ respectivamente y después en la Pirámide de la Serpiente Emplumada (Plano 10), pues de ésta son mayores la orientación de su eje y la pendiente de sus escaleras, 16° y 45° respectivamente.⁸ En ambas estructuras habrá de considerarse los templos que originalmente existieron sobre las plataformas; para la de la Serpiente Emplumada, según la reconstrucción hipotética de Marquina (1964), la parte superior del templo no obstruiría los rayos del Sol, al hacerse éste rasante a las escaleras.⁹



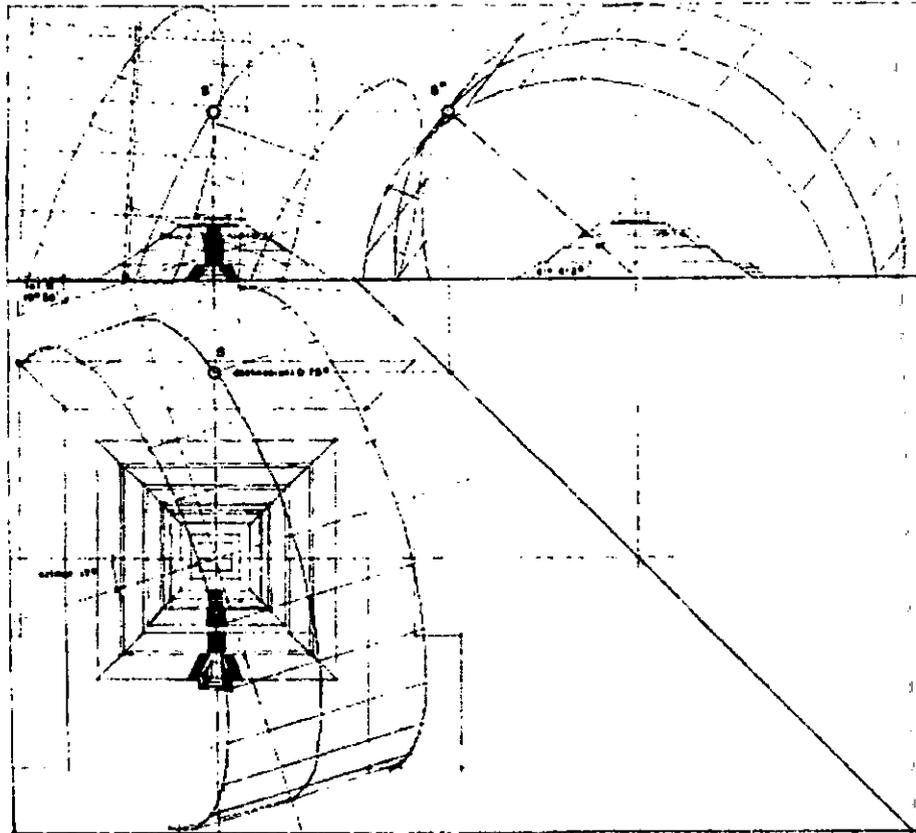
Plano No. 6.- Señalización del paso del Sol en los días equinocciales: mediante las escaleras. La forma en que algunos edificios señalan los días equinocciales, es mediante la escalera poniente, que es iluminada por el Sol, al mismo tiempo que éste cruza el plano vertical que contiene el eje oriente-poniente de la estructura.

En cambio en el de las Estelas es muy probable que la fachada poniente del templo si proyectase sombra sobre las escaleras, al hacerse el Sol rasante a éstas (proyección lateral en plano 9), aunque actualmente nada obstruye el rayo solar; pudiera considerarse que si bien el fenómeno no se apreciara físicamente, el diseño del templo sí contuviese ese rasgo mítico, o norma de diseño con carácter abstracto y simbólico.

En Tula, de los cinco períodos prehispánicos de asentamiento, a lo largo del río Tula de Allende, al menos en tres de ellos se advierte en forma evidente una transformación radical en sus orientaciones, pues para la época Coyotlatelco, que es cuando ya se presenta un ordenamiento urbano, la orientación del trazo, es nort-sur y comprende principalmente Tula Chico y las plataformas al sur de Tula Grande, para la primera parte de la época tolteca; la orientación es de 17° al oriente el norte y comprende principalmente el centro ceremonial de Tula Grande, y la plaza Charnay y para la segunda parte de la época tolteca, la orientación cambia a 18° , pero al poniente del norte, y comprende principalmente la zona al noroeste de Tula Chico.

Hablando de la estructura "A" que se encuentra en el centro ceremonial de Tula Grande, con frente al poniente, comúnmente llamada Pirámide del Sol, si bien se encuentra en un contexto al que corresponde la orientación general de 17° al oriente del norte, tal como fue la traza de la ciudad en la época tolteca, este edificio presenta aproximadamente una orientación de $13^\circ 15'$ al sur del oriente en el arranque de sus alfardas y en sus

Hasta la fecha no se han encontrado las piezas que muestren las partes superiores de los cuerpos, y el marco perimetral que encierra las figuras, no se muestra tácitamente cortado en la parte superior. En contraposición a esto, si el marco envolviese también en su parte superior a las figuras, las mostraría como partes completas y terminadas, es decir sin parte superior, conceptuadas como medios cuerpos que acaso mostrarán la mitad del Dios astro, en su forma vespertina, lo cual podría ser argumento para no considerar necesario un quinto elemento.



Plano No. 7.- Teotihuacan, Pirámide del Sol. Sol equinoccial rasante, al cruzar el plano vertical que contiene la escalera. El fenómeno del Sol rasante al cruzar el plano vertical que contiene el eje oriente-poniente; es más confiable para la escalera del segundo cuerpo, cuya posición es original.

escalones inferiores - que se conservan aún -, una pendiente de $37^{\circ}30'$, en los mismos elementos, con lo cual también sucede que en los días cercanos a los equinoccios, el Sol debió ser rasante a las alfardas al mismo tiempo de cruzar por el eje¹⁰ igual que en la Pirámide del Sol en Teotihuacan, en la Pirámide de la Serpiente Emplumada en Xochicalco y en la Pirámide de las Estelas también en Xochicalco.¹¹

En la Pirámide de Tenayuca, las escalinatas de las estructuras V y VII, que son las que se encontraron en mejor estado de conservación (Marquina 1964), presentan los valores promedio aproximados de 43.14° de pendiente y siendo su orientación de 17.5° , resulta que también en los días cercanos a los equinoccios, cuando el Sol se hace rasante a las escaleras y alfardas, éste cruza por el plano vertical que contiene al eje de la estructura¹² igual que en los casos descritos anteriormente (Planos 11 y 12).

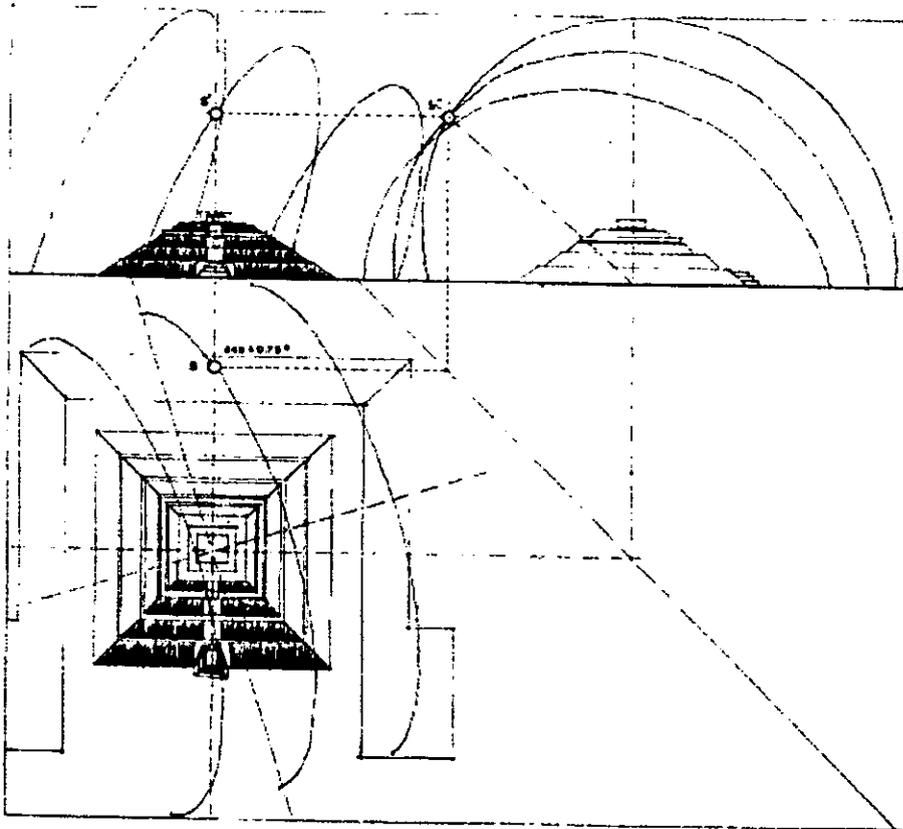
Lo que hasta aquí se ha mencionado, sobre el rayo rasante a las escaleras, cuando cruza éste el plano

¹⁰ Con los datos: latitud norte = $20^{\circ}04'$, altura = $37^{\circ}30'$, acimut = $103^{\circ}30'$ y la fórmula : $\text{sen } d = \text{sen lat. sen } h + \text{cos lat. cos. } H \text{ } 360 - \text{az}$
La declinación necesaria es de $+ 1^{\circ} 27'$ (23 - 24 de marzo como fecha del fenómeno)

¹¹ Es interesante la similitud aproximada a la orientación y la pendiente entre las escaleras de la Pirámide de las Estelas en Xochicalco y la del Sol en Tula; acimut $103^{\circ} 39'$, pendiente $36^{\circ} 49'$ para la Pirámide de las Estelas y $103^{\circ} 30'$ de acimut, $37^{\circ} 30'$ de pendiente para la del Sol en Tula. A pesar de ser diferentes las latitudes geográficas de una y otra, 18.803° y 20.066° respectivamente, las orientaciones son semejantes. Pero para una latitud mayor es necesaria una pendiente menor.

¹² Aquí en Tenayuca se podrían señalar algunos fenómenos, que valdría la pena analizar más a fondo, como sería el siguiente:

La parte superior de las alfardas de la quinta etapa, presenta aproximadamente 65.5° de pendiente y un acimut de 107.5° , con lo cual siendo la latitud de 19.503° , los días en que el Sol se hace rasante a la parte superior de la alfarda (donde cambia de pendiente), al cruzar el plano vertical que contiene el eje de la estructura, es el mismo día en el que el Sol se oculta alineado a la Pirámide del Fuego Nuevo en Iztapalapa (16-17 de abril, 25-26 de agosto).



Plano 8.- Teotihuacan, Pirámide del Sol. Sombras equinocciales en la fachada poniente. Las sombras que producen las piedras empotradas en toda la fachada, son alargadas y paralelas al plano vertical que contiene el eje de la pirámide.

vertical que contiene el eje de la estructura, precisamente en los días equinocciales, se ha investigado y constatado también en el Castillo de Chichen-Itzá y en el Castillo de Tulum.¹³

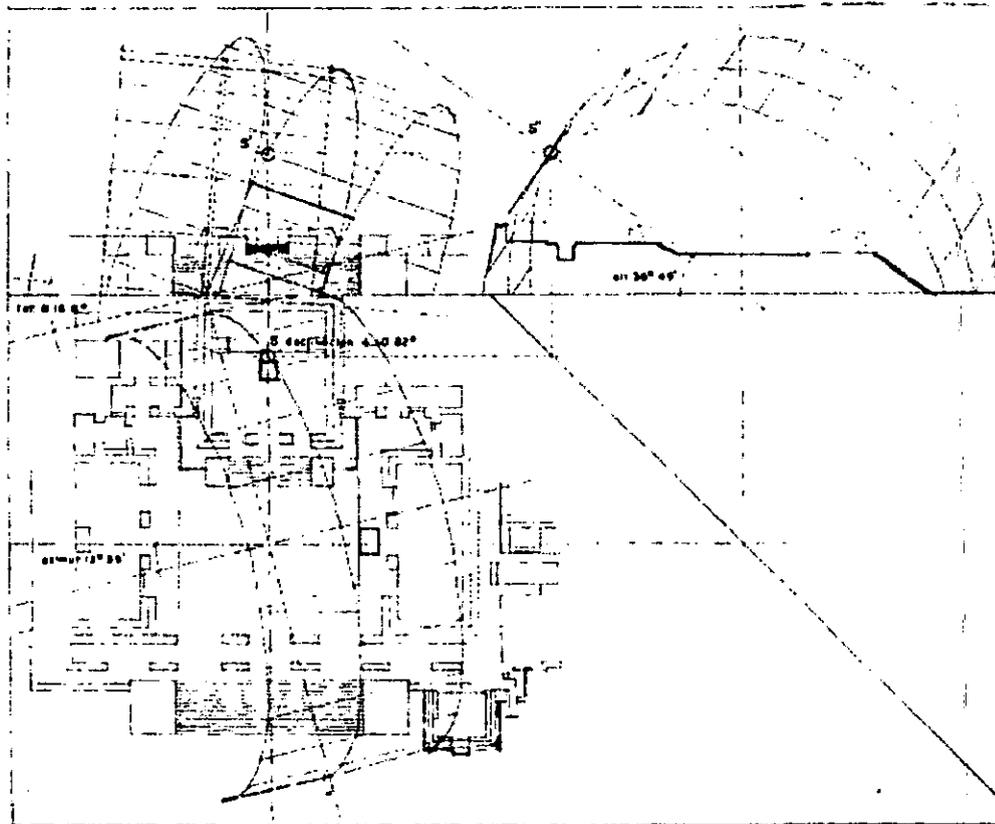
En el Castillo de Chichen-Itzá, la fachada norte del templo que se localiza en la parte superior, se encuentra casi a paño por la alfarda norte de la escalera poniente;¹⁴ (plano 13), por lo que en los días equinocciales cuando el sol cruza por el plano vertical que contiene el eje de la escalera,¹⁵ se hace rasante a la alfarda, únicamente durante unos pocos segundos (plano 14) ya que después de cruzar este plano vertical que contiene el eje, el templo superior impide los rayos rasantes sobre la alfarda (proyección lateral en plano 14). Este fenómeno tiene otra forma de apreciarse pues la sombra que proyecta el templo superior y la sombra de la arista poniente del último basamento, proyectan una sombra en ángulo, cuyo vértice coincide con el arranque inferior de la alfarda. (Plano 13)

También, estando de pie una persona en la parte baja de la pirámide, a un lado de esta alfarda, con la visual rasante a la arista norte de la alfarda, se verá por unos instantes, el Sol al cruzar el plano vertical que contiene el eje de la escalera no viéndose nuevamente (desde este punto de observación), sino hasta después de haber rebasado la altura total del templo (ver proyección lateral en plano 13). Todo esto marca los días en que el Sol se empieza a desplazar en el hemisferio norte, al inicio de la primavera y de regreso

¹³.- Se considera que ha de ser necesario realizar observaciones y mediciones a detalle, en diferentes zonas del área maya, pues por algunas mediciones previas llevadas a cabo en sitios como Palenque por ejemplo, se ofrecen interesantes algunas estructuras, como la escalera poniente de el Palacio en donde actualmente por la falta de la fachada del lado sur se puede apreciar el Sol rasante en los días equinocciales, cuando cruza el plano vertical que contiene el eje perpendicular de la escalera. Acaso pudiese ser semejante en su contenido simbólico a la escalera de la Pirámide de las Estelas en Xochicalco.

¹⁴.- Se refiere a la alfarda que está del lado izquierdo, vista de frente la escalera poniente.

¹⁵.- El eje de la escalera poniente, sobre la cual sucede el fenómeno que se refiere, tiene de acimut 1° menos que el eje de toda la estructura; es decir, que esta escalera no guarda una simetría perfecta con el edificio por lo que se refiere al eje de la escalera y no al eje de la estructura. El eje de la estructura tiene $21^\circ 12'$ y el de la escalera $20^\circ 12'$.



Plano 9.- Xochicalco, Pirámide de las Estelas. Sol equinoccial rasante al cruzar el plano vertical que contiene el eje de la escalera. En esta estructura, al considerar el templo que originalmente existió sobre la plataforma, si bien el fenómeno no se apreciara físicamente, el diseño del templo contiene ese rasgo mítico o norma de diseño con carácter abstracto y simbólico.

cuando por última vez se le ve cruzar, señala de forma semejante, los días en que se empieza a desplazar en el hemisferio sur, al inicio del otoño. Quizá ésto sea una explicación del porqué únicamente el lado norte del templo superior, sea el que está a paño con las alfardas de las escaleras oriente y poniente, ya que las otras tres caras del templo (sur, oriente y poniente) no se alinean con los paños que definen las otras alfardas restantes.

Por la orientación de la escalera poniente de $20^{\circ}12'$ al sur del oriente y por su pendiente de casi 43° en la alfarda, el fenómeno en el Castillo de Chichen-Itzá, sucede prácticamente en el día equinoccial.¹⁶

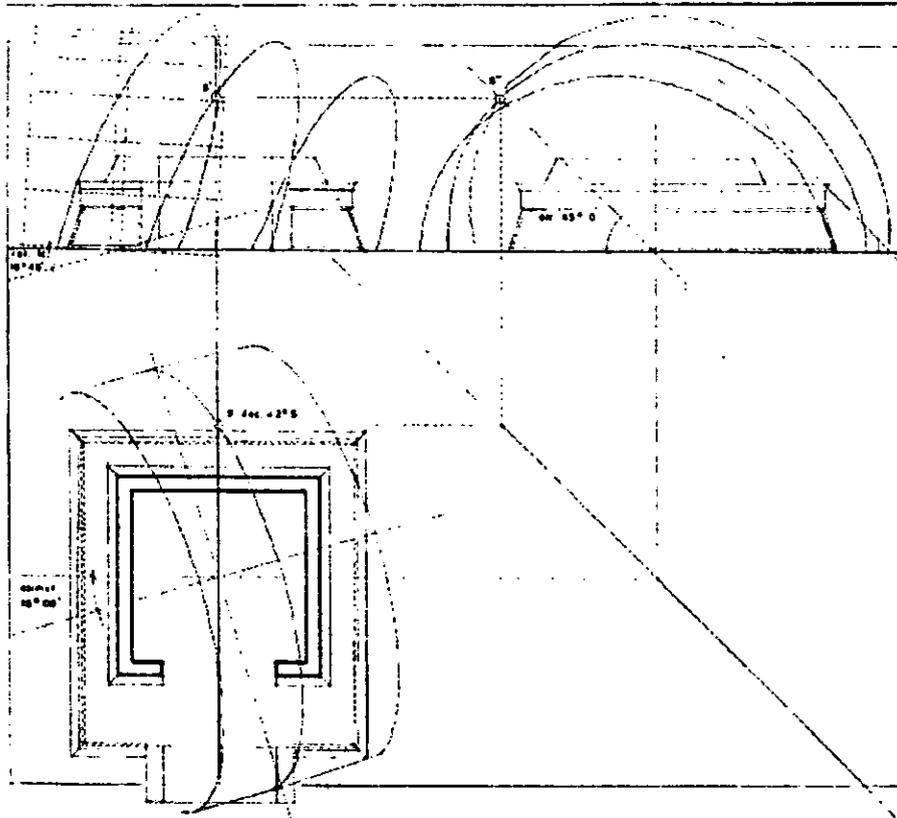
El Castillo del Dios Descendente, en Tulum, aunque es bastante irregular en sus aristas y paños, también presenta el fenómeno solar descrito en los anteriores edificios, pues por medidas de su acimut, que varían de 20° a 21.5° al sur del oriente y de 45.3° a 47° de pendiente en sus alfardas y escaleras, el fenómeno solar podría fijarse entre el día equinoccial y de 4 a 5 días posteriores, si es en primavera, o antes si es al final del verano.

Este templo presenta en su pretil superior tres remetimientos, de los cuales el central, donde se aloja el Dios Descendente, proyecta una sombra en el piso que rodea a la estela que se encuentra al

¹⁶.- Ya se ha dicho que el día que sucede el fenómeno descrito en Teotihuacan, en Xochicalco, en Tula, en Tenayuca y también en Tulum, el día 4° submúltiplo del año calendárico.

Hay la certeza de que Cuiculco, las estructuras de Villa Olímpica, el Juego de pelota de Xochicalco y las estructuras "C" y "D" también en Xochicalco, están relacionadas también con este día (4° submúltiplo calendárico), que mediante su orientación señalan la salida, en unos, u ocultamiento en otros, del Sol en el horizonte. Aunque no se tiene la certeza de que desde la estructura E VII de Uaxactún se aprecie la salida del Sol, precisamente sobre el eje de la estructura E II, en el día equinoccial astronómico; por otro lado, una restauración hipotética de la jamba del túnel o ventana (orientado de sureste a noroeste) del observatorio o Caracol de Chichen-Itzá, dejaría sin efecto el hecho de que actualmente el día del equinoccio astronómico, el Sol se oculta en el horizonte, en el punto señalado por la visual (este oeste), diagonal al túnel.

Todo ésto hace interesante la relación que existe entre la escalera poniente del Castillo de Chichen-Itzá, como un elemento intencionalmente asimétrico al edificio, y el día del equinoccio astronómico, a diferencia de los otros sitios, sin correcciones asimétricas y que se relacionan no con el día del equinoccio astronómico, sino con los días 4° submúltiplos calendáricos o días medios numéricamente entre el solsticio estival y el solsticio invernal.



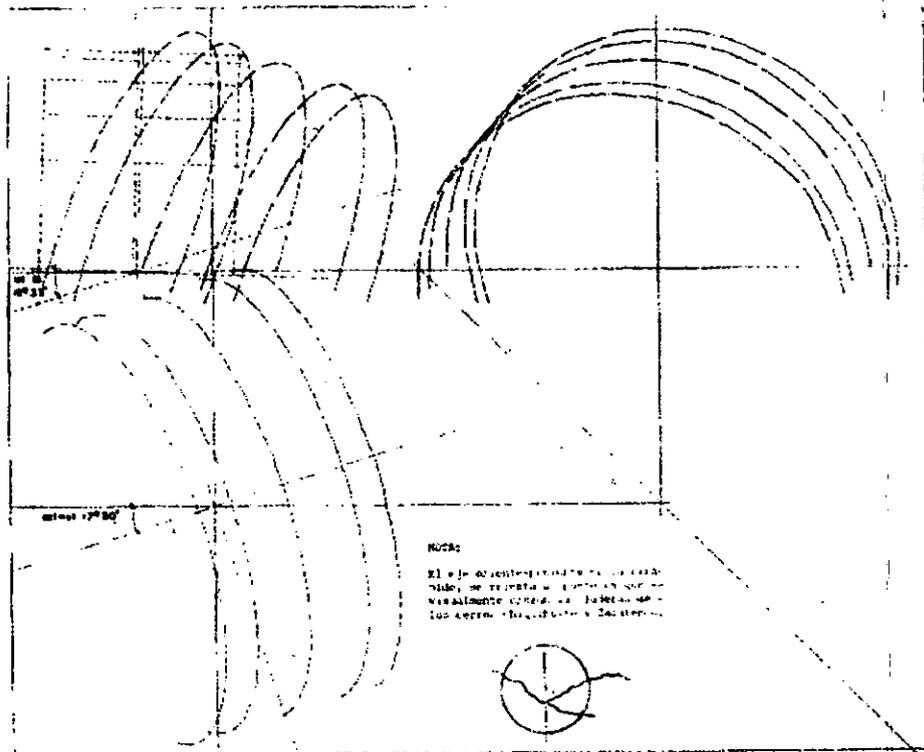
Plano No. 10 Xochicalco, P.S.E. Sol equinoccial rasante al cruzar el plano vertical que contiene el eje de la estructura. Aquí en la Pirámide de la Serpiente Emplumada, el Sol cruza el plano vertical que contiene el eje oriente - poniente y se hace rasante a la escalera poniente, cuando ya tiene 2.5° de declinación norte; es decir, seis días después del equinoccio de primavera.

Para percatarse del día equinoccial se requiere del conocimiento de los movimientos característicos de los astros, en el sistema heliocéntrico, así como en el geocéntrico; es decir, el conocimiento del punto Aries, en donde cruzan la eclíptica y el Ecuador celeste, la observancia aparente más simple de este fenómeno, es que la línea imaginaria que va entre los puntos de salida y ocultamiento del Sol en el horizonte del día equinoccial astronómico es perpendicular al eje astronómico norte-sur (punto sobre el que aparentemente giran las estrellas), a la vez que esos puntos en el horizonte señalan los puntos medios en su recorrido anual del Sol en el horizonte. Esto nos sucede en el tiempo medio entre un solsticio y otro, cosa difícil de conceptualizar si se tiene el desconocimiento de la forma elíptica, del recorrido de la Tierra alrededor del Sol y de la posición de éste como uno de los focos de dicha elipse. Decía que el señalamiento de esta línea imaginaria sucede no en el tiempo medio de uno y otro solsticio, sino dos o tres días antes del punto medio entre esos solsticios, si es en primavera, dos o tres días después si es otoño.

frente del templo; todo esto precisamente en los momentos de cruzar el Sol por el plano vertical que contiene el eje del templo y hacerse rasante a las alfardas, o cuando "desciende" por las escaleras, en los días mencionados anteriormente.

Sobre esta característica de algunos sitios, de señalar los días equinociales, quiero mencionar otros que se encuentran arriba del nivel del límite natural de los cultivos y que sin ser edificios con una estructura definida, sino más bien altares conformados a base de muretes de piedras irregulares, presentan una intención en su orientación que en el mayor de los casos señala un elemento orográfico. (cerro o pico).

Dentro de los sitios comprendidos en la "Arqueología de alta montaña" se encuentran, el Caracol y Nahuálac, que están ubicadas en la ladera occidental del volcán Iztaccihuatl¹⁷ relacionados con el culto a Tlaloc (plano 15).



Plano No. 11.- Tenayuca, trazo base de la Montea Solar

Es relevante el que desde estos dos sitios ubicados a diferente altura snm, con diferentes coordenadas geográficas¹⁸ se observa la aparición del Sol, el mismo día equinoccial, sobre el mismo lugar de la montaña (donde termina abruptamente el pecho en su lado sur), pues estando un observador en el Caracol¹⁹ dirigiendo su visual (contenida en el plano vertical, que a su vez contiene al eje del altar) al corte sur del pecho y otro en Nahuálac con la visual²⁰ dirigida al mismo corte sur del pecho, ambos observadores, en un mismo día equinoccial²¹ verán aparecer el Sol, por primera vez en el día, sobre el mismo corte sur del pecho (ver plano 16).

Hasta aquí se ha descrito una posible manera de medir el tiempo,²² mediante la forma geométrica de algunos centros ceremoniales,²³ los ciclos anuales del Sol, pudieron haberse medido en su paso por el hemisferio sur al norte y viceversa, mediante el descenso del astro rey a través de las

Esta relación entre la escalera poniente del Castillo de Chichen-Itzá y el día equinoccial astronómico, se nos antoja extremadamente interesante, pues podría plantear una etapa del conocimiento prehispánico en la que se hayan percatado de este día equinoccial astronómico; es decir que, a grandes rasgos, durante el preclásico y el clásico hay estructuras que se relacionan con el 4º día calendárico anual y ya con el postclásico, cuando menos en Chichen-Itzá se asocia el Castillo con el día equinoccial astronómico. ¿Será que hasta entonces se adquiere este conocimiento?

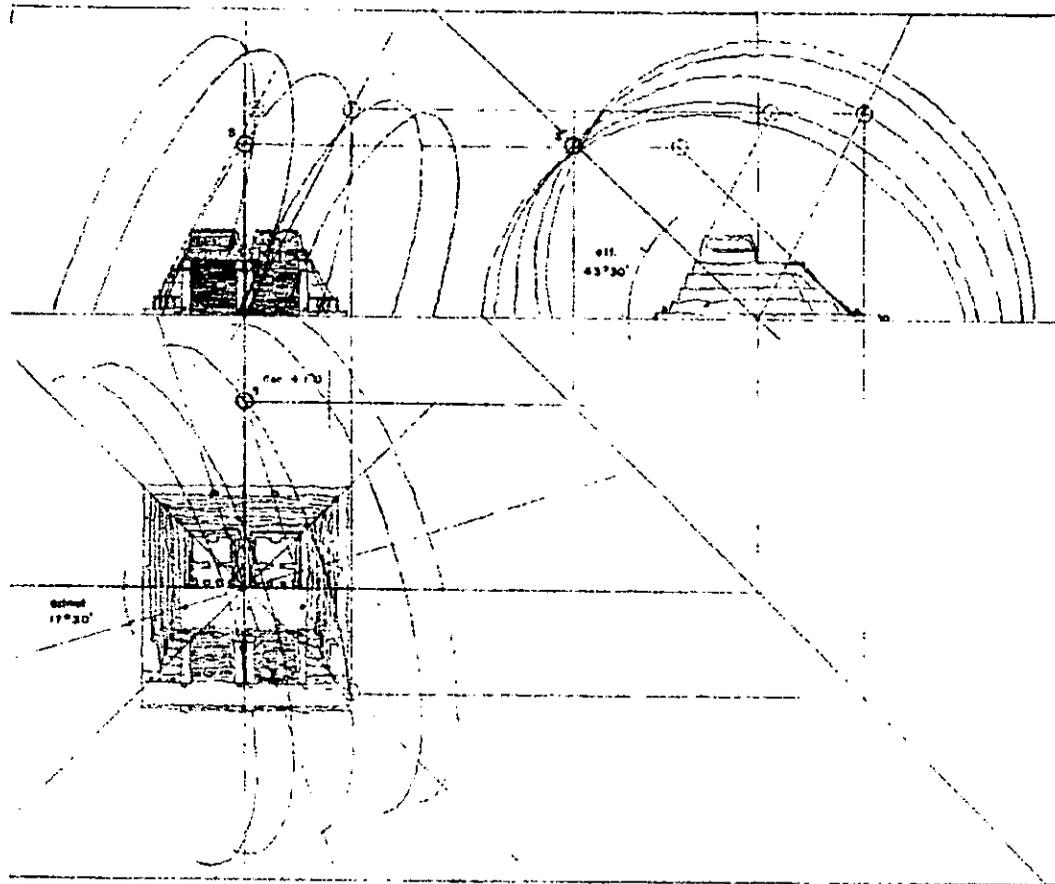
¹⁷.- En abril de 1984 el grupo de participantes en el seminario de arqueoastronomía, organizado por Stanislaw Iwaniszewski, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, se hizo un recorrido por la ladera occidental del volcán Iztaccihuatl, midiendo las orientaciones astronómicas de Nahuálac, el Caracol y el Solitario.

¹⁸.- El Caracol: 4,400 msnm, lat. N 19° 10' 39", long. O 98° 39' 36". Nahuálac: 3,800 msnm, lat. N 19° 10' 51", long. O 98° 41' 00".

¹⁹.- Eje del Caracol 99° 30', visual Caracol-corte sur del pecho 99° 30' de acimut, 24° 50' de altura.

²⁰.- Eje de Nahuálac 107° 15' de acimut, que señala otro pico entre Peña Ordoñez y Pico Aguilera, la visual de Nahuálac - corte sur del pecho 97° 00' de acimut, 18° 40' de altura.

²¹.- Los valores de la declinación solar necesaria, que arroja el cálculo, varían como promedio, para cada sitio, 10 minutos de arco, respecto a la declinación cero, por lo que aquí en estos dos sitios, pudiera decirse también, al igual que en Chichen-Itzá, lo que señalan es el día equinoccial astronómico, que relacionaría el sitio con el postclásico (ver nota 16).



Plano No. 12.- Tenayuca. Sol equinoccial rasante al cruzar el plano vertical que contiene el eje de la escalera. El fenómeno del Sol rasante al cruzar el plano vertical oriente - poniente, se aprecia mejor en las escalinatas de las estructuras V y VII, encontradas en mejor estado de conservación.

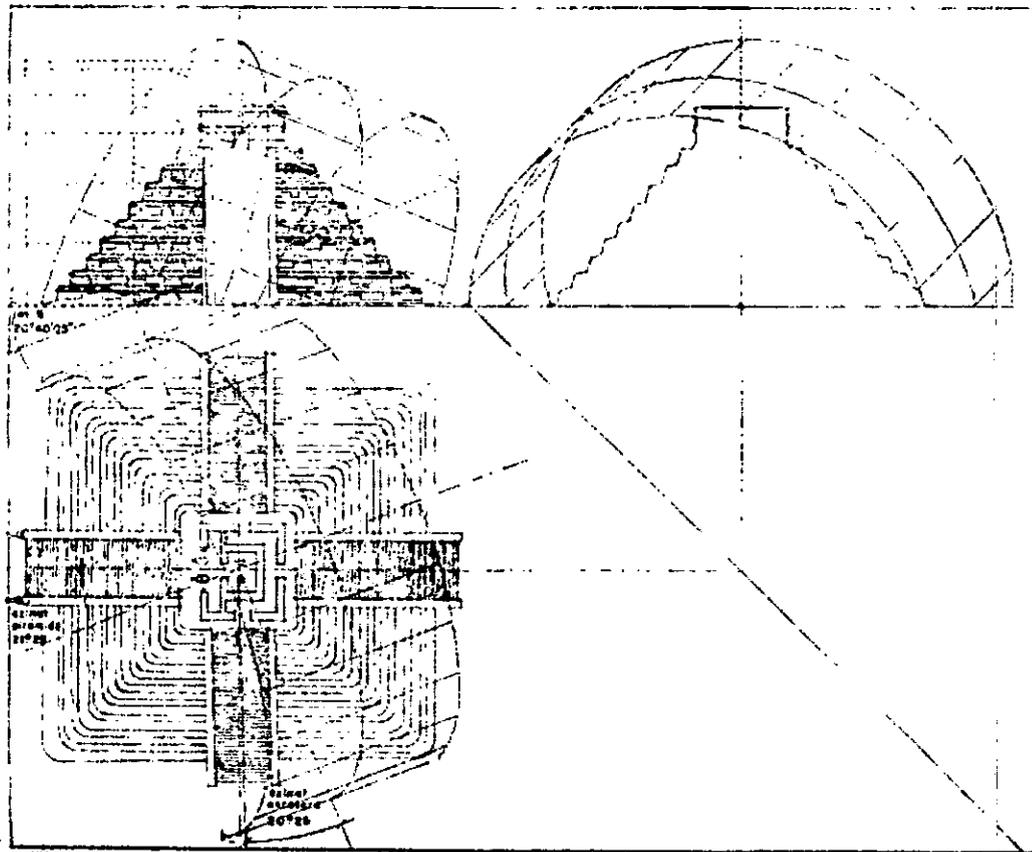
escaleras y alfardas de esos edificios ¿Pero y de los pasos solsticiales del Sol, del recorrido máximo al sur o al Norte? ¿No deberían contener estos edificios también forma de medirlos?

Si bien son menos el número de estructuras piramidales que mediante su forma geométrica señalan los días del solsticio, las hay que por el lugar geográfico en que se encuentran también señalan el paso del Sol por esos rumbos y se describen a continuación.

De lo que se mencionó anteriormente sobre la Pirámide del Sol en Teotihuacan y las sombras que producen las piedras empotradas en toda la fachada, se dice que son alargadas y paralelas al plano vertical que contiene al eje de la Pirámide (plano 8), se debe añadir que en otoño e invierno serán diagonales y proyectadas hacia el lado norte (plano 17) y en primavera y verano lo serán también diagonales pero proyectadas hacia el lado sur (plano 18), diferente esto a lo que sucede en los días cercanos a los equinoccios (plano 8) en que serán paralelos, como se ha dicho, al plano vertical que contiene al eje de la pirámide pudiéndose haber visto, en los tres casos, a gran distancia, naturalmente, si las

²² Anteriormente se ha propuesto la diferencia en las orientaciones de las trazas de varios sitios; según su época de construcción, como un sistema geográfico - calendárico, para medir el tiempo de cada ciclo calendárico de 52 años, comprobando con ésto la correlación de Alfonso Caso y proponiendo el ajuste calendárico mediante el cambio de orientación de las pirámides, criterio diferente al europeo de aumentar días al calendario, cada determinado número de años.

²³.- Es interesante considerar para futuras investigaciones en la arqueología de alta montaña, la posible utilización de los accidentes topográficos como generatrices o envolventes, de grandes formas geométricas virtuales, que en el caso de el Caracol y Nahuálac, quedan de manifiesto; asimismo, la posibilidad que algunos cortes o terrenos topográficos, sean artificiales, como el de Nahuálac que provoca el estancamiento de las aguas del "Valle" de Nahuálac.



Piano 13.- Chichen-Itzá. El Castillo, trazo base de la estructura y de la montea solar. La fachada norte del templo superior se encuentra a paño con la alfarda norte de la escalera poniente.

eje norte - sur y hacerse rasante míticamente a la escalera norte.²⁵ . Si bien esta sombra simétrica se proyecta hacia el lado norte, unas veces sobre la estructura misma y otras sobre el suelo, todos los días del año en que el Sol tiene declinación menor a la altitud del lugar, únicamente en los días solsticiales de invierno, la proyección de la sombra (en su máximo corrimiento al norte, durante el año) del perfil norte del último basamento superior,

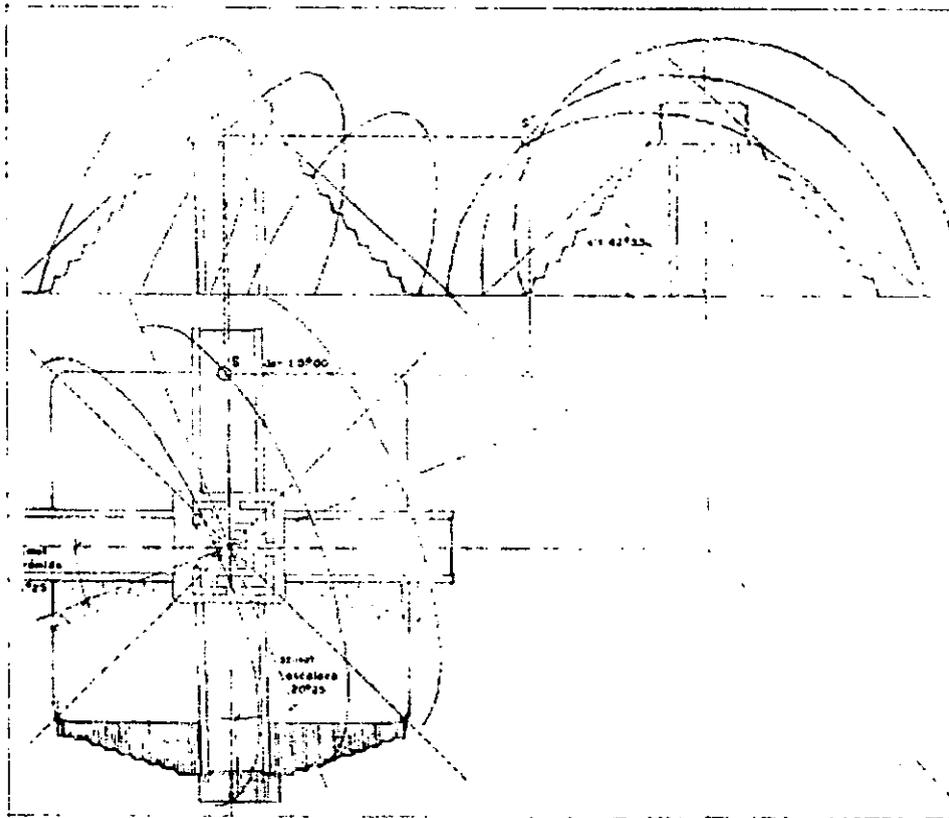
pedras hubiesen sobresalido al estuco o aplonado de los taludes.

El Castillo de Chichen - Itzá, en su planta no es una figura totalmente regular, ya que precisamente la escalera poniente tiene aproximadamente un grado de diferencia con respecto al eje oriente - poniente, de la estructura (plano 13 y 14 y nota 15). El análisis geométrico que anteriormente se había hecho de este edificio, presenta una simetría completa en todo el edificio, así como valores ideales de 45° de pendiente para sus cuatro escaleras, cosa que en la realidad física varía aproximadamente en 2° menos, pues los valores promedio son de 43° . Con los datos que se cuenta, es difícil establecer exactamente toda la geometría del edificio, pero por lo que respecta, al menos sobre las pendientes y acimutes de las escaleras y basamentos poniente y norte, son datos tomados en campo²⁴ con los cuales se ha hecho el presente análisis.

Así, el fenómeno del Sol rasante, al cruzar éste el plano vertical que contiene el eje oriente - poniente de la escalera poniente en el Castillo de Chichen - Itzá en los equinoccios, sucede también en forma semejante, pero para el eje norte - sur, en el solsticio de invierno y, precisamente, en la escalera norte. Esto se manifiesta, por la sombra simétrica del templo superior y los basamentos, que se proyecta en el suelo, al cruzar el Sol el plano que contiene este

²⁴ Para la escalera norte $21^\circ 15'$ al oriente del norte de acimut, $42^\circ 30'$ de pendiente, para la escalera poniente $20^\circ 15'$ al norte del poniente de acimut, $42^\circ 50'$ de pendiente.

²⁵ Se dice míticamente, al igual que en la Pirámide de las Estelas en Xochicalco, pues aquí también el Templo Superior no permite apreciar el Sol rasante a la escaleras, en el momento del fenómeno.



Plano 14.- Chichén-Itzá. El Castillo. Sol equinoccial rasante al cruzar el plano vertical que contiene el eje de la escalera poniente. Cuando el Sol equinoccial cruza el plano vertical que contiene el eje de la escalera poniente, se hace rasante a la alfarda norte de esta escalera. El vértice del ángulo de la sombra proyectada, coincide con el arranque inferior de la alfarda. La escalera poniente tiene 1° de diferencia, respecto al eje oriente - poniente de la estructura.

forma aproximada se puede decir, que por la latitud geográfica del sitio y la orientación de la estructura, esta diagonal del trazo en planta, que va de nororiente a surponiente señala dos veces la posición solar en el horizonte, al nororiente los días solsticiales de verano y al surponiente los días solsticiales de invierno. (ver plano 14).

²⁶ La diferencia entre las pendientes de ambas escaleras no sobrepasan los 20°.

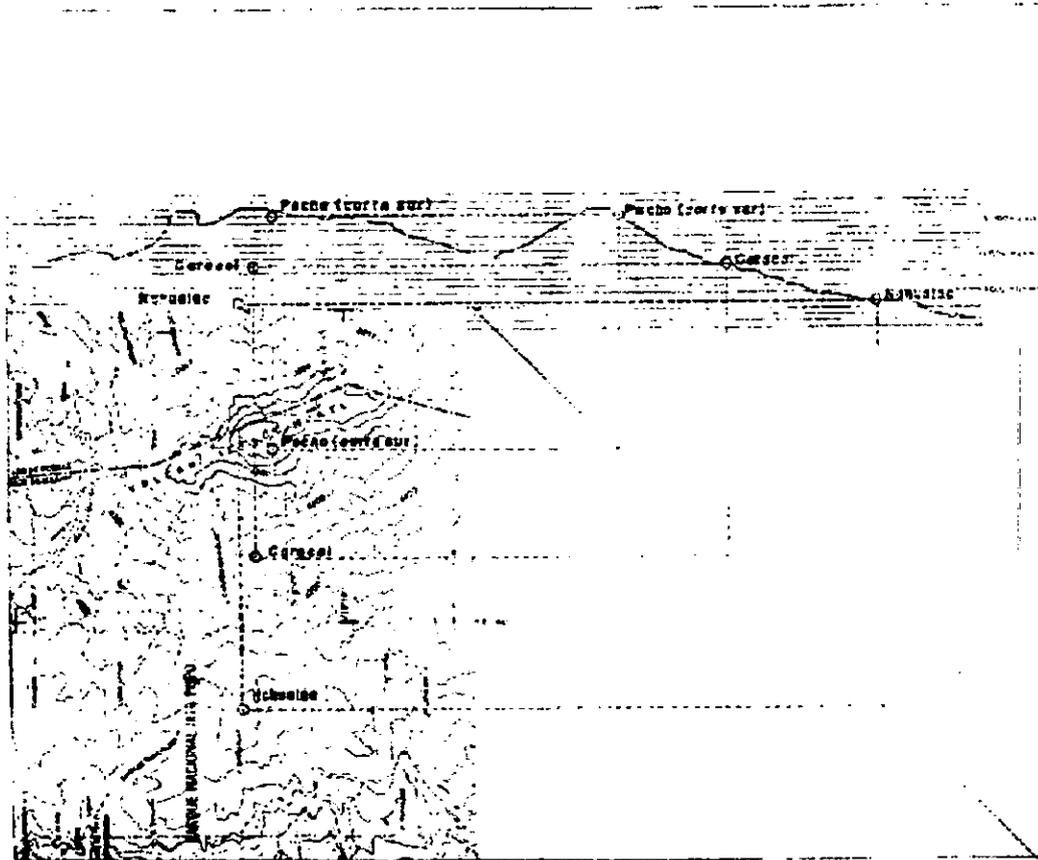
²⁷ Ya anteriormente se había señalado la importancia de la correspondencia entre la latitud geográfica y el movimiento solar aparente, como posible factor determinante (entre muchos otros), para la definición de un asentamiento prehispánico.

coincide con el arranque de la escalera norte. Pero en la escalera norte, desde la parte inferior de las dos alfardas no se visualiza el Sol al cruzar éste el plano vertical que contiene el eje norte sur, tal como en la escalera poniente, en los equinoccios (ver plano 14 y notas 13, 14 y 15), por no permitirlo el templo superior que se encuentra simétrico al eje. Este fenómeno es apreciable únicamente por la sombra que proyecta el templo superior, descrita anteriormente.

Cabe aquí mencionar la correspondencia entre los mismos valores de las pendientes de la escalera poniente con respecto a los mismos valores de las alturas del Sol,²⁶ en dos fechas significativas de su recorrido anual, que evidentemente involucra la forma geométrica del edificio, la latitud del lugar,²⁷ y el movimiento aparente del Sol, ya que si variara la latitud del sitio, o la geometría de las escaleras no sería posible esta correspondencia con el movimiento aparente del Sol.

Estas propiedades geométricas de esta estructura, relacionadas con las posiciones aparentes del Sol en los equinoccios y en el solsticio de invierno, establecen una contradicción respecto a la posibilidad de que la pendiente de 45° para las escaleras aún no siendo el valor actual de éstas, pudiese ser una deductiva del método geométrico empleado.

Se señaló al principio, el interés de la línea diagonal del Castillo de Chichén-Itzá, pues de una



Plano 15.- El Caracol y Nahuácatl, ladera occidental del volcán Iztaccihuatl; ubicación topográfica. Esc: 1:50,000

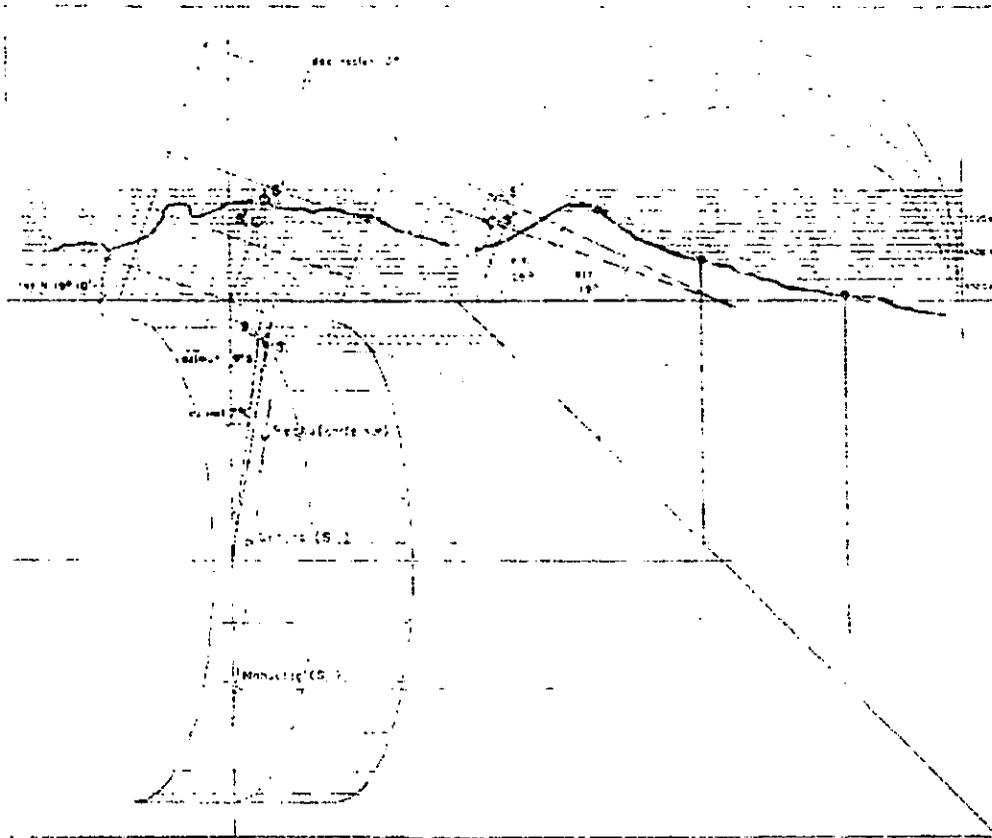
Por extensión, y reforzando estas ideas sobre la orientación de sitios arqueológicos y estructuras piramidales se piensa que, además de las orientaciones, son también las formas geométricas de la arquitectura ceremonial mesoamericana, una forma de expresión de esa cosmovisión tan extremadamente preocupante por medir el tiempo.

Por otra parte, el espacio en que sucedían todos estos fenómenos mítico - astronómicos fue interpretado de muy diferente forma a la que actualmente conocemos; pero el conocimiento sistemático de esta serie de fenómenos, era en cierta forma correspondiente a la mecánica celeste, a lo que se llama movimientos reales de los astros.

Entre otros sitios relacionados con los días solsticiales, se encuentra también la pirámide de Cholula, cuya orientación señala tanto el solsticio de invierno, así como el de verano; pero además de este sitio, en los días equinocciales cuando el Sol se oculta en el horizonte, señala el sitio Lomas de Nexpayantla en la ladera norponiente del volcán Popocatepetl, clasificado como uno de los sitios arqueológicos de alta montaña, hablando de este mismo sitio, pero visto desde la Pirámide de Cuicuilco, es donde aparece el Sol, en el solsticio de invierno. La señalización de otros ejes prehispánicos, solsticiales y equinocciales, ya ha sido mencionada anteriormente. Por ahora, basta decir que la señalización de estas cuatro posiciones solares de solsticios y equinoccios en su recorrido anual ya era conocida y señalada de diferentes formas en el mundo prehispánico.

Naturalmente para medir los períodos de tiempo y calcular su frecuencia, fué necesaria una forma de contar este mismo, de establecer un sistema que sirviera para medir los movimientos y trayectorias aparentes de los elementos que intervenían en los acontecimientos cosmogónicos.

Cuando se habla sobre la orientación de sitios y pirámides, la coordinación que existía entre el tiempo y el espacio en la cosmovisión mesoamericana, encontró su expresión en la arquitectura mediante la orientación de pirámides y sitios arqueológicos.

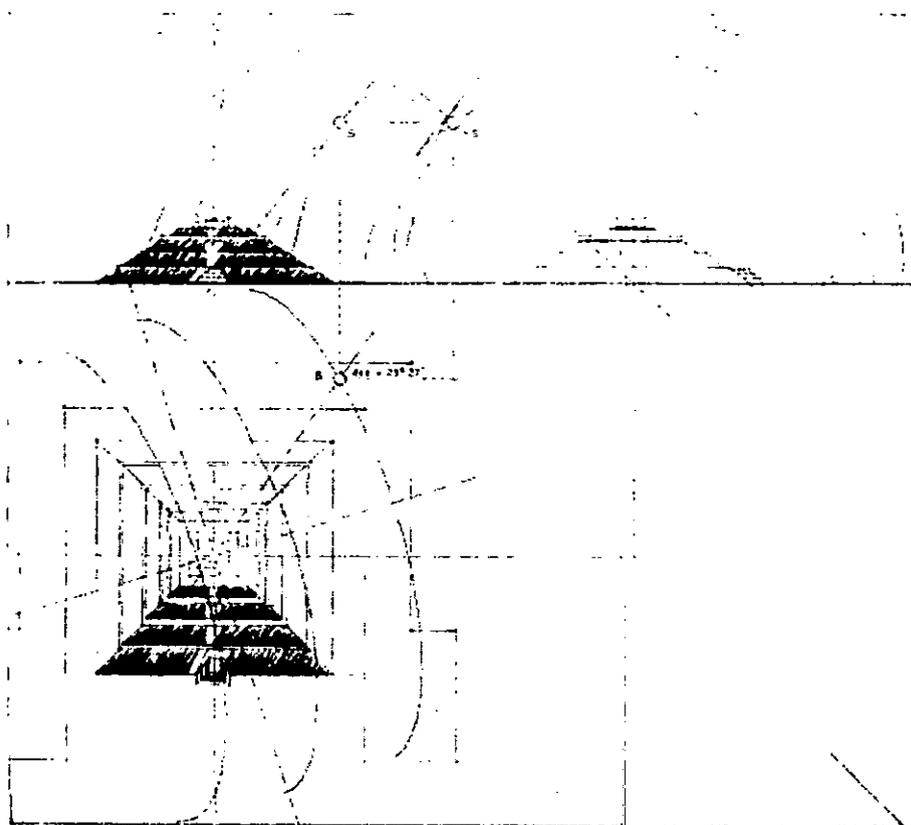


Plano No. 16.- El caracol y Nahuálac, ladera occidental e Iztaccíhuatl. Aparición del Sol equinoccial en el mismo lugar de la montaña. Desde estos dos sitios geográficos diferentes, se observa la aparición del Sol equinoccial, sobre el mismo lugar de la montaña (donde termina abruptamente el pecho en su lado sur).

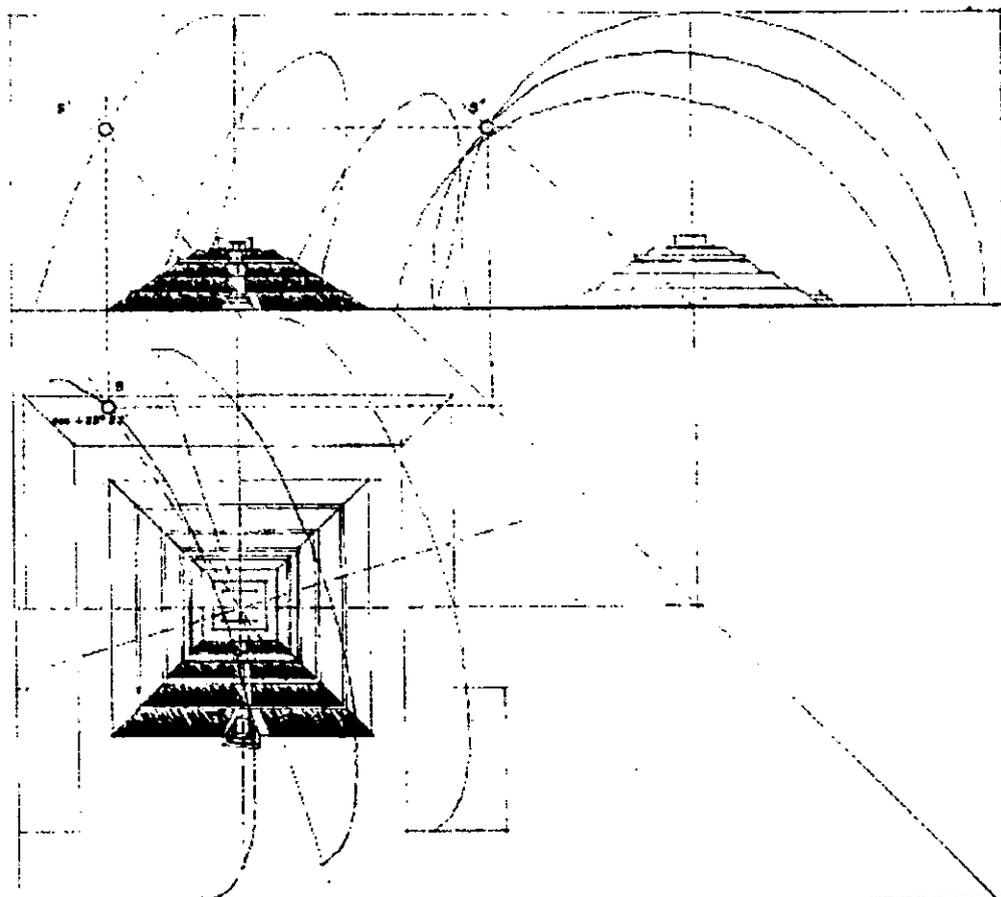
Son estos dos elementos “tiempo y espacio”, los componentes esenciales de este sistema plasmado en la arquitectura prehispánica, que rige gran parte de la vida de estas culturas: el tiempo, lugar y trayectoria en que sucedían los eventos mitológicos determinó no solamente los sistemas calendáricos sino también la erección de los centros ceremoniales, como sitios geográficos - urbanísticos, que llegaron a ser un eficiente instrumento geométrico - astronómico, para la medición del tiempo²⁸ y el espacio.

La arquitectura prehispánica no logró cubrir, entonar o delimitar grandes espacios internos, por no poseer el recurso constructivo del arco o la bóveda (ya sea que conceptualmente no le haya sido requerido). En cambio, podría decirse que sus grandes espacios abiertos, sus grandes plazas crean lugares armónicos con la bóveda celeste; es decir los espacios urbano arquitectónicos enmarcan o se conjugan con los acontecimientos de su cosmovisión, pues a través de esta arquitectura relacionan los eventos celestes, tanto al oriente como al occidente, las pariciones, ocultamientos y posiciones del Sol, en los días significativos de su movimiento anual, con los pasajes mítico religiosos. Conceptualmente podría decirse que los entornos de estos espacios, hacen las veces de piedras ríñon de una gran bóveda, en donde se ve plasmado evangélicamente la historia sagrada de su cosmovisión.

²⁸ Un sitio o centro ceremonial, que señalara los pasos del Sol en los solsticios y equinoccios, pudiera haber sido utilizado, mediante su geometría, ubicación y orientación, para la medición del tiempo, pues de una forma hipotética, si el *Haab* o *Xihuitl* (365 días) y la cuenta corta maya (*katun* = 20 x 360 días), empieza en uno de los días más cercanos al equinoccio de primavera, cuando el Sol “desciende” por la escalera o alfardas, de las estructuras analizadas anteriormente, a la vuelta de un periodo de 52 tunes (52 x 360 días), los ciclos se habrán desfasado, adelantándose el ciclo de 360 días, un número de 273 días, o tres estaciones. De primavera se habrá movido a verano y al siguiente ciclo de 52 tunes, de verano se moverá a otoño y así sucesivamente.



Plano No 17.- Teotihuacan, Pirámide del Sol. Sombras rasantes diagonales, en otoño e invierno. En el lado poniente de la pirámide, las sombras rasantes serán proyectadas hacia el lado norte en las estaciones otoño e invierno.



Plano No. 18. Teotihuacan, Pirámide del Sol. Sombras rasantes diagonales, en primavera y verano. En el lado poniente de la pirámide, las sombras rasantes serán proyectadas hacia el lado sur en las estaciones primavera y verano.



Capítulo 5

APLICACIONES SOLARES

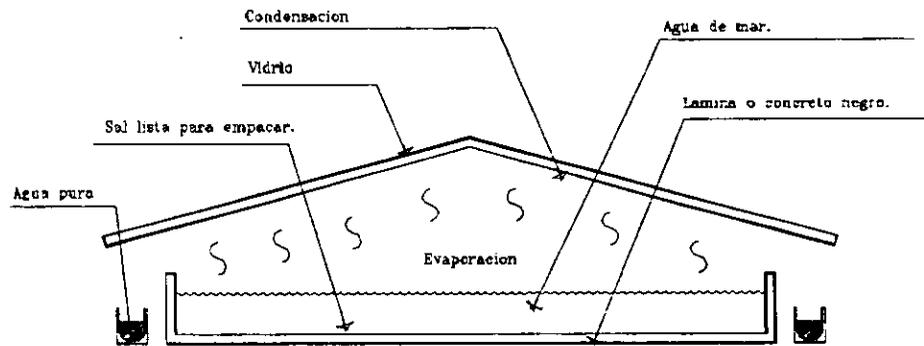
APLICACIONES SOLARES

"Una brizna de hierba es un día de trabajo de el Sol"

Walt Whitman.

a) Desalinización y destilación de agua (Purificación).

Se puede tomar el agua de mar llevarla a un estanque de 30 cm, con un firme negro, al pegar el sol el agua se evapora y en el estanque queda la sal. Se pueden obtener aproximadamente 25 litros de agua por metro cuadrado diarios para consumo humano en baños, siembra y huertos Como en Guerrero Negro que consiste en una salina en Baja California y produce de 15 a 20 millones de toneladas de sal al año para exportar a Japón a manera de coproducción.



Desalinización

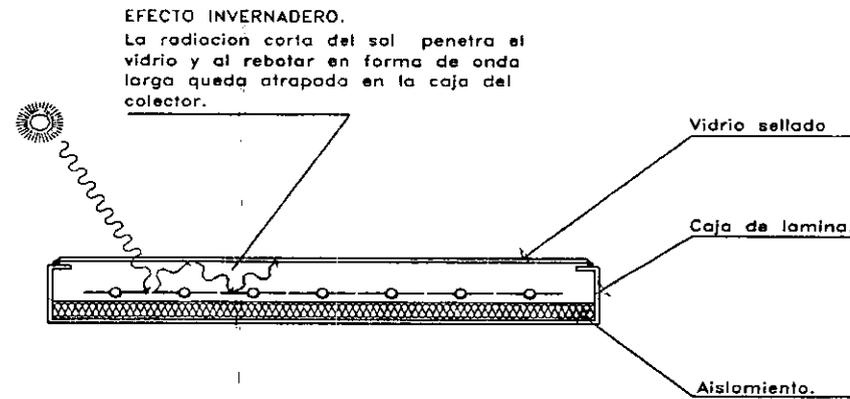
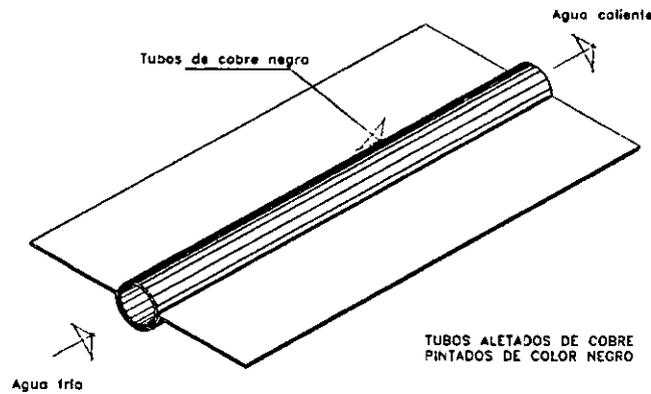
b) Desalinización.- Cuando el agua es pluvial, de ríos o de charcas se esta haciendo un proceso de destilación y sólo se produce agua pura, pero este proceso no sirve para aguas negras, porque hay esporas que saltan al vidrio, las aguas no deben estar contaminadas. Las aguas estancadas también se pueden utilizar para realizar este proceso, aunque no es aplicable a las ciudades, sólo es recomendable en el campo y en las casas en zonas apartadas de las concentraciones urbanas.

En Chile donde solo hay agua de mar hay miles de colectores pintados de negro que requieren de grandes cantidades de agua potable

Calentamiento de agua Esta aplicación es la mas popular y conocida en la actualidad por ser la mas sencilla, económica y fácil de hacer, desde casas hasta fábricas que requieran agua caliente o vapor, aunque el sol no llega a calentar tanto el agua, se alcanzan temperaturas de hasta 50°C con calentamiento solar, para lograr el calentamiento en las industrias se precalienta con energía solar y posteriormente se termian con calderas.

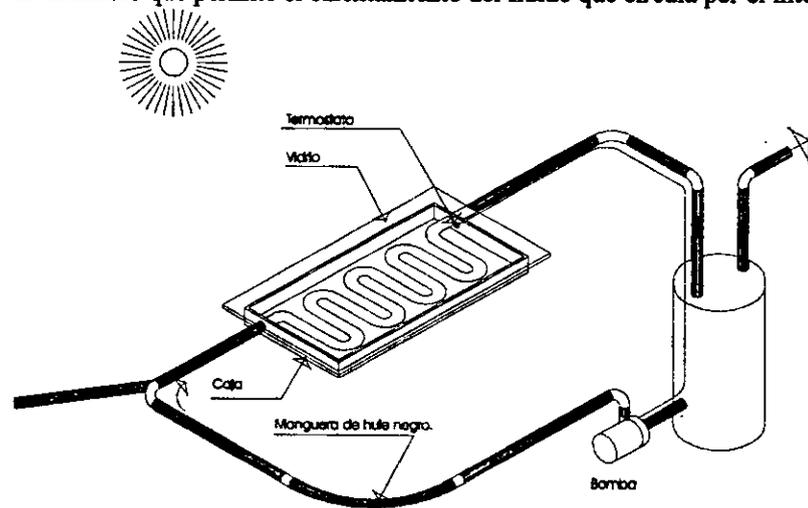
El calentamiento de agua de albercas puede utilizar el sol en lugar de emplear las calderas de gas y petróleo¹ o en su defecto utilizar un sistema combinado. Entre 200 y 400 mil pesos diarios son gastados para calentar el agua de la alberca olímpica de Ciudad Universitaria en lugar de haber empleado al Sol para su calentamiento; y para cuando se trata de altas latitudes es más conveniente techar las albercas.

¹ Romo Zamudio Carlos Eduardo. Tesis Profesional. Facultad de Arquitectura. UNAM. Anexo Metodológico. Visita de campo al Club Campestre Ecológico Asturiano. Atatahucan, Mor.



Al ser el calentamiento de agua la aplicación más sencilla se puede utilizar desde una simple manguera de hule negro hasta los colectores de cobre pintados de negro y cubiertos de vidrio transparente. El agua también se puede calentar por medio de espejos pero el sistema sería muy costoso.

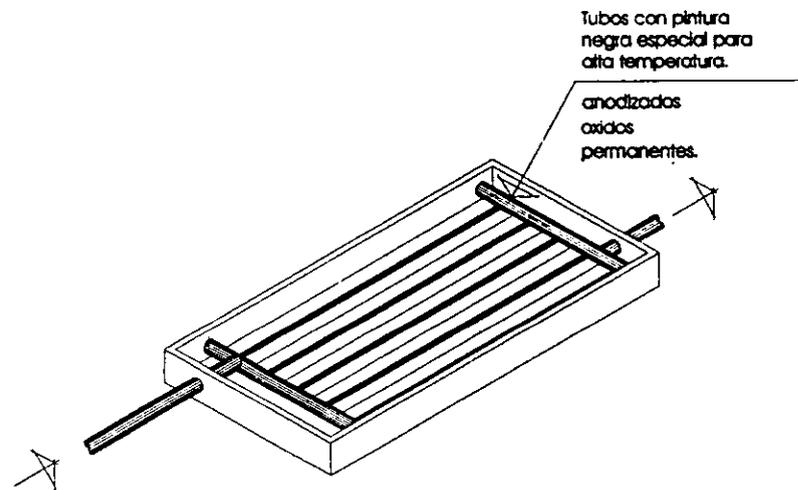
El vidrio y el plástico transparentes permiten el paso de la radiación de onda corta pero al rebotar en el interior del colector se convierte en radiación de onda larga mismas que son detenidas por el vidrio o el plástico que son opacos a estas radiaciones produciendo de esta manera el efecto invernadero que permite el calentamiento del fluido que circula por el interior de los tubos del colector, ya sea éste agua o aire.



Doméstico	Regadera	Desde 35°C
	Lavar ropa a 55°C	Hasta 50°C
	Lavar trastes a 55°C	Nunca más de 60°C
	Cocinar	

En plan casero.
En un baño turco o sauna se puede aprovechar a 50°C.

b) En la Industria.- Uso de colectores planos y una caldera para concluir el calentamiento final a manera de empujón. La energía solar es un sistema de precalentamiento en plantas embotelladoras, cerveceras, alimentos enlatados, textiles, lavado de telas y estampados, papeleras en donde usan el agua caliente en donde el sol puede hacer el trabajo o por lo menos la mitad del trabajo.



c) Uso recreativo.-

Para albercas y chapoteaderos que están a una temperatura de 28°C. En la alberca olimpica de Ciudad Universitaria se se gastan \$22,000 de combustible diario para el funcionamiento de las calderas.

Hay países que ya exigen el uso de energía solar para el calentamiento de la alberca. Una alberca doméstica requiere de un gasto de combustible de hasta \$5,000 al mes. Los mas recomendable es utilizar un sistema combinado.

d) Lavanderías automáticas y restaurantes

APLICACIONES SOLARES.-

Destilación y desalinización de agua.
Calentamiento de agua
Calefacción solar
Invernaderos

Aplicación en Arquitectura.
Aplicación en Arquitectura.
Aplicación en Arquitectura.
Aplicación en Arquitectura.

CALEFACIÓ SOLAR.-

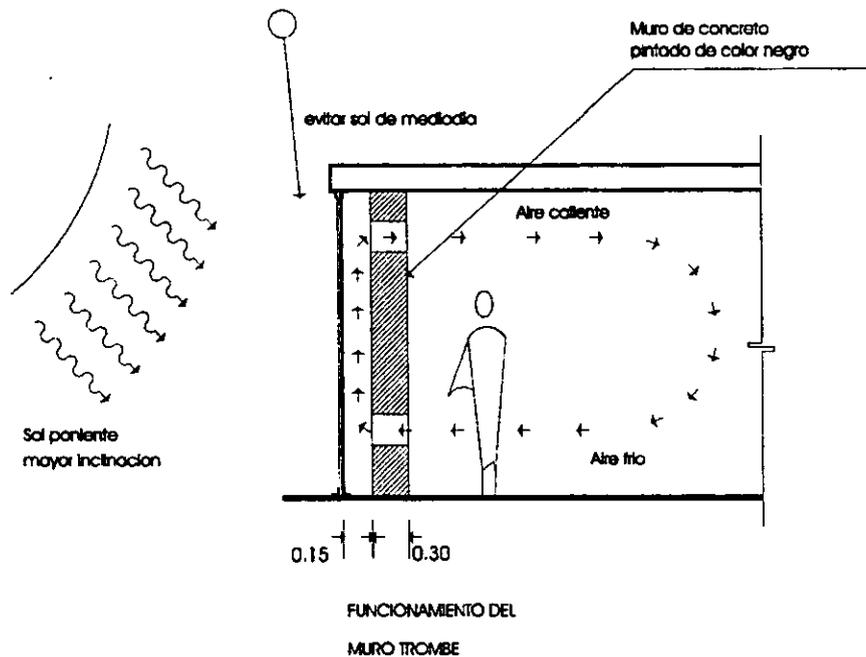
Aire caliente
Masas térmicas
Muro trombe
Agua caliente circulando

Aplicación en Arquitectura.

Masas Térmicas.-

Las masas térmicas pueden ser cualquier tipo de piedra pintada de color negro con pintura de alta temperatura y colocadas ya sea en el piso, en las fachadas, de aquí el principio del muro trombe. Una masa térmica está dada también por el peso específico del material, mientras más macizo sea el material mayor captación del calor y aunado a esto tendrá mayor eficiencia en el almacenamiento cuando éste se halle pintado de negro. El peso específico se refiere a la absorbencia, el cobre capta perfectamente el calor aunque no ayuda a almacenarlo, posteriormente le sigue el aluminio y la lámina galvanizada. Todo material que capte el calor será una masa térmica y aún mejor si aparte de captarlo realiza las funciones de almacenamiento.

La energía del sol se puede captar simplemente planeando la construcción en forma adecuada. El edificio se puede construir de muchas formas, cuadrado, rectangular, de forma en "L", en forma de "T" o introduciendo variantes. Las construcciones rectangulares presentan al sol las mayores áreas de techos y muros y se pueden orientar en cualquier dirección; pero se puede recoger la cantidad máxima de energía orientándolos según el eje este-oeste a un ángulo de 30° este con relación al sur. para la construcción se pueden emplear muchos materiales. pero los muros orientados al norte, al oeste y al este deben tener un área mínima de ventanas y máxima resistencia al flujo de calor. El muro orientado al Sur debe tener un área máxima de ventanas.



El exterior del edificio puede recibir muchos tratamientos y, en la obtención pasiva de la energía solar, el paisaje alrededor se debe disponer de manera que proteja la casa del calor del verano y del frío del invierno. también se pueden colocar toldos controlables en las ventanas, para permitir que entre el sol en el invierno e impedir que entre en el verano.

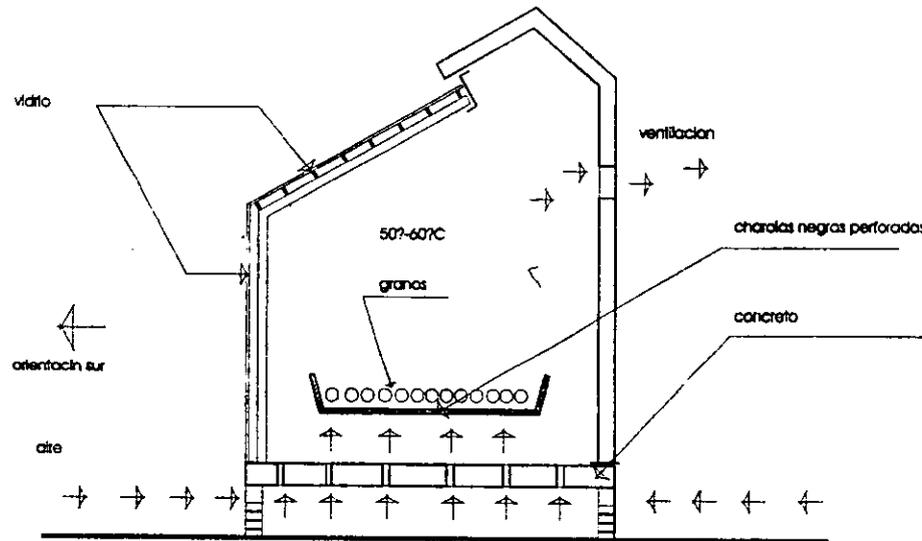
Una vez diseñado el edificio como colector solar, se debe procurar que sea capaz de retener el calor. Se pueden emplear materiales de masa térmica elevada. Los muros, techos y pisos de piedra, de ladrillo o de concreto, absorben el calor y lo liberan al bajar la temperatura exterior. las cortinas en las ventanas y el aislamiento adicional retardan la disipación del calor.

PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.

Invernaderos.- Plantas bajo vidrio o plástico transparente.
 Plantas comestibles.
 Plantas ornamentales.

Los invernaderos producen 5 ó 10 veces más cosechas que las que se realizan al aire libre llegando a gastar hasta 50 veces menos agua que al aire libre por medio de un sistema que se conoce como hidroponia (riego por goteo).

Para producción de alimentos en las casas. Por otra parte se encuentran los secadores de granos.(como maíz, frijol, café, cacao, etc.)



Secadores de granos para maíz, frijol, café, cacao, etc. y para madera.

La urgente necesidad de elementos verdes en la arquitectura obliga al aprovechamiento de espacios acristalados y azoteas, empleando métodos de riego como la hidroponia y la germinación realizados en los espacios interiores; esto da como consecuencia un impulso al fomento del cultivo de las plantas desde la educación elemental, cuidando en todo momento la impermeabilización para pasto o usar un sin número de macetas y remates de cristal.

Para el secado de granos la naturaleza los provee verdes pero hay que dejarlos secar al aire. Para conservarlos se construyen los secadores de granos basados en corrientes de aire caliente.

Al sembrar, el agua se va al subsuelo, plagas, exceso de sol, las lluvias, etc. hacen que haya un sinnúmero de pérdidas en las cosechas por el simple hecho de sembrar al exterior. Al techar se puede sombrear, ahorrar agua, se evitan las plagas al estar en un ambiente controlado, así como el frío, el calor y las lluvias no afectan la producción de alimentos.

Los invernaderos necesitan diseñarse con:

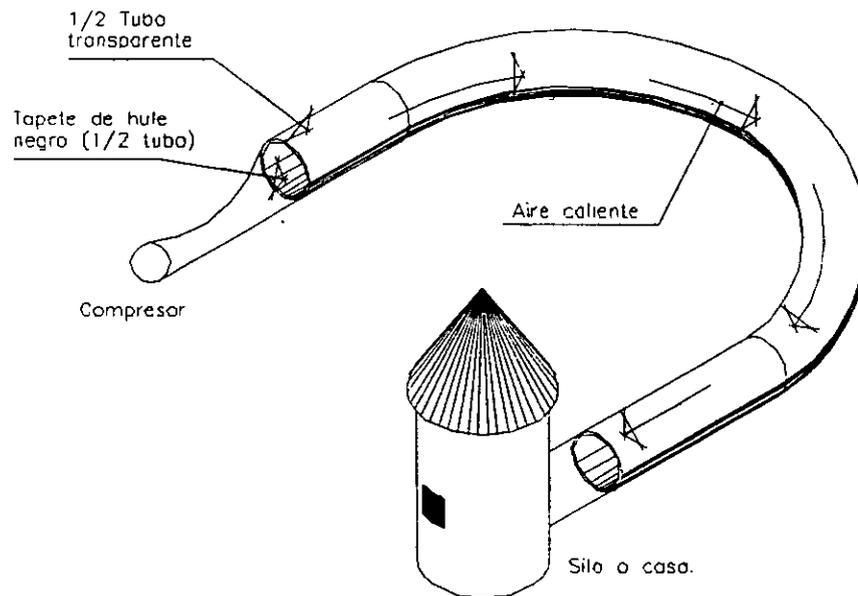
- * Ventilación adecuada.
- * Masas térmicas.- para conservar el calor (como ya se ha visto una masa térmica son aquellos

elementos que mantienen el calor que reciben (piedra y muros negros o pintados de negro y tambos con agua)).

Los invernaderos son costosos por lo que el campesino mexicano no los ocupa pero en Europa son de primera necesidad por las bajas temperaturas de esas latitudes. En un invernadero de aproximadamente un acre (2,471 m²) se pueden obtener 120 ton. de jitomates y hasta 30 veces mas de producción de lechuga.

En Xochimilco se produce una ton. de lechuga pero al cubrirse con un invernadero pueden sacarse hasta 30 ton, por ejemplo y uno de los factores del incremento de la producción agrícola es el riego controlado por medio de mangueras perforadas (riego por goteo). Si quisiéramos producir 1 ton. de jitomates se necesitarían 11,700 galones (44, 284.50 litros) de agua en un invernadero, pero si estuviésemos sembrando al exterior, estaríamos hablando de un requisito de agua de 620,000 litros. (160,000 galones).

Un invernadero se construye con polietileno grueso que tenga tratamiento UV, pero tarde o temprano se rasga con el viento, se amarillea y se hecha a perder. También se puede emplear el Lexan que es semejante al policarbonato y con la calidad del vidrio y con la flexibilidad del plástico así como también es resistente a los rayos ultravioleta. El vidrio necesita tener un espesor mínimo de 4.5 a 6 mm. y siempre debe ser transparente. En dado caso de que vaya a haber plantas de sombra se pueden emplear cortinas o persianas.

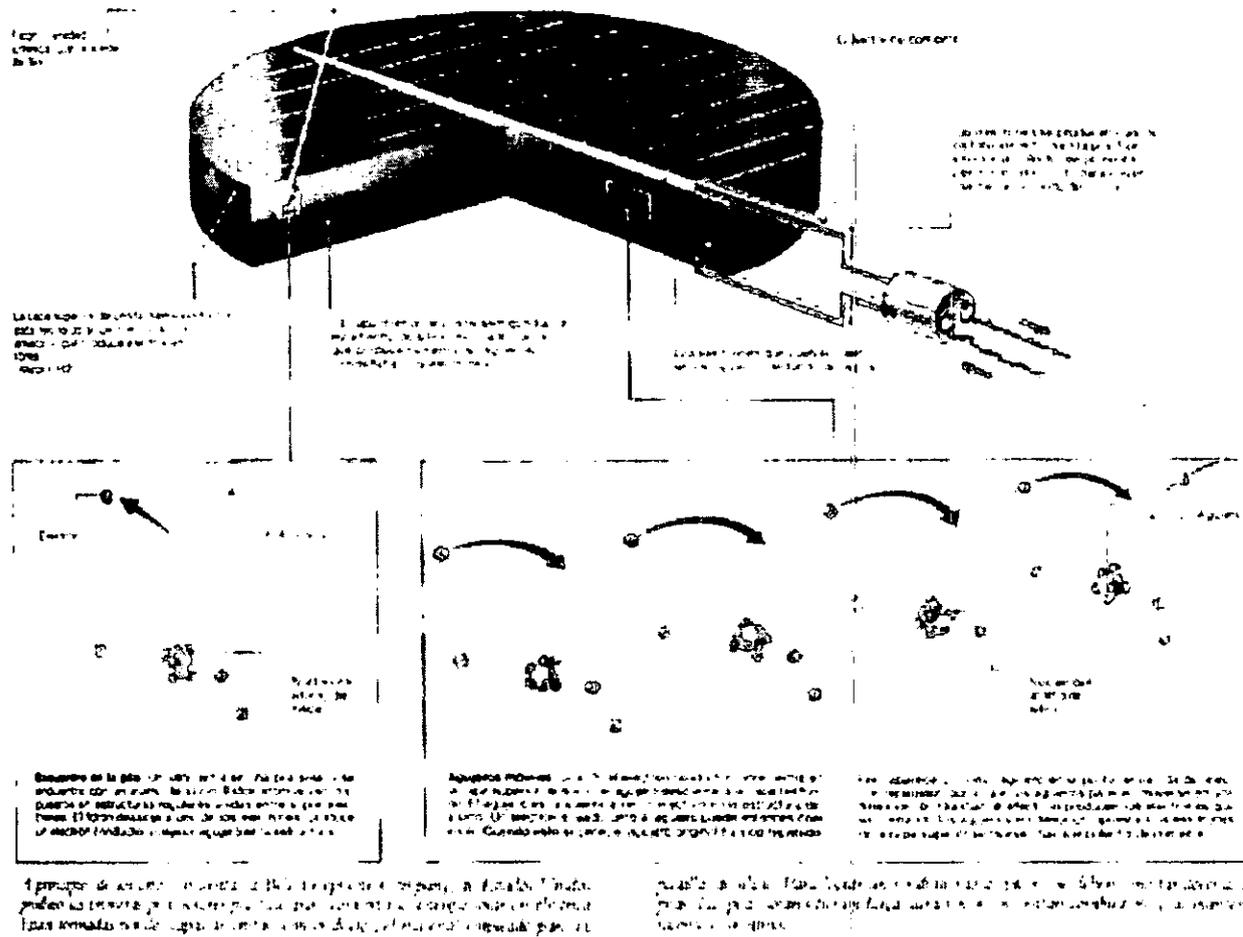


En desiertos y lugares con sol excesivo es conveniente poner vidrio matizado y lonas. En lugares fríos se requiere hasta calefacción interior en los invernaderos para que el producto incremente considerablemente su rendimiento con incrementos de hasta tres veces la producción.

Se recomiendan los invernaderos y jardines integrándolos en cualquier proyecto arquitectónico, esto puede ser en forma de jardines interiores que sirvan de ornato simplemente o para producción de frutas y legumbres en la propia casa para consumo de la misma familia que habita ese lugar o, ¿porque no?!, para la comercialización, ganando consigo unos cuantos pesos con ello, y así estaríamos hablando de cosechas en las ciudades y evitando de alguna manera el largo trayecto de los alimentos desde el campo hasta la ciudad si tomamos en cuenta los grandes conflictos por los cuales pasan durante el empaque en el lugar de origen, el viaje en la carretera y la llegada a la Central de Abastos hasta su distribución dentro de la ciudad. Y no sólo en la Ciudad de México, sino también en el interior de la República y a nivel mundial.

Generación de electricidad.- Por medio de fotoceldas
 Por medio de procesos térmicos para urbanización (Plantas termosolares)
 Por medio de lagunas saladas.

CONVERSIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR EN ELECTRICIDAD.



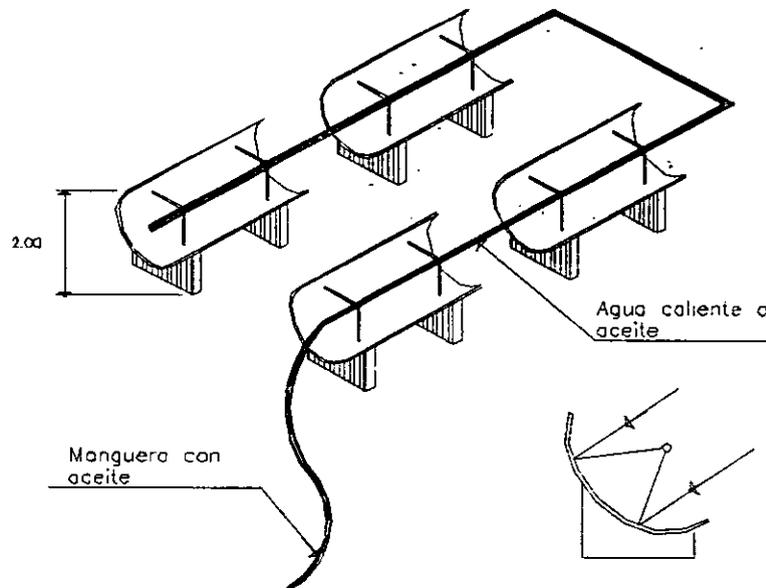
Una fotocelda consiste en placas de silicio, sulfato de cadmio o galio en estado puro, alternadas con capas de aislamiento en donde los electrones se desprenden provocando una corriente eléctrica cuando estas placas se exponen al sol, el inconveniente está en que son muy costosas por que los elementos con los que se fabrican no se encuentran puros en la naturaleza y el proceso de purificación es muy complicado y costoso, además de que la emisión de energía es mínima, actualmente el costo de la energía fotovoltaica oscila entre 4 y 5 dólares el watt, y un metro cuadrado de fotocelda sólo sirve para encender un foco de 30 o 40 W, como en el caso de la Casa Ecológica Autosuficiente en el parque Loreto y Peña Pobre en Tlalpan, y una lámina llega a costar hasta \$400 USD que al tipo de cambio a \$10.00 el dólar, estamos hablando de \$4,000 que significa mucho dinero para una placa de fotocelda. Una casa tiene aproximadamente 40 focos de 60 W, así que necesitaríamos aproximadamente entre 40 y 50 metros cuadrados de fotoceldas por 4,000 pesos el mero cuadrado = 1,600,000 -2,000,000 de pesos sin tomar en cuenta aparatos eléctricos.

Las fotoceldas fueron descubiertas en los años 40's cuando ciertos materiales expuestos al sol experimentaban el desprendimiento de electrones. Otra desventaja es de que las fotoceldas otorgan corriente directa y la que se emplea en las casas y edificios es corriente alterna por lo que es requisito de un alternador y de un acumulador para el almacenamiento de la energía generada.

Aún así a hay lugares en donde se emplea la energía fotovoltaica, como en el rescate ecológico de Xochimilco en el alumbrado de los campos deportivos y del estacionamiento público, así como también del estacionamiento para socios del Club Campestre Ecológico Asturiano, en Atatahucan, Morelos, en donde se dan 3 horas de alumbrado durante la finalización de labores y recreaciones.

En la Planta de Energía Solar de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Temixco, Morelos se están estudiando los principios de conservación térmica y ecológica en climas cálidos en donde tiene mucho que ver el diseño de las construcciones para ganar temperatura o para refrescar las habitaciones.

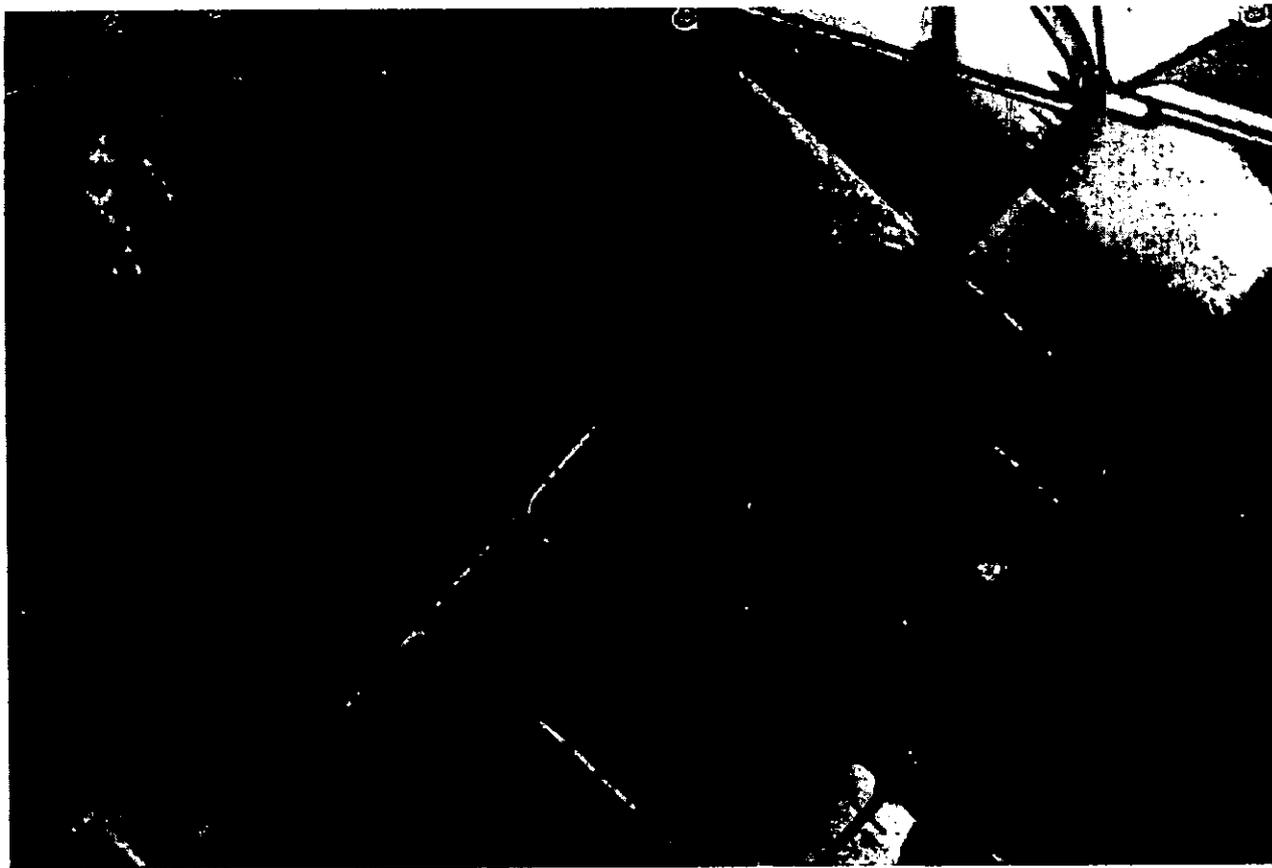
LA ELECTRICIDAD TAMBIEN SE PUEDE DAR POR MEDIO DE COLECTORES CONCENTRADORES



Se calientan el agua a grandes temperaturas generando vapor que mueve unas turbinas conectadas a unos generadores que están produciendo electricidad. La propia Universidad cuenta con una planta de energía solar en el Vivero alto de Ciudad Universitaria, hoy esta planta se encuentra abandonada. Funcionaba con aceite que circulaba por unos tubos localizados en los focos de los concentradores parabólicos, en donde la energía del sol era reflejada y concentrada incrementando considerablemente la temperatura del aceite haciéndolo hervir para que moviera un émbolo produciendo electricidad equivalente para abastecer a la Torre de Rectoría y para la Facultad de Arquitectura.

En el desierto de Mohave, en Estados Unidos hay aproximadamente 200 Ha. de una planta que bien podríamos llamar Heliotérmica que está produciendo electricidad a precios bastante competitivos.

El sistema es convencional aunque el calentamiento es producido por el sol; el agua está en recirculación en un circuito cerrado, el agua que se emplea puede ser para siempre a menos que no sea agua dura.

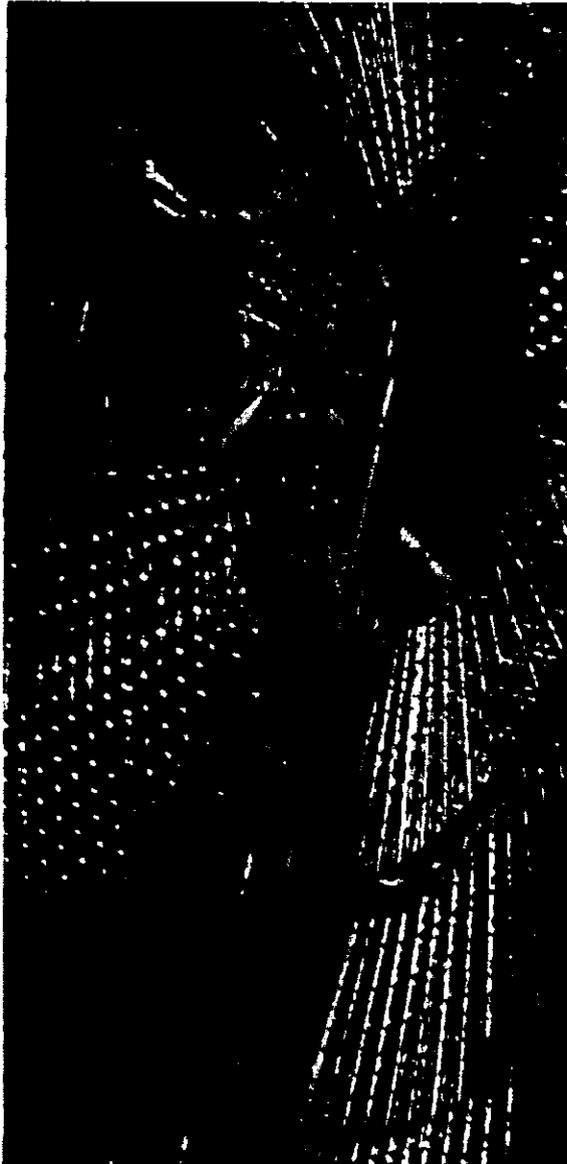


HACEN SAL CON EL SOL.

Las grandes salinas de la Leslie Salt Company de San Francisco, dejan un residuo de 10 cm. De cristales de sal al año, por la evaporación del agua de mar. Es un proceso menos económico que las minas de sal; sin embargo, en Estados Unidos se produce así un millón de toneladas al año.

**La luz del sol:
Enorme pero inconstante
fuente de energía.**

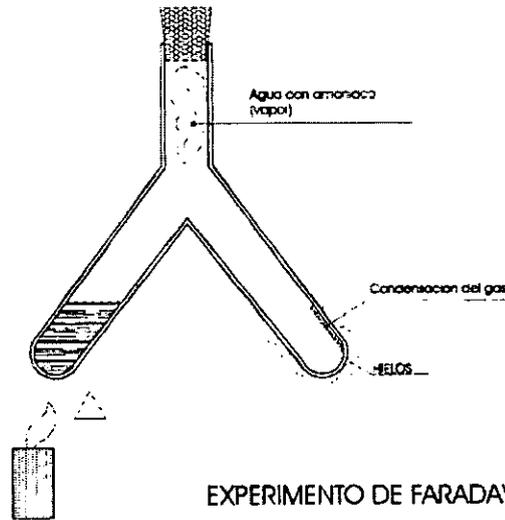
Al agotarse los combustibles fósiles, crece el interés por una de las fuentes de energía que mas a mano tenemos: la luz solar. Nos llega en cantidades tales, que en sólo dos días, los Estados Unidos reciben tanta energía solar como el total de reservas de combustibles fósiles. Pero aprovecharla es lo difícil. Como nos llega muy difusa, su único aprovechamiento directo es para evaporación (arriba). Para transformarla en energía eficaz debe ser reunida y concentrada, como en el horno solar de la página siguiente, un proceso muy caro. La aplicación industrial de la energía solar está muy lejana, pero en pequeña escala se le usa venturosamente. Los satélites espaciales llevan consigo baterías solares muy compactas, amén de que en el mercado hay ya muchos artefactos accionados exclusivamente por el sol.



ARDIENTE HORNO FRANCES.

Los técnicos ajustan algunos de los 3,500 espejos del horno solar de Mount-Louis en los Pirineos franceses. Al concentrar la luz solar, el horno enfoca el calor en un área pequeña y produce temperaturas de 3,000 °C.; es muy valioso para investigar las temperaturas muy altas.

REFRIGERACIÓN SOLAR.



EXPERIMENTO DE FARADAY

tropicales en donde el alimento se descompone rápidamente, un refrigerador solar abarataría la vida de la humanidad¹

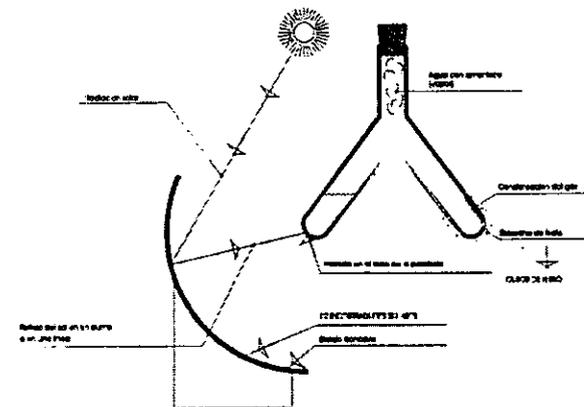
Actualmente hay dos maneras de utilizar la energía solar para refrescar el ambiente. Se puede usar una bomba de calor como calentador auxiliar. Ésta puede aumentar la energía captada durante el invierno y funcionar con fines de refrigeración durante los meses de verano. Otra posibilidad son los enfriadores de absorción. Operan directamente con el tanque de almacenamiento de energía solar.

Hace más de 100 años el científico inglés Michael Faraday experimentó en probetas durante la Revolución Industrial, experimentando con un tubo de vidrio y velas, estas tubos de vidrio o probetas tenían la forma de una "Y" invertida, en donde de un lado colocaba agua con amoníaco que ponía a calentar con velas (luego tapaba la probeta para que no se escaparan los vapores que se pudiesen generar, y del otro lado de la probeta obtuvo la condensación del gas, y como consecuencia de esta condensación obtuvo la formación de hielos en la superficie exterior de la probeta. Es el antecedente inmediato del hecho de que por medio de calor se pueden obtener cubos de hielo.

Ahora si en lugar de emplear velas se utiliza un colector solar concentrador y en lugar de agua con amoníaco se utilizan los gases empleados en los refrigeradores domésticos e industriales, conocido con el nombre de gas FREON que en los sistemas convencionales se comprime y genera calor que es expulsado por la rejilla posterior del refrigerador, al descomprimirse se enfría y es entonces cuando se hace circular por el serpentín del refrigerador.

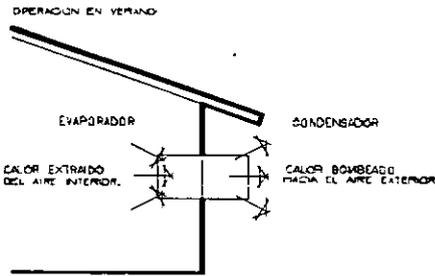
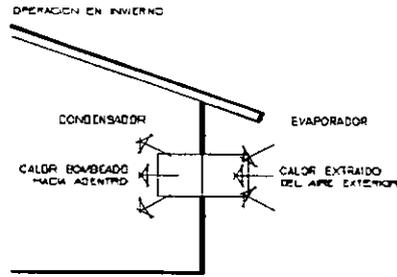
Si nosotros colocamos los hielos en una malla y se sopla a través de ella, del otro lado de la malla se obtiene aire refrigerado provocado por la escarcha de hielo.

Erick Farber, por medio de colectores solares planos produjo hielos teniendo al sol como una fuente de calor; en el sistema solar primero se expande el gas y luego se comprime, a la inversa del método habitual. En los lugares



¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas del Arq. Simón Balí Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura de La UNAM.

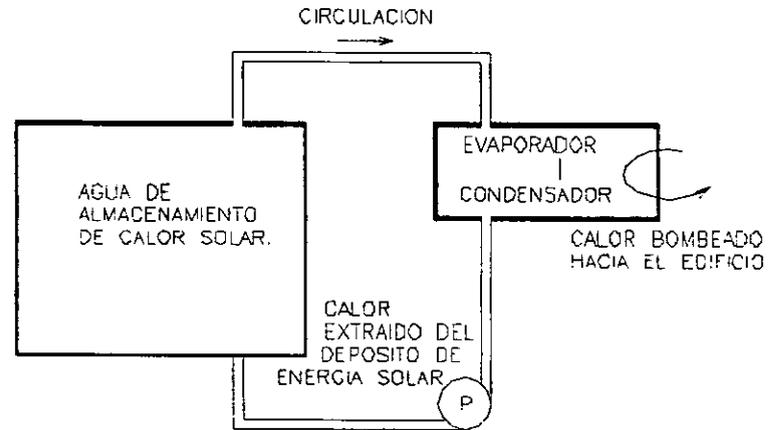
LA BOMBA DE CALOR.



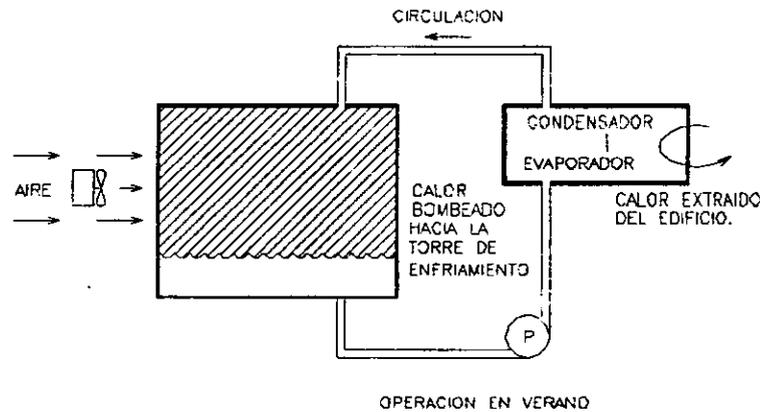
Una bomba de calor es un acondicionar de aire montado al revés. La salida de calor (el condensador se monta en el interior del local. El evaporador se monta hacia el exterior. Extrae calor del aire exterior. En el verano se invierten las posiciones del condensador y el evaporador, con lo cual se extrae el calor del aire interior y se bombea hacia afuera. La bomba de calor logra esta función reversible si se modifica el flujo del refrigerador dentro del sistema. El propietario del edificio debe seleccionar la modalidad correcta de operación de acuerdo con la estación.

En lugares en donde las temperaturas son moderadas, la bomba de calor de aire a aire que se describe proporciona calefacción y refrigeración. La eficiencia se reduce mucho por debajo de los -6.6°C . Estas bombas de calor proporcionan alrededor de 2 a 2.5 unidades de energía por cada unidad consumida en su operación. Reducen el costo de electricidad por lo menos a la mitad si se compara con la calefacción por resistencia eléctrica. Hay también bombas de calor líquido a aire.

El calor se extrae o se agrega a un depósito de agua. Los tanques de almacenamiento de energía solar son una fuente excelente para extraer calor, mientras que las torres de enfriamiento son óptimas para eliminarlo. Las bombas de calor líquido a aire son más eficientes. Operan con una eficiencia del 300 al 350 por ciento y reducen el consumo de electricidad entre un 67 y un 72 por ciento.



OPERACION EN INVIERNO



ENFRIADORES DE ABSORCIÓN.

Estos son un tipo diferente de acondicionadores de aire. Se pueden operar directamente del depósito de energía solar para lograr enfriamiento. Utilizan un refrigerante dual, pero no se pueden usar para calefacción auxiliar durante el invierno.

El empleo de los enfriadores de absorción se limita por ahora a los climas muy cálidos. Para operar eficientemente estos enfriadores, se requiere agua a una temperatura aproximada de 85° C. La mayoría de las unidades de almacenamiento de energía solar están diseñadas para operar a temperaturas de 100° F (37.7°C) a 200° F (93.3°C), de manera que solo se pueden usar los 15° de arriba para enfriar por absorción.²

² Montgomery, Richard H.; Budnick, Jim.

"Energía Solar" Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992. 5-8 a 5-10 pp. ill.

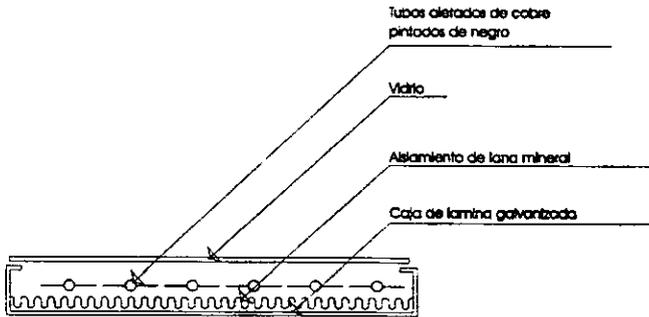
Capítulo

EL COLECTOR SOLAR.

“Cuando él, sea cual fuere de los dioses, hubo dispuesto ordenadamente de este modo y resuelto aquella masa caótica, y la hubo reducido, resuelta de este modo, a partes cósmicas, empezó moldeando la Tierra como una bola poderosa para que su forma fuera la misma por todos lados... Y para que ninguna región careciera de sus formas propias de vida animada, las estrellas y las formas divinas ocuparon el suelo del cielo, el mar correspondió a los peces relucientes para que fuera su hogar, la Tierra recibió a los animales y el aire móvil a los pájaros. Luego nació el Hombre: ... todos los animales van con la cabeza baja y fijan su mirada en el suelo, pero él dió al Hombre un rostro levantado y le ordenó que estuviera erecto y que elevara sus ojos al cielo.”

OVIDIO, *Metamorfosis*, siglo primero.

EL COLECTOR



El colector plano consiste en láminas, tubos negros cubiertos con vidrio arriba y aislamiento abajo para el calentamiento de agua y aire con temperaturas de hasta 50°C, trabajan por medio del efecto invernadero, son de fácil aplicación en el diseño arquitectónico, con temperaturas regulares y muy económicos en comparación con los sistemas fotovoltaicos..

El vidrio y/o el plástico deben ser lo mas transparentes posible para permitir el paso de la onda corta e impedir el escape de la onda larga y así poder producir el efecto invernadero.

En el efecto invernadero de los colectores, la radiación corta del sol penetra el vidrio y al rebotar en forma de onda larga queda atrapada en la caja del colector por medio del vidrio o el plástico.

El colector parabólico o concentrador. Son espejos hechos con fibra de vidrio o acrílico recubiertos con plástico Mylar que enfocan el calor del rayo del sol en un punto o en un eje por donde puede pasar un tubo que conduce agua o aceite. Alcanzan grandes temperaturas de hasta 1,200 °C, son muy costosos, requieren de un sistema que les permita seguir al sol durante el día y durante todo el año, calientan agua, aceite y otros fluidos; son de difícil aplicación al diseño arquitectónico, son empleados mas bien para proyectos de urbanización.¹

El sol puede proporcionar una cantidad enorme de energía. En diversos artículos publicados se ha afirmado que si se pudiera captar toda la energía solar que se recibe únicamente en un cuatro por ciento del área que ocupan los Estados Unidos, se podría satisfacer todas las necesidades de energía estimadas para finales de siglo. El cuatro por ciento del área no es gran cosa. Se necesita casi el 15% para producir nuestro alimento, o sea casi cuatro veces el área capaz de producir la energía que se necesita. Desdichadamente, la energía del sol no cae por igual en todas las áreas del país y todavía no se han desarrollado plenamente los dispositivos adecuados para aprovechar la energía solar en gran escala. No obstante, la energía solar se

¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas del Arq. Simón Bali Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

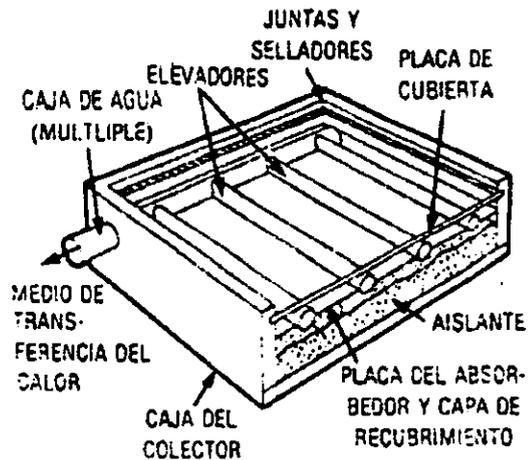
puede captar en forma eficiente para satisfacer las necesidades individuales tales como calentar el agua, proporcionar calefacción y refrescar el ambiente. La energía está aún dispersa; pero el dispositivo llamado colector solar la puede concentrar de manera que proporcione calor utilizable. Un medio de transferencia, ya sea el aire o algún fluido, puede transportar el calor desde el colector hasta el lugar en que se va a usar. Obviamente, un buen colector es un componente clave del sistema de energía solar. Toda decisión respecto al tipo de colector que va a usar influirá en el valor de la inversión.

TIPOS DE COLECTORES SOLARES.

Un colector solar es un dispositivo que sirve para captar la radiación (energía) solar y convertirla en un calor utilizable. Actualmente hay varios tipos de colectores en uso. Los tres tipos más comúnmente usados son el colector de placa plana, el colector de tubo evacuado y el colector concentrador o seguidor. Debido a ciertas ventajas de costo y rendimiento, el colector de placa plana es el caballito de batalla de la industria de la energía solar. Se ha usado con éxito durante muchos años y en mayor número de sistemas que cualquier otro colector. Actualmente más de 175 empresas fabrican diversos tipos de colectores planos. En cambio los colectores de tubo evacuado y los concentradores han tenido uso limitado. Hasta hace poco, un número reducido de fabricantes hizo factible comercialmente la tecnología necesaria. De modo general, estos colectores no tendrán aplicación tan amplia que tienen los colectores de placa lisa o planos.

Los colectores planos o de placa plana.

El colector plano tiene una construcción muy elemental y su operación se puede fácilmente entender. Convierte la radiación solar en calor, en una superficie plana colocada dentro de una simple caja. Se puede instalar rígidamente en la azotea o en el patio. No requiere tecnología especial, superficies reflectoras ni lentes y tampoco mecanismos para variar su ángulo en relación con la posición del sol.



Un colector plano típico.

Tiene siete partes principales que son:

1. - Cubierta de vidrio.
2. - capa absorbente.
3. - placa de absorción.
4. - conductos para que circule el medio de transferencia.
5. - aislamiento.
6. - una caja para el colector
7. - juntas y selladores.

La cubierta es una lámina de vidrio o plástico transparente colocada sobre la capa de absorción. Crea un espacio en el colector. Los rayos del sol pueden atravesar el vidrio y son transformados en energía calorífica en la placa de absorción. La cubierta disminuye la cantidad de

energía que escapa por el frente del colector. En algunos diseños se pone un vidrio doble o triple, como protección adicional contra las pérdidas de calor.

La placa de absorción recoge la energía calorífica transmitida a través de la cubierta. Lleva una capa de absorción de color negro para incrementar su capacidad de absorber energía sin reflejarla. Tiene también conductos por los cuales puede circular el medio de transferencia, sea aire o algún fluido, para llevar el calor hasta el depósito. Estos conductos incluyen cabezales y elevadores. Los cabezales de circulación son conductos principales o múltiples a través de los cuales el medio de transferencia entra al colector y sale de él. Se colocan en las partes superiores e inferiores del colector o a los lados de éste. Los elevadores son ductos o tubos que distribuyen el medio de transferencia por la superficie del colector. Están conectados a los múltiples y guardan distancias iguales entre uno y otro extremo.

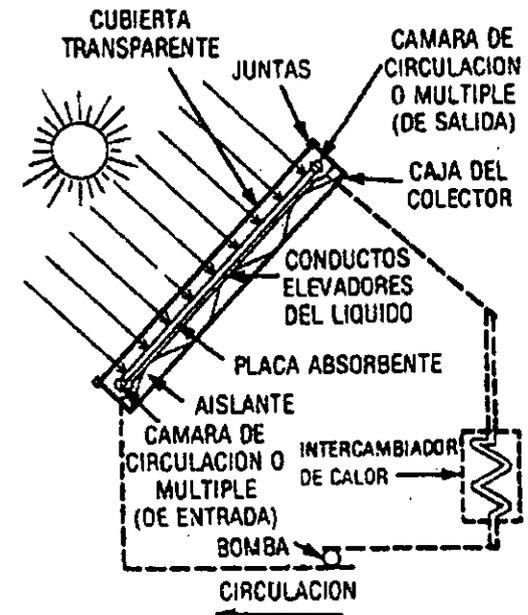
Los materiales aisladores se introducen detrás de la placa de absorción y alrededor del perímetro de la misma. Impiden la pérdida de calor por detrás y por los lados del colector.

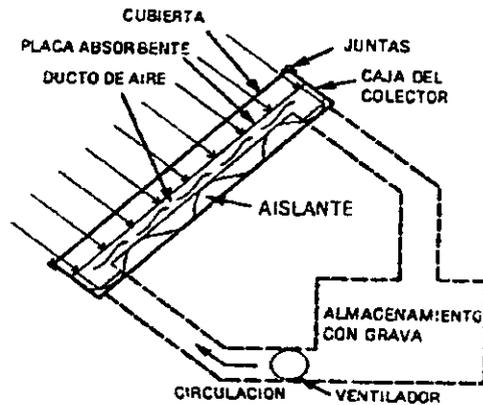
Todos los componentes del colector plano están colocados en una caja hermética. Esta caja del colector impide que la humedad, la suciedad, el polvo y el aire penetren por el colector y disminuyan su rendimiento. Se emplean selladores o juntas de silicón para fijar la cubierta de vidrio a la caja. Sirven para impedir el paso a los contaminantes, pero permiten que se retire la cubierta con facilidad en caso de reparaciones.

Los colectores planos se clasifican según el tipo de fluido de transferencia que usa con ellos. Los colectores del tipo líquido utilizan precisamente un líquido como medio de transferencia del calor. El líquido puede ser agua, fluido de silicón o algún otro fluido como puede ser aceite. Los colectores del tipo de aire emplean aire como medio de transferencia.

En esta figura se puede ver un corte transversal del colector plano del tipo líquido, con los componentes básicos del colector y su circuito. Este tipo de colector es el que más comúnmente se usa en los sistemas que proporcionan agua caliente y calefacción. Comparado con el de tipo de aire ofrece ciertas ventajas en cuanto a almacenamiento del calor y distribución del mismo, tanto en las nuevas construcciones como en las existentes.

El funcionamiento de un colector plano del tipo de líquido es muy sencillo. La radiación solar atraviesa la cubierta de vidrio y cae sobre la capa que cubre la placa de absorción. La capa permite que se absorba la radiación y la convierta en calor utilizable. A su vez, este calor es absorbido por el medio de transferencia en los conductos de fluido de la placa. Una bomba, conectada en el circuito del colector, hace circular el fluido calentado hasta un transmisor térmico. Este transmisor forma parte de un circuito secundario de bombeo que toma el calor conducido por el fluido y lo transmite a un tanque que así líquido calentador de ambiente o a un tanque precalentador de agua. Así, el fluido calentador se puede retirar del colector para ser substituido con líquido más frío.





Corte transversal de un colector plano del tipo de aire. Se indican los componentes básicos del colector y su circuito.

Aquí se muestra un corte transversal de un colector plano del de tipo de aire. Se pueden ver los componentes básicos del colector y su circuito. Este tipo de colector se usa más comúnmente en los sistemas de energía solar que proporcionan únicamente calefacción y refrigeración. Su empleo para calentar el agua es limitado.

La operación del colector plano del tipo del de aire es similar al de tipo del de líquido. Sin embargo, el aire tiene menos capacidad térmica que el agua o los otros fluidos de transferencia. Se requieren alrededor de 3500 pies cúbicos (99.30 m^3 , $99,304,188 \text{ cm}^3$, $99,304.188 \text{ dm}^3$) de aire para transportar igual cantidad de calor que un pie cúbico ($0.028.30 \text{ m}^3$, $28,372.6 \text{ cm}^3$, 28.37 dm^3) de agua. Como resultado, el colector de tipo de aire es por lo general mucho más voluminoso que un colector de tipo líquido de igual capacidad. Las placas de absorción son más grandes; los conductos angostos para fluido se sustituyen por ductos para aire mucho más grande; La superficie interior de la placa de absorción tiene que ser rugosa y se le adaptan aletas u otros dispositivos semejantes para crear turbulencia. El aire no transferirá eficientemente el calor de la placa de absorción si fluye en capas uniformes por debajo de la placa.

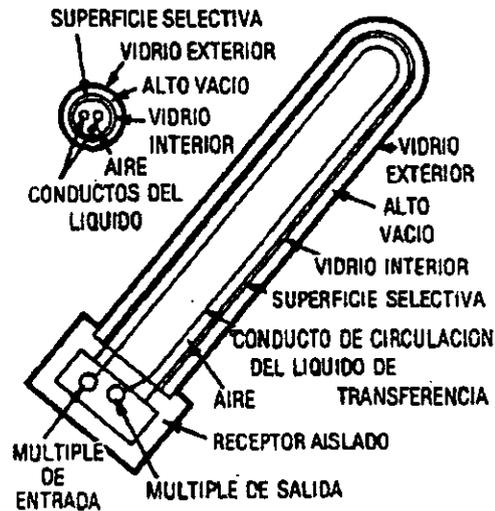
En el caso de los colectores planos del tipo de aire, la bomba del circuito del colector se sustituye con un ventilador y el tanque con el líquido de almacenamiento se sustituye con un lecho de grava mucho más grande. No se emplea un intercambiador de calor entre el circuito del colector y el depósito.

El diseño y el rendimiento de estos dos tipos de colector plano son bien conocidos. A diferencia de otros tipos de colector, éstos recogen los tres tipos de radiación solar: directa, difusa y reflejada. Son particularmente eficientes para calentar el agua y el ambiente. No son tan eficientes como otros colectores a las temperaturas más altas que se requieren, por ejemplo, para refrigeración.

Debidamente construido e instalado, el colector plano es confiable, seguro y duradero con parámetros conocidos de rendimiento. Sin embargo, los diseños varían de uno a otro fabricante. La lista de la derecha hay una relación de los materiales que se están usando para los

COMPONENTES DEL COLECTOR	MATERIALES EMPLEADOS
PLACA DE CUBIERTA	VIDRIO, LAMINADO DE FIBRA DE VIDRIO, HOJAS Y PELICULAS TERMOPLASTICAS
CAPA DE LA PLACA ABSORBENTE	OXIDOS METALICOS SELECTIVOS, PINTURAS NEGRAS NO SELECTIVAS
PLACA ABSORBENTE	COBRE, ALUMINIO, ACERO INOXIDABLE O AL CARBON
CONDUCTOS DEL FLUIDO	TUBO DE ALUMINIO O COBRE, ESPACIOS INTEGRALES EN LA PLACA ABSORBENTE
AISLANTE	FIBRA DE VIDRIO, ESPUMA DE VIDRIO, TERMOPLASTICOS ESPUMOSOS
CAJA	METAL, CONCRETO EN PANAL, LAMINADO DE FIBRA DE VIDRIO, TERMOPLASTICOS EXTRUIDOS
JUNTAS	SILICON, EPDM, BUTILO, ELASTOMEROS PVC
MEDIO DE TRANSFERENCIA DEL CALOR	AIRE, AGUA, FLUIDO DE SILICON, ACEITES HIDROCARBUROS, MEZCLA DE AGUA Y GLICOL

Algunos materiales que se emplean para los componentes del colector.



componentes del colector. Tanto el diseño como los materiales de fabricación pueden influir en el rendimiento.

Colectores de tubo evacuado.

Este tipo de colector emplea el vacío como aislador contra pérdida de calor y para impedir que la capa de absorción se deteriore. El colector es como un termo invertido colocado sobre un tubo doblado en forma de horquilla y lleno de líquido. El recipiente de vidrio de doble pared lleva una capa absorbadora en sus superficies interiores. La radiación solar atraviesa el vidrio exterior y cae sobre la capa, calentando el aire que contiene el recipiente. A su vez, el aire caliente eleva la temperatura del líquido que está en el tubo. El extremo del recipiente al vacío desemboca en un receptor aislado que contiene el múltiple del colector.

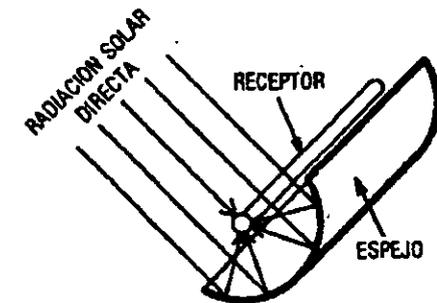
Este diseño en particular emplea tanto aire como líquido para transferir el calor. En otros diseños la construcción es algo diferente, utilizándose únicamente aire o únicamente líquido para hacer la transferencia.

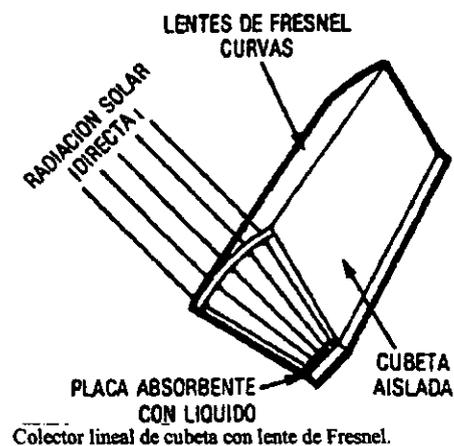
El colector de tubo evacuado recoge la radiación solar directa con mucha eficiencia. Algunos diseños son muy efectivos tanto para la radiación directa como para la difusa. Es de lo más eficiente para aplicaciones de alta temperatura, en que se requiere agua muy caliente para procesos industriales o para operar enfriadores de absorción en los sistemas de refrigeración residencial y comercial. Su eficiencia a bajas temperaturas, por ejemplo, para calentar el agua o para calefacción, no es tan buena como la del colector plano.

Colectores concentradores.

A los colectores concentradores se les llama a veces colectores parabólicos o seguidores. Todos ellos funcionan según el mismo principio general. Uno o más espejos reflejan la radiación solar y la concentran en un área de absorción muy reducida. Hay muchos tipos de colector concentrador. La mayoría requieren de dispositivos mecánicos para variar la posición y seguir al sol en su recorrido a través del cielo; algunos requieren lentes ópticas especiales para concentrar la energía solar.

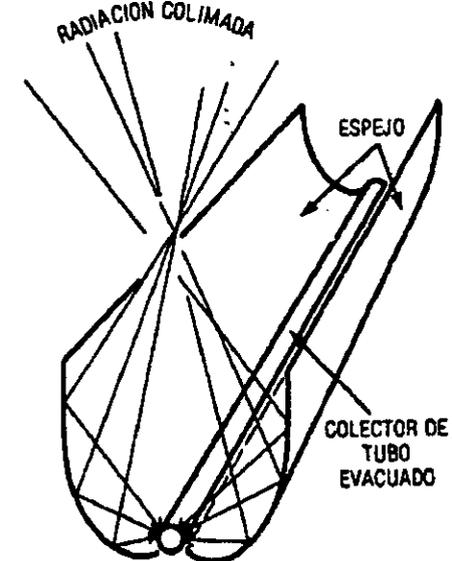
A la derecha se muestra un colector concentrador lineal. Capta la radiación solar reflejándola, mediante un gran espejo curvo, sobre un receptor que contiene el fluido de transferencia. Este tipo de colector concentrador tiene que seguir al sol y sólo puede recoger la radiación directa con el cielo despejado.





Esta otra figura (a la izquierda) muestra un colector línea de cubeta con lente de Fresnel. La radiación solar que atraviesa a la lente se desvía de manera que incida sobre una pequeña placa de absorción colocada en el fondo de una cubeta y que tienen un líquido de transferencia. También en este caso se requiere un mecanismo de seguimiento y sólo se puede captar la radiación directa con cielo despejado.

A la derecha se muestra un colector compuesto, de espejos parabólicos. Esta forma especial de espejo la diseñó el Dr. Roland Winston, físico del Argonne National Laboratory. Este tipo de espejo tiene la propiedad de que capta la radiación solar tanto directa como difusa sin necesidad de seguir al sol. Puede ser necesario hacer algunos cambios periódicos en el ángulo de inclinación. En el colector que aparece en la figura, se han combinado dos espejos parabólicos compuestos con un tubo al vacío, a fin de constituir un colector concentrador "fijo". No todo el espejo está enfocado en un momento dado y la radiación se puede captar desde muchas direcciones.



Colector parabólico compuesto, con espejos parabólicos. Este diseño utiliza dos espejos especiales y un tubo al vacío.

Se han desarrollado muchos otros tipos de colector concentrador. Al igual que los tres presentados, en su mayoría resultan muy prometedores para los sistemas de energía solar del tipo industrial. Todos son capaces de producir temperaturas sumamente elevadas con buena eficiencia. Su costo y complejidad excluyen su empleo en aplicaciones de calefacción residencial. Por otra parte, en su mayoría sólo pueden captar la radiación con cielo despejado, situación poco frecuente en las áreas en que más se necesita la calefacción. Pero permiten captar energía a temperaturas elevadas para refrigeración y para calentar el agua destinada a procesos industriales.

EL COLECTOR PLANO.

El colector plano está diseñado para suministrar energía a temperaturas de hasta de 65.5°C aproximadamente sobre la temperatura exterior (ambiental). Sus temperaturas máximas de operación en condiciones de flujo son del orden de 65.5°C a $<100^{\circ}\text{C}$. Capta la radiación directa, la difusa y la reflejada, no tiene que estar orientado directamente hacia el sol a todas horas y requiere un mantenimiento mínimo a lo largo de su vida útil. Correctamente diseñado y construido, el colector plano puede durar de 20 a 25 años o más, dependiendo del diseño. El costo de la energía suministrada por un colector plano depende de su rendimiento térmico, su costo instalado y su vida útil efectiva.

El rendimiento de los colectores planos se conoce bien y se puede predecir. Por lo general, el rendimiento o eficiencia del colector se mide como la razón entre la energía útil y la energía que incide sobre el colector (energía disponible). Expresada como una fórmula:

$$\frac{\text{Energía Captada.}}{\text{Energía disponible.}} \times 100 = \% \text{ de eficiencia del colector.}$$

Tres factores principales influyen en la eficiencia del colector plano:

1. - La razón a la cual se extrae el calor del colector. Se representa con "F_R".
2. - Las pérdidas de calor en el colector. Se indica con "U_L".
3. - La cantidad de energía transmitida a través de la cubierta y absorbida por la placa. Se representa con "α".

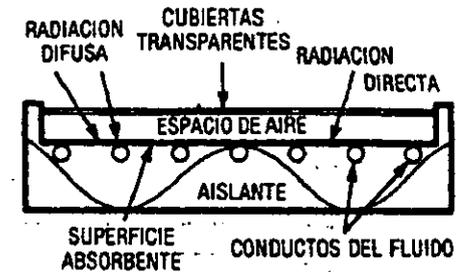
Si se conocen estos tres factores es posible pronosticar con precisión el rendimiento del colector. Por lo general se establecen y se controlan l diseñar cuatro partes principales del colector:

1. - Las cubiertas transparentes.
2. - La capa que cubre a la placa de absorción (superficie de absorción)
3. - La placa de absorción.
4. - El aislamiento del colector.

Las cubiertas transparentes.

La superficie debe de absorber la energía que incide sobre una superficie transparente a través de la superficie. Expuesto de otro modo:

$$\boxed{\text{Energía total}} = \boxed{\text{Energía absorbida}} + \boxed{\text{Energía reflejada}} + \boxed{\text{Energía transmitida.}}$$



Corte transversal de un colector plano básico.

Que la energía sea absorbida, reflejada o transmitida dependerá de:

- La longitud de onda de la energía o sea la longitud de cada pulso.
- El ángulo de incidencia, o sea el ángulo con el cual cae sobre la superficie.
- El índice de refracción del material, medida relativa que indica que tanto se desviarán los rayos de energía al atravesar el material.
- El índice de absorción del material, medida relativa que indica cuanta energía absorberá la superficie.

Una buena cubierta de vidrio del colector debe transmitir la cantidad máxima de energía solar, transmitirla cualquiera que sea su ángulo de incidencia y no desviarla de manera que no pueda llegar a la placa de absorción; pero al mismo tiempo debe reflejar la cantidad máxima de energía calorífica que pudiera emitir la placa de absorción. Como esta energía calorífica tiene una longitud de onda diferente a la de la radiación solar, esto se puede lograr con el mismo material, sin perturbar la transmisión de la energía solar.

Al mismo tiempo un buen vidrio sobre el colector no debe presentar una superficie reflectora o que pueda absorber gran cantidad de energía. Para fines de captación, la energía reflejada por la cara exterior del vidrio se habrá perdido, y lo mismo se puede decir de la energía absorbida por el vidrio, lo cual ayudará un tanto a conservar las temperaturas dentro del colector.

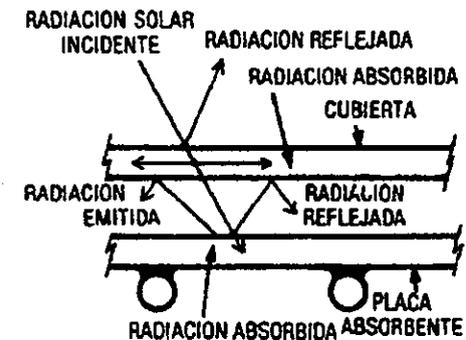
En la figura de la derecha se muestran los caminos que sigue la radiación en un colector.

El sol emite radiación de onda corta, con longitudes de onda de 0.2 a 3.0 micras. La energía calorífica que emite la placa de absorción en el interior del colector es radiación de onda larga, con longitudes de onda mayores de 3.0 micras.

Las mejores cubiertas de colector deberán tener las características siguientes:

- Elevada transmitancia de ondas cortas (baja refractancia).
- Baja transmitancia de ondas largas (elevada refractancia).
- Baja absorción a cualquier longitud de onda.
- Excelente resistencia al clima y larga duración.

A continuación se comparan los diversos materiales empleados para la cubierta del colector.



Tipo de cubierta	Porcentaje de Transmitancia de energía solar (onda corta).	Porcentaje de Transmitancia infrarroja (onda larga).	Índice de refracción	Durabilidad y resistencia al clima
Vidrio blanco	91.5	2	1.50	Excelente.
Vidrio templado con bajo contenido de hierro.	87.5	2	1.51	Excelente.
Láminas de vidrio con bajo contenido de hierro.	87.5	2	1.51	Excelente.
Vidrio flotado y templado.	84.3	2	1.52	Excelente.
Fibra de vidrio.	77 a 87	0.1 a 0.3	1.54	Aceptable a bueno.
Láminas acrílicas.	80 a 90	2	1.49	Regular a bueno.
Láminas de policarbonatos.	73 a 84	2	1.59	Deficiente bueno.
Teflón FEP.	90 a 92	25 a 26	1.34	Aceptable a bueno.
Película de poliéster.	80 a 87	20 a 21	1.64 a 1.67	Aceptable a bueno.

El vidrio templado con bajo contenido de hierro combina bien la economía con el rendimiento.

De los nueve materiales que figuran en la lista, seis resultan muy satisfactorios. Tres parecen tener inconvenientes que habrá que examinar con detenimiento. Las películas de poliéster empleadas anteriormente parecían resistir mal el clima pero descubrimientos recientes han demostrado su resistencia. El poliéster tiene elevada transmitancia al infrarrojo (baja reflectancia). Las láminas de policarbonatos parecen transmitir mal la energía solar. El teflón FEP parece tener elevada transmitancia al infrarrojo.

Para hacer la elección final hay que tener en cuenta las propiedades físicas y mecánicas lo mismo que el costo. La resistencia a la tensión a la rotura a la flexión y al impacto debe ser adecuada. El costo por metro cuadrado influye significativamente en el costo inicial instalado.

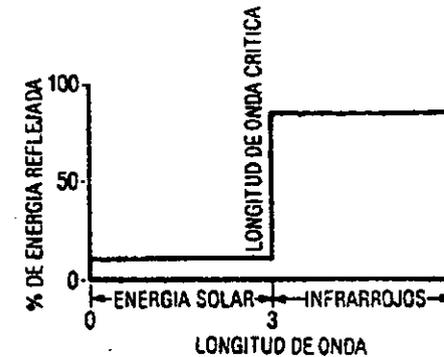
Absorbedores.

La placa de absorción del colector es la parte que recoge la energía transmitida a través de la cubierta de vidrio. Deber ser capaz de recoger y retener esa energía y estar construida en forma tal que el medio de transferencia al calor pueda tomarla en modo eficiente. Obviamente la capa que cubre la placa de absorción y la configuración del flujo en la placa son sumamente importante para la efectividad del colector.

CAPAS DE ABSORCIÓN.- La superficie de la placa de absorción se cubre con una capa para mejorar su capacidad de captación y retención de energía. Se emplean dos tipos generales de recubrimientos: superficies selectivas y superficies no selectivas. Las superficies selectivas absorben la mayor parte de la luz solar que incide sobre de ellas y emiten muy poca radiación térmica. También las no selectivas absorben la mayor parte de la luz solar pero emiten una gran cantidad de radiación térmica.

Las superficies selectivas se definen normalmente en términos de energía por longitudes de onda. La superficie absorberá una gran cantidad de energía solar de onda corta y emitirá muy poca energía calórica (infrarroja) de onda larga. La figura de la derecha muestra el comportamiento de una superficie selectiva ideal. Reflejaría menos del cinco por ciento; pero en la banda del infrarrojo la mayor parte de la energía sería reflejada.

No existen las superficies ideales. Las realmente selectivas no tienen una longitud de onda crítica bien definida, ni tienen propiedades uniformes en las bandas de onda larga y onda corta. De manera que los valores de emisión responden más bien por lo general a las temperaturas de la placa de absorción que a las longitudes de onda de energía.



Características de rendimiento hipotéticas de una superficie selectiva ideal

CAPA ABSORBEDORA DE ENERGIA SOLAR
CROMO NEGRO GALVANIZADO



REFLECTOR DE CALOR
NIQUEL PULIMENTADO
PLACA DE ABSORCIÓN
COBRE
ALUMINIO
O ACERO

Si se aplican recubrimientos con elevada absorción para la energía solar y elevada transmitancia de radiación infrarroja a placas de absorción cuya emisión sea baja el resultado será una captación eficiente con poca re-radiación. La baja emisión de ondas largas se obtiene normalmente renunciando a alguna absorción de energía solar. Se busca un equilibrio eficiente entre las dos propiedades. También se deben considerar cuidadosamente el costo y la vida útil de los recubrimientos.

Muchos colectores se diseñan con superficies no selectivas por ejemplo con una capa de pintura negra. Son bastante eficientes. La superficie selectiva no es requisito esencial para fabricar un buen colector pero mejora la eficiencia con respecto a la de las superficies no selectivas. La figura de la izquierda muestra

un tipo muy usado de superficie selectiva. Parece que su duración es excelente en los sistemas de energía solar.

La placa de absorción se baña primero con un metal; níquel por ejemplo. Esto protege contra la corrosión y disminuye la emisividad. El níquel se recubre luego por galvanoplastia con negro de cromo. Esto produce una capa de absorción de alto índice para las longitudes de onda de la radiación solar pero que es transparente al infrarrojo. Este recubrimiento depositado con un espesor correcto dará de 95 a 96% de absorción y de 9 a 12 por ciento de emisión. Su temperatura de descomposición excede los 426.6° C y parece que la humedad no le afecta.

En cambio la superficie no selectiva cubierta con pintura negra tendrá una absorción del orden del 97%; pero su emisividad será también del 97%. Se están produciendo pinturas selectivas, una de las cuales según se informa, ofrece 90% de absorción y sólo 30% de emisividad.

No hay que preocuparse demasiado por los valores y relaciones de emisividad/absorción. La curva de rendimiento térmico del colector indicará su eficiencia térmica general incluyendo la capa de recubrimiento. En cambio habrá que preocuparse bastante por la duración de ésta última, de acuerdo con el diseño del colector que se elija.

PLACAS DE ABSORCIÓN.

La placa de absorción puede ser de cualquier metal plástico de caucho o metal capaz de absorber la radiación solar. Debe tener conductos para que circule el líquido o el aire que extraerá el calor captado.

Se han encontrado que las capas de metal son las más prácticas para calentar los edificios y el agua por medio de la energía solar. Se usan casi universalmente en los colectores planos cuando se trata de temperaturas medias.

En los colectores de buena calidad se emplea cobre, aluminio, acero al carbón acero inoxidable o una combinación de ellos. Cada uno de estos metales tiene ventajas y desventajas. Ninguno supera a los demás cuando se considera todos los factores relativos al rendimiento su vida útil economía y peso.

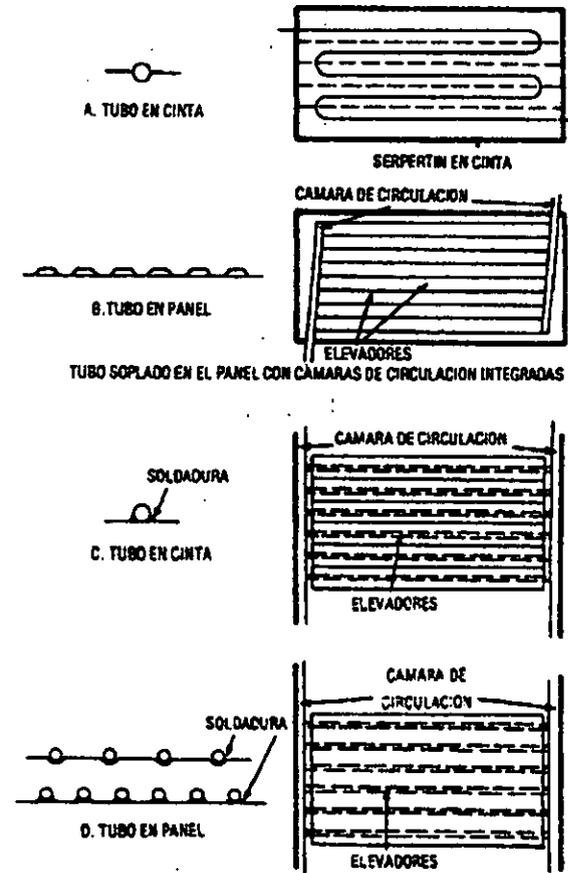
La placa de absorción desempeña diversas funciones dentro del colector:

- Capta y emite la radiación solar.
- Transmite a un líquido o al aire el calor generado por la radiación solar.
- Cuenta con pasajes o conductos a través de los cuales circula el líquido o el aire por el colector para recoger el calor.

CONFIGURACIONES DE LA PLACA.

En el caso de los colectores planos del tipo del de líquido, la placa de absorción puede tener varias configuraciones confiables, algunos de los tipos más populares figuran los siguientes:

- Tubo en cinta
- Tubo en panel
- Tubo sobre cinta
- Tubo sobre panel
- Panel tipo oblea



- Aleta en el tubo
- Tubos con aletas.

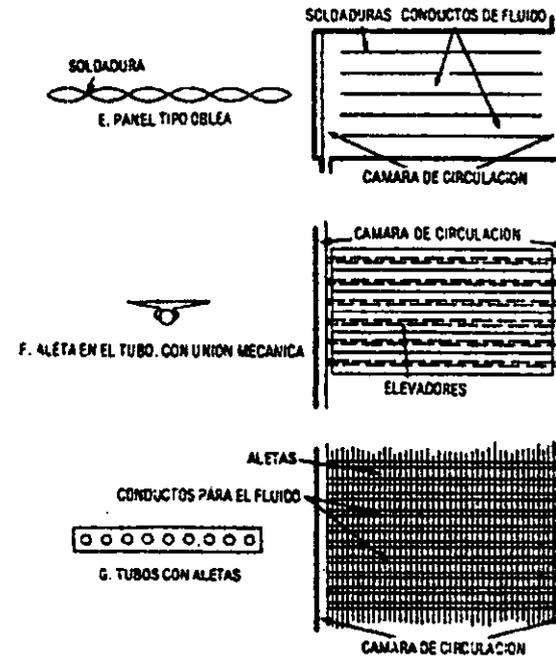
A. Tubo en cinta.- Con este método de producción, se estira una larga cinta metálica que lleva un tubo integrado. Un colector típico puede contener aproximadamente 30.5 metros de tubo y cinta doblados en forma de serpentin, con los bordes de las aletas adyacentes atornillados mecánicamente o soldados entre sí. Esta técnica no se usa mucho. Tiene la desventaja de que los tubos están muy separados y de que sólo hay un conducto que recorre todo el panel. Si llega a atascarse, el líquido dejará de circular. La eficiencia de las aletas tiende a ser baja. El tubo en cinta se puede usar también con elevadores paralelos soldados a los múltiples superior e inferior.

B. Tubo en panel.- En esta configuración se estampa un patrón acanalado en una lámina de cobre o aluminio. Se coloca una segunda lámina sobre la primera y las dos se pasan por un laminador caliente para que se adhieran. Las láminas no se unen donde se puso el estampado. El sándwich recocido se coloca entre dos prensas y se inyecta aire a muy alta presión para inflamar los canales. Este sistema se caracteriza por una gran flexibilidad de circulación. Variando el estampado se puede obtener cualquier configuración y tamaño de tubo para modificar la superficie mojada y la eficiencia de las aletas. El método del tubo en panel es el más popular en el mercado actual. Constantemente se introducen mejoras para aumentar la eficiencia del colector.

C. Tubo sobre cinta.- Con una soldadura de alto punto de fusión se une un tubo de metal a una cinta de absorción. Se sueldan varias cintas a los cabezales inferior y superior para formar un conjunto de elevadores paralelos. El tubo sobre cinta no es muy popular. Para el pequeño taller que pretenda fabricar sus propios paneles de absorción representa una pequeña inversión en equipo automático de soldadura. El panel es satisfactorio.

D. Tubo sobre panel.- La técnica es similar a la del tubo sobre cinta. Es un método popular y comprobado para fabricar placas de absorción. Tiene la ventaja de que, si se desea, se pueden ensamblar previamente los cabezales y los elevadores para probarlos. La placa de absorción puede también ir extendida sobre el cabezal. Con frecuencia la placa recibe previamente la forma de los canales donde entrarán los elevadores y los cabezales. Este parece ser el segundo método más popular actualmente para producir placas de absorción.

E. Panel tipo oblea.- Conocido con muchos nombres y presentando un número infinito de variantes el panel oblea consiste en dos piezas de metal generalmente acero soldadas en varios lugares. La construcción del panel resulta muy fuerte y el área mojada es muy grande (la mayor parte es ocupada por el fluido de transferencia). Es definitivamente una fabricación de alta calidad. Sus desventajas son: el peso del acero su tendencia a oxidarse con facilidad a menos que se proteja la superficie. Los paneles son pesados y su tiempo de respuesta (el que tarda el panel en calentarse o enfriarse) es lento.



Siete de los tipos más populares de placa de absorción.

F. Aleta en tubo.- En este método de producción se fija mecánicamente una aleta separada a los tubos elevadores. No hay unión metálica entre el tubo y la aleta de manera que se pueden presentar deficiencias en la transferencia de calor. Si se producen en un determinado colector el resultado se reflejará en la eficiencia térmica. La aleta y el tubo son por lo general de metales diferentes por ejemplo tubo de cobre y aletas de aluminio. Con este diseño la corrosión galvánica en condiciones de humedad es definitivamente una posibilidad de la cual hay que prevenir. Desde el punto de vista mecánico, el diseño del panel es bueno pese a las diferencias de dilatación que tiene lugar cuando se emplean metales diferentes.

G. Tubos con aletas.- En el diseño de tubos con aletas de aluminio en los elevadores de cobre los que luego se dilatan para establecer una unión mecánica firme. Este diseño representa una aplicación de la tecnología de la calefacción y el acondicionamiento del aire conocido hasta ahora. Es especial en el sentido de que no hay un panel liso de absorción. La radiación solar incide en las aletas las que actúan como trampas reflectoras que captan y retiene energía. Se afirma que esta configuración sufre una pérdida de eficiencia del dos al cuatro por ciento únicamente cuando el recubrimiento superficial se omite deliberadamente con fines de prueba. Esto indica un rendimiento térmico excelente durante la vida útil del dispositivo aunque llegue a producir el deterioro del recubrimiento. No existen antecedentes de que haya problemas de corrosión entre las aletas y los elevadores.

CRITERIOS DE SELECCIÓN.

Antes de elegir el panel de absorción para el colector de energía solar conviene verificar el diseño planteando algunas preguntas clave; por ejemplo:

- ¿Resistirá el panel ciclos de temperatura entre -12°C y más de 204.4°C sin que se aflojen las conexiones mecánicas ni se pierda resistencia a lo largo de las uniones soldadas?
- ¿Tiene el recubrimiento buena adherencia mecánica y es lo suficientemente flexible como para resistir las dilataciones y contracciones de la placa de absorción al experimentar esas diferencias térmicas?
- Si en el panel hay metales diferentes en contacto, ¿qué precauciones se han tomado contra la corrosión y cuántas fallas ha observado el fabricante debidas a esta causa? (Nota: los antecedentes de fallas debidas a la corrosión no indican que el diseño se deba desechar. En los primeros días del aprovechamiento de la energía solar surgieron muchos problemas de corrosión que ya han sido resueltos. Sin embargo se impone un estudio detallado de la corrosión y sus problemas. La cuestión es muy importante.)
- ¿Se ha probado cuidadosamente el recubrimiento de absorción a fallas debidas al calor y la humedad? Muchos recubrimientos no los resisten.
- ¿Está el panel montado en el colector de manera que no se tuerza ni se agriete durante el ciclo térmico? Un panel mal montado al calentarse se puede combar y fundir o destrozar la cubierta de vidrio.

Hay muchos paneles absorbedores de buena calidad para elegir. Es conveniente conocer sus diferencias así como las ventajas y desventajas relativas de cada uno. La vida útil que se espera la eficiencia térmica a lo largo de la vida útil y el costo inicial son factores importantes que se deben tener en cuenta para elegir entre los excelentes diseños disponibles.

El aislamiento.

Para máxima eficacia del colector, debe estar aislado por detrás y por los lados.

Las pérdidas que se producen por detrás son función de la conductividad térmica y el espesor del aislamiento. La temperatura ambiental es normalmente más baja en la parte posterior que en el frente del colector puesto que el respaldo no recibe la radiación solar.

En un colector bien diseñado, en el cual el aislamiento de los lados tiene una valor R equivalente al respaldo, las pérdidas son pequeñas. Se pueden calcular aproximadamente suponiendo que el calor escapa por el área del perímetro.

Entre los requisitos de diseño relativos al aislamiento de un buen colector plano deben figurar los siguientes:

1. - No debe haber deterioro, gasificación ni vaporización a temperaturas de 200° C.
2. - No debe haber deterioros debido a la repetición de los ciclos térmicos entre -34.4° C y 121.1° C
3. - Conductancia térmica inferior a .0488 cal/hr/°C (R = 10 o mejor)
4. - Fabricado de manera que no se desplome, no se vuelva compacto ni se adhiera a un ángulo de 90° y la repetirse los ciclos térmicos y de humedad.
5. - Debe ser hidrofóbico (que no le guste el agua) de manera que no absorba ni retenga el agua.

Hay cuatro tipos básicos de aisladores que se pueden considerar

- Fibra mineral
- Fibra cerámica
- Espuma de vidrio o termoplástica.
- Fibra de vidrio.

Los aisladores de fibra mineral o de cerámica, con excepción de la lana mineral son materiales diseñados generalmente para soportar temperaturas más elevadas que las que suelen encontrarse en los colectores planos. Normalmente no se emplean debido a su costo. La lana mineral es un relleno que pierde las propiedades aisladoras cuando sufre los efectos del ciclo de humedad. Por lo general no se le considera aceptable.

La espuma de uretano y el poliestireno dilatado no tienen buena estabilidad a diferentes temperaturas tienden a producir gasificación y sus características de inflamabilidad son menos que satisfactorias. Su empleo se debe de limitar en los colectores en los cuales quedan completamente encerrados en su propio recipiente, separados de la cubierta y de la placa de absorción. La espuma de vidrio tiene buenas características y por lo general se le considera buen aislante.

En general la fibra de vidrio, de la calidad que suele emplearse en las construcciones no es satisfactoria. Está elaborada con grandes cantidades de aglutinantes fenólicos cuyo límite superior de temperatura es inferior a las temperaturas de estancamiento que se pueden encontrar en los colectores.

Las planchas de fibra de vidrio para altas temperaturas están fabricadas con poco o ningún aglutinante y constituyen un aislador muy satisfactorio. Se fabrica con diferentes densidades de manera que se debe de verificar el factor R del espesor que se va a usar.

La caja del colector.

La caja de un colector bien diseñado desempeña tres funciones:

- Constituye un recipiente hermético para la placa de absorción y los aisladores.
- Permite fijar con firmeza el módulo colector a la estructura (el edificio).
- Es un mecanismo de apoyo hermético y seguro, para la cubierta.

Al igual que las placas de absorción las cajas de colector son de muchos tipos. Se pueden construir de metal de madera, de plástico de concreto y de otros materiales. Los tipos más comunes están fabricados con:

- Aluminio
- Lámina galvanizada.
- Fibra de vidrio laminada.
- Termoplásticos para lata temperatura.
- Madera.
- Concreto en forma de panal de peso ligero.

Los seis materiales resultan satisfactorios si se usan como se debe.

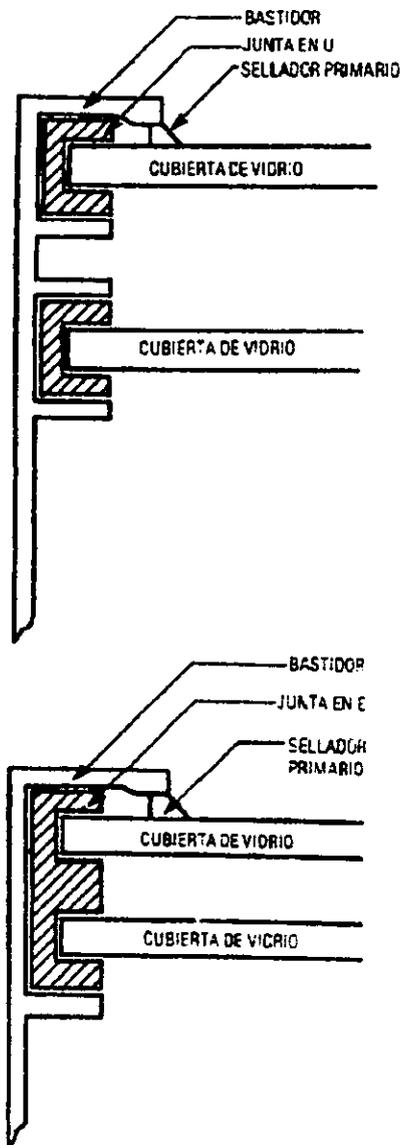
Los puntos de la caja del colector que normalmente causan problemas son los fustes y ensambles de las piezas. Es necesario asegurar sobre todo el respaldo y la cubierta a los lados y recordar, particularmente tratándose de metales, que durante el ciclo térmico se producen dilataciones y contracciones. Hay que tener esto en consideración a la hora de diseñar y ensamblar.

Juntas y selladores.

La parte del colector que causa más molestias es la unión entre la cubierta y la caja. Por lo general, la caja tiene un índice de dilatación diferente de la cubierta. Si fallan los selladores, la humedad penetrará al colector, el vidrio se empañará y el aislante se despegará. Estos problemas pueden reducir notablemente el rendimiento térmico del colector.

Hay muchas maneras de sellar satisfactoriamente la cubierta, aunque ningún método satisface todos los requisitos en todos los casos. Sin embargo, se deben de recordar ciertos principios al diseñar o al examinar las juntas y los selladores del colector, los cuales deben tener las características siguientes:

- Resiste la luz ultravioleta durante muchos años.
- Resiste los efectos de la intemperie durante muchos años.
- No se endurece ni volverse quebradizos.
- Se adhieren perfectamente a todas las superficies.
- Soportan ciclos de temperatura entre -12°C y 204°C .



- Alargarse y contraerse en forma suficiente para soportar las dilataciones y contracciones sin ser destruidos.

Aquí se muestra un método para sellar cubiertas sencillas o dobles. Se emplean juntas en U para absorber las dilataciones y las contracciones y se aplica un sellador primario de intemperie para impedir que penetre la humedad. Se puede usar también una sola junta en E, para doble cubierta. Otro método común consiste en construir unidades de doble cubierta en igual forma que las ventanas de "thermopane". Los vidrios se sellan juntos y luego se montan en una junta en U. También con este sistema se recomienda aplicar un sellador primario para intemperie.

Hay muchos otros diseños prácticos y posibles; pero siempre hay que asegurarse de que los selladores satisfagan los requisitos anteriores.

La elección de juntas y selladores es primordial. Muchos elastómeros no soportarán los efectos de la intemperie ni las temperaturas propias de la aplicación de que se trate. En el caso de las juntas, se ha encontrado que los cauchos EPDM y de silicón son adecuados. El EPDM tiene una resistencia limitada a temperaturas de 148.8 ó 176.6° C, mientras que el silicón tiene un límite mucho más alto. En cuanto a los selladores, la industria ha aceptado casi exclusivamente los silicones. Cuando se emplean selladores de silicón hay que tomar varias precauciones: se debe evitar la adherencia por tres lados; es mejor que la relación entre anchura y la profundidad del reborde sea de 2 a 1, y no se debe de usar un reborde sellador de menos de 1/8 ni de más de 1/2 pulgada. Las bases son necesarias para asegurar la adherencia máxima entre el sellador de silicón y ciertas superficies. Algunas recomendaciones en cuanto a bases y preparación de superficies son las siguientes:

MATERIAL BASE	PREPARACION DE LA SUPERFICIE	IMPRIMADOR QUE SE RECOMIENDA
VIDRIO, SUPERFICIES VIDRIADAS, TEJA	FROTAR CON SOLVENTE ELIMINADOR DE GRASAS	NINGUNO
ALUMINIO ANODIZADO Y PULIDO	FROTAR CON SOLVENTE ELIMINADOR DE GRASAS	DOW CORNING * 1200
ACERO AL CARBON, INOXIDABLE, DETERIORADO ..	FROTAR CON SOLVENTE ELIMINADOR DE GRASAS	DOW CORNING * 1200
PLASTICOS TALES COMO ACRILICO, POLICARBONATO, PVC	FROTAR CON SOLVENTE ELIMINADOR DE GRASAS	DOW CORNING * 1205

* LAS SUPERFICIES DEBERAN ESTAR EN BUEN ESTADO, LIMPIAS, SECAS Y LIBRES DE POLVO, SUCIEDAD, GRASAS Y OTROS MATERIALES QUE PUDIERAN IMPEDIR LA ADHERENCIA.

PROPIEDADES MECANICAS	TIEMPO DE EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE*			
	1 AÑO	2 AÑOS	5 AÑOS	20 AÑOS
DUREZA, PUNTOS DE CAMBIO	+3 a -6	+2 a -6	+8 a -9	+7
RESISTENCIA A LA TENSION, PORCENTAJE DE CAMBIO	+8 a -25	+4 a -22	+22 a -27	-31
ALARGAMIENTO, PORCENTAJE DE CAMBIO	0 a -30	+4 a -28	+14 a -34	-55

*LOS VALORES CORRESPONDIENTES A 20 AÑOS SE REFIEREN A MUESTRAS DE CAUCHO SOMETIDAS A PRUEBA EN FLORIDA; LOS RESULTADOS CORRESPONDIENTES A 1, 2 y 5 AÑOS SE REFIEREN A MUESTRAS PROBADAS EN MICHIGAN.

Los selladores de silicón son muy conocidos como materiales de alta calidad y se han estado usando ampliamente por más de 20 años. Su resistencia a los efectos de la intemperie es excepcional. Esto, unido al hecho de que resisten temperaturas superiores a los 232 °C hace que las juntas y selladores de caucho silicón sean la elección lógica para diseñar colectores confiables y de larga duración.²

² Montgomery, Richard; Budnick, Jim.

"Energía Solar" Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. 1a edición 1992. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México. 10-1 a 10-18 pp. ill
 Romo Zamudio, Carlos Eduardo. Tesis Profesional. Facultad de Arquitectura. UNAM. Anexo Metodológico. Entrevista con Lic. Leopoldo Klachky. Director General de Israsol.
 Antología de Publicaciones. *Colectores solares planos. Publicación del Centro de Investigaciones de Energía Solar.
 Unam. Temixco, Morelos.
 *Ficha técnica de colectores solares. Mca Israsol.

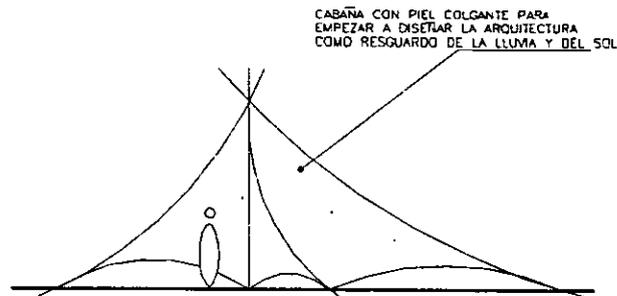
Capítulo 7

HISTORIA DE LAS APLICACIONES

"Pero Aristarco de Samos sacó un libro conteniendo algunas hipótesis, en él calculó las premisas conducían al resultado de que el tamaño del universo es muchas veces superior a lo que ahora recibe este nombre. Sus hipótesis son que las estrellas fijas y el Sol se mantienen inmóviles, que la Tierra gira alrededor del Sol en la circunferencia de un círculo, con el Sol situado en el centro de la órbita, y que la esfera de las estrellas fijas, situada alrededor del mismo centro que el Sol, que es tan grande que el círculo en el cual supone que gira la Tierra está en la misma proporción a la distancia de las estrellas fijas que el centro de la esfera a su superficie."

ARQUIMEDES, *El calculador de arena.*

HISTORIA DE LAS APLICACIONES.



Veinberg también cita el canto de un pájaro artificial en la tumba de Zari Memnon, hijo de Amenkhotep, como producido por el calor del sol mañanero. Las historias de estos dispositivos solares promovieron grandes discusiones en la Edad Media, según relata Athanasius Kircher (1601-1680) y condujeron a amplias especulaciones acerca de cómo podían explicarse estos fenómenos mediante la dilatación del aire en los pedestales de las estatuas. En Egipto, el calor pega a las estatuas con gran fuerza en el desierto y en la estatua hueca en cuyo interior el aire calentado escapaba por unos agujeros realizados en la parte superior.

El gran problema planteado a la ciencia, que volvió a surgir en el siglo XVII fue la historia de Arquímedes (287-212 a. de C.) el gran genio de la inventiva que fue el principal científico de la antigua ciudad - estado de Siracusa regida por Hierón II (214 - 200 a. de C.). La historia de la repulsión de la flota invasora romana de Marcelo en el año 212 a. de C., según nos relata Galeno (130 -220 d. de C.), nos dice que quemó la flota mediante los rayos solares. Mandó alinear a los soldados para hacer reflejar al sol en sus escudos y quemar las velas de los barcos enemigos según el relato de la leyenda. Esta historia fue ampliamente debatida y finalmente considerada un mito, puesto que Tito Livio (59 a. de C - 17 d. de C.), no escribió nada sobre este suceso al describir la invasión romana. Plutarco (46 - 120 d. de C.) sólo lo mencionaba de pasada: "... por consiguiente, los romanos, viendo que se les hacía un tremendo e indefinido daño sin medios visibles, empezaron a pensar que estaban luchando contra los dioses". Algunos autores han afirmado que se refería al "fuego griego", pero éste era bien conocido en aquella época y no habría evocado estas expresiones. Esta ambigüedad planteó un problema a la ciencia del Renacimiento y así en Grecia, Arquímedes empleó el sol con un propósito bélico.

La cuestión básica consistía en si Arquímedes conocía o no lo suficiente acerca de la ciencia óptica para idear un método sencillo de concentrar la luz del Sol en un punto tal que pudiese quemar los barcos a distancia. Arquímedes había escrito un libro "Sobre espejos que queman" pero no ha sobrevivido ninguna copia que nos aporte pruebas. Este libro debía tener la fecha anterior a la invasión puesto que fue muerto dentro del año siguiente a que Sircusa cayó finalmente ante un ataque por tierra. El hecho de que hubiese escrito un libro sobre este tipo de espejos indicaría que tenía los conocimientos básicos para crear una barrera de reflectores a lo largo de las murallas del puerto para aterrorizar a la flota invasora. Su nombre está ligado ahora a cualquier montaje de espejos reflectores que dirijan los haces solares hacia un punto común.

Después de Arquímedes, hubo poco progreso en las aplicaciones de la energía solar hasta el Renacimiento. Las últimas palabras de la época del Imperio Romano relativas a la energía solar fueron escritas en el siglo XII por Ioanne Zonaras, quien dijo que Proclus repitió la gesta de Arquímedes utilizando un gran número de espejos para quemar la flota de Vitelio en el sitio de Constantinopla. Más al sur, al otro lado del Mediterráneo, la ciencia florecía en el mundo árabe, pero ha sobrevivido poco que nos pueda decir algo de la utilización de la energía solar mediante dispositivos artificiales. Se producían grandes avances en astronomía, matemáticas y otras ciencias por los hombres cultos del Imperio Musulmán, pero sólo nos queda la curiosidad sobre lo que pudieran haber hecho para poner a trabajar al Sol en el soleado norte de África. Sin embargo, las semillas de la ciencia se transplantaron lentamente a Europa por el resurgir del comercio marino que, estimulado por las Cruzadas, emergió con vigor en el Renacimiento. Finalmente se ven pruebas de un renacer del interés sobre la energía solar en el siglo XVII.

El siglo XVII

Muchos alquimistas se cuestionaron el suceso de Arquímedes de como poder reflejar el sol y quemar las velas. Las respuestas siempre confirmaron lo sucedido. Durante la Edad Media se hicieron muchos espejos sobre la base de la historia de Arquímedes.

Dieciocho siglos después de Arquímedes, Athanasius Kircher (1601-1680) hizo algunas experiencias para prender fuego a una pila de madera situada a cierta distancia con objeto de ver si la historia de Arquímedes tenía alguna validez científica, como una de manera de utilizarlo como un horno solar en donde se eleva la temperatura hasta 1,000 ó 2,000°C. Las lentes utilizadas para hacer arder habían sido sin duda los medios principales de utilizar la energía solar en los siglos intermedios, pero una vez más la curiosidad del hombre le empujó a buscar la respuesta a cuestiones más importantes.

En 1615, Salomón de Caux publicó una descripción de un "motor" solar práctico. Utilizaba un cierto número de lentes de vidrio montadas en un marco que concentraban los rayos solares sobre una cámara de metal estanca parcialmente llena de agua. La luz solar calentaba el aire que se dilataba y forzaba al agua a salir en forma de pequeña fuente. Esto fue sólo un juguete para entretenimiento de la Corte pero refleja el resucitar del interés por la energía solar.

El siguiente acontecimiento con intervención del Sol fue en Florencia, la ciudad cuyo espíritu había dado nacimiento a una renovación del espíritu - el Renacimiento. Los experimentadores Averani y Targioni, intentaron en 1695 fundir un diamante con un espejo. Poco se sabe de este experimento, pero con toda seguridad que, si el espejo era suficientemente grande, o bien el choque térmico hizo estallar la muestra o bien empezó a arder, emitiendo dióxido de carbono y no dejando ni trazas de residuo. El diamante no se funde, se sublima (evapora sin fusión). Este tema de utilizar la energía solar para atacar materiales que no podrían fundirse por ninguna llama conocida ha constituido un buen recurso e incluso hoy están siendo utilizados grandes hornos solares para procesar o fabricar sustancias extremadamente refractarias.

Empleos más prácticos de la energía solar fueron desarrollados por Ehrenfried von Tschirnhauss (1651-1700), miembro de la Academia Nacional Francesa de Ciencias. Utilizó lentes hasta de 76 cm. de diámetro para fundir materiales cerámicos. Una de sus lentes la obtuvo Homberg,

médico del Duque de Orleans, que la utilizó para fundir oro y plata. Un colega, Geoffrey, utilizó posteriormente esta lente para fundir hierro, cobre, estaño y mercurio a partir de sus menas.

El siglo XVIII.

El trabajo realizado sobre la energía solar en la última parte del siglo XVII dió ímpetu a un cierto número de obras centradas en Francia.

El famoso naturalista George Louis Leclerc Buffon (1707-1788) construyó el primero de los muchos hornos solares franceses con espejos múltiples, arte que todavía brilla con excelencia en dicho país. El más grande se componía de 360 pequeños espejos planos montados por separado que enviaban la luz solar a un foco común. Utilizando un horno más pequeño, con 168 espejos planos de unos 40 cm² de área, montó una exhibición espectacular en los jardines reales en 1747 llegando a hacer arder una pila de leña a una distancia de 60 m. El Conde Buffon llegó a la conclusión de que la hazaña de Arquímedes fue posible y que probablemente había trabajado a una distancia de 30-45 m. cuando incendió a las embarcaciones romanas. El antiguo puerto de Siracusa, debería requerir una distancia de 50-60 m.; no sabemos como llegó Buffon a considerar una distancia menor, pero probablemente creyó que habría sido demasiado difícil construir un horno solar tan grande como el suyo considerando el estado primitivo de la tecnología en el año 212 a. de C. Al parecer, Buffon daba por descontado la posibilidad de que Arquímedes conocía los principios en que se basaba dicho sistema y, por consiguiente, que pudo utilizar las cosas que tenía a mano en la ciudad sitiada para producir el efecto incendiario.

Los primeros experimentos relacionados con hornos para la preparación de alimentos fueron descritos por Nicholas Saussure (1740-1799). Su horno se componía de bloques de vidrio separados entre sí y situados en la parte superior de una superficie ennegrecida cerrada con una caja aislante. La luz solar entraba en la caja a través del vidrio y quedaba absorbida en la superficie negra. Se obtenía una temperatura de 88° C. Cuando se añadió a la superficie de vidrio un recubrimiento negro pudo llegarse hasta una temperatura de 160° C. Saussure fue el primero en construir un colector parabólico o colector de enfoque y con ésto la primera máquina de vapor con la primera aplicación moderna e industrial de la energía solar.

En 1747, el astrónomo francés Jacques Cassini, del Observatorio de París, construyó una lente de 112 cm. de diámetro que presentó a Luis XV. Cassini pudo obtener temperaturas superiores a los 1000° , que eran suficientes para fundir en pocos segundos una varilla de hierro y fundir la plata hasta un estado tan fluido que al derramarla sobre agua fría producía filamentos tan finos como cabellos.

Antoine Lavoisier (1743-1794), fundador de la química moderna experimentó con hornos solares porque proporcionaban la fuente de calor más pura posible. Su horno se construyó con dos láminas curvadas de vidrio montadas en forma de lente biconvexa. El espacio entre las láminas se relleno con alcohol. La lente líquida tenía un diámetro de 130 cm. y una distancia focal de 320 cm.. La potencia de esta gran lente de líquido era insuficiente para obtener temperaturas elevadas en el foco de modo que se colocó cerca del foco una lente menor para hacer mucha más corta la distancia focal efectiva. Con esta lente compuesta pudo incluso fundir platino a 1760° C. Antoine Lavoisier construyó e ideó espejos y lentes de aumento para fundir la cerámica en una de las primeras aplicaciones de concentradores solares.

El siglo XIX.

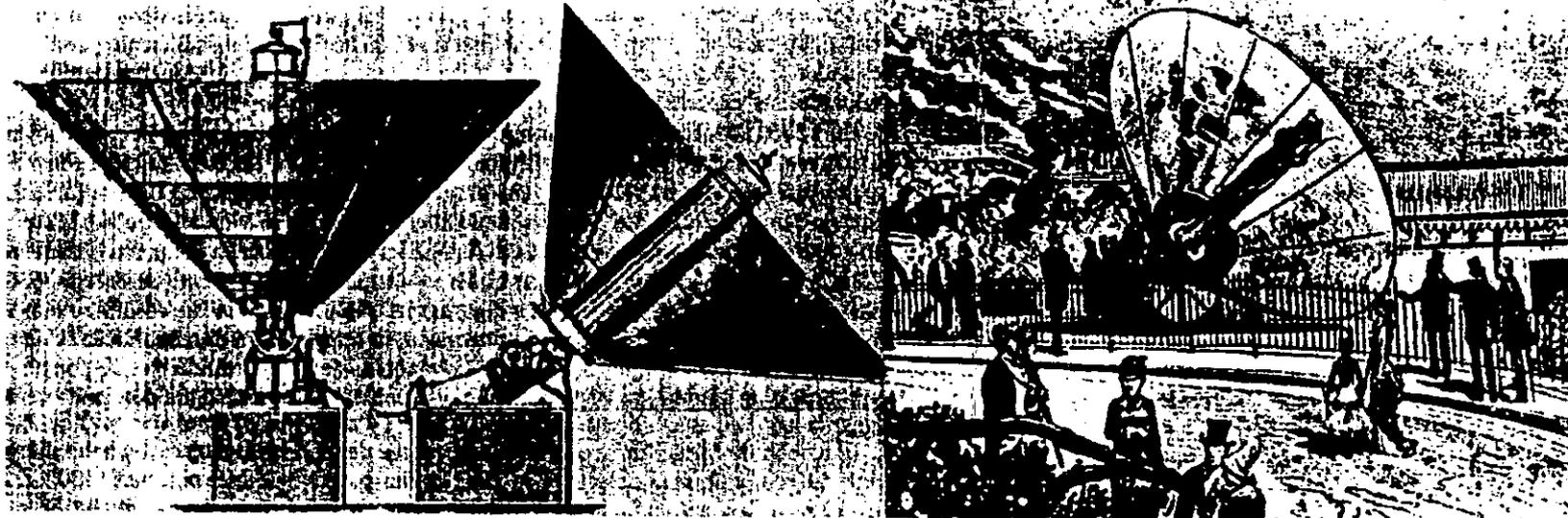
De nuevo aparecen hornos de cocina solares en la literatura según describe el astrónomo inglés John Herschell, hijo del famoso astrónomo Sir William Herschell. John Herschell construyó un dispositivo simple para su empleo práctico durante su expedición al Cabo de Buena Esperanza en 1837. Consistía simplemente en una caja negra enterrada en arena para conseguir su aislamiento, dotada de una doble tapa de vidrio que permitía entrar el calor impidiendo que se escapase luego (efecto invernadero). Se registró una temperatura de 116° C. El Horno lo utilizó el equipo de Herschell para cocinar carne y verduras para sus comidas.

Henry Bessemer (1813-1898), famosos por su sistema de fabricación de acero, experimentó con la fusión de metales construyendo un horno solar de 305 cm. de diámetro que contenía muchos espejos planos pequeños. Aunque pudo llegar a procesar cobre y zinc, Bessemer pronto perdió su interés en los hornos solares y prestó su atención a otras fuentes térmicas para refinar el hierro y el acero.

Los primeros experimentos en los que se utilizó la energía solar para proporcionar calor al interior de un recinto en el que se había hecho el vacío fueron los Stock y Heynemann en Alemania. Su horno fue construido con varias lentes de vidrio de 76 cm de diámetro y 50 cm de distancia focal. El bulbo de vacío de vidrio, sin calentarse él mismo, transmitía la energía solar a la muestra contenida en un crisol de magnesia. Entre las muestras que se fundieron con éxito se pueden citar el silicio, cobre hierro y manganeso.

Los intentos iniciales para convertir energía solar en otras formas de energía giraron alrededor de la generación de vapor a baja presión para hacer funcionar máquinas de vapor movidas por energía solar entre 1864 y 1878. La evaluación de una de ellas construida en Tours por el gobierno francés demostró que era demasiado cara para considerarla factible si se construía a escala suficiente para las necesidades prácticas del comercio. Otra fue montada en Argelia y Mouchot describió algunos de sus experimentos con ella en una publicación de 1869.

En 1875, Mouchot realizó un notable avance en el proyecto de colectores solares construyendo uno en forma de reflector de cono truncado. Los montajes en forma de espejos esféricos o parabólicos de sus predecesores habían enfocado toda la luz en un pequeño punto del espacio donde se colocaba la muestra o el material absorbente. El cono de Mouchot denominado en la actualidad *axicón*, enfocaba la luz uniformemente a lo largo del eje del cono

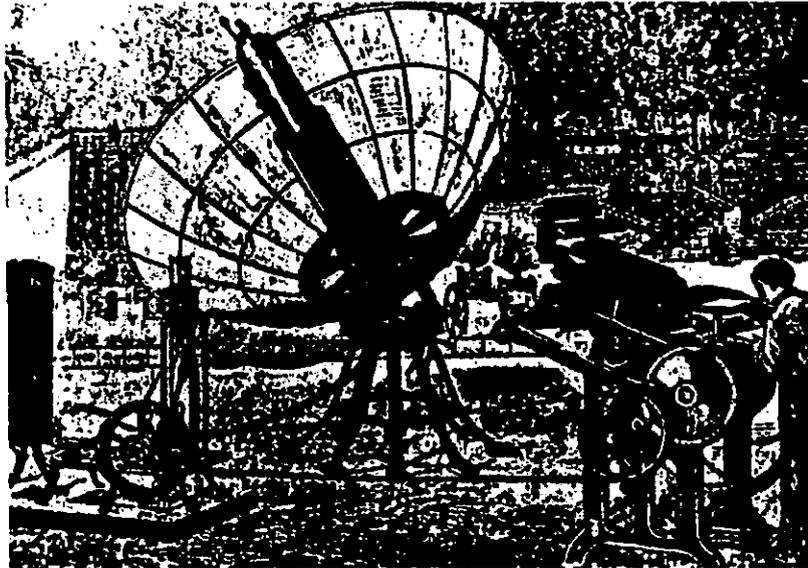


Absorbente del calor solar de tubos múltiples de Mouchot (1878)

El primer gran colector solar del tipo axicón fue exhibido por August Mouchot en 1878.

de modo que como superficie absorbente de energía podía utilizarse un tubo como se ve en las dos figuras siguientes. Como la luz resultaba más diluida que cuando incidía en un punto pequeño la temperatura máxima alcanzable era mucho menor, ¡pero ningún proyectista de máquinas está interesado en que por fusión se produzca un agujero en su caldera si por accidente el nivel del agua desciende demasiado!

El axicón de Mouchot se componía de placas de metal plateadas y tenía un diámetro de 540 cm. y un área colectora de 18.6 m²; las partes móviles pesaban 1,400 kg. Al parecer recogía y enfocaba el 87% del calor solar sobre la parte de la caldera. Se presumía que la máquina de vapor podía producir 1.5 kW pero esto significaba que utilizaba menos del 3% del calor que recibía. Las máquinas de vapor convencionales de la época con carbón como combustible producían trabajo con un rendimiento que oscilaba entre el 9 y el 11.5% debido principalmente a que podían funcionar a temperatura más elevada en la caldera.



Centro solar de Pifre de 1878 actuando sobre una prensa de imprenta.

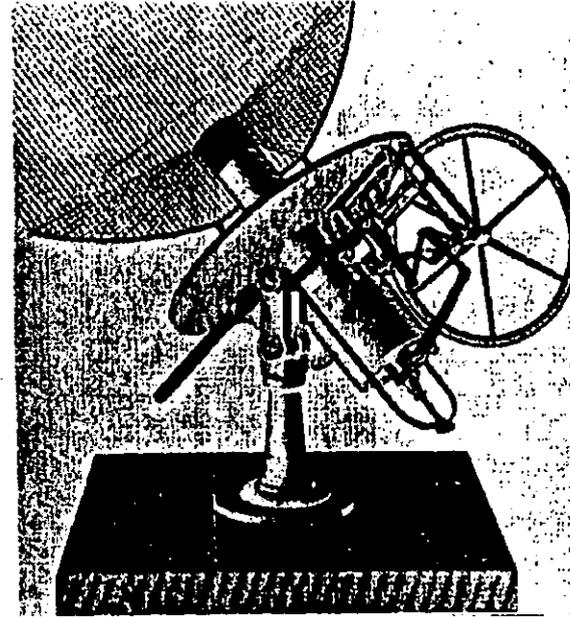
Abel Pifre fue un contemporáneo de Mouchot que también construyó motores solares y tubo habilidad para exponerlos al público. Los colectores solares de Pifre eran reflectores parabólicos formados por muchos espejos pequeños; tenían un aspecto muy semejante a los conos truncados de Mouchot. En la Exposición de París de 1878, Pifre, exhibió una de sus máquinas solares haciendo funcionar una prensa de imprenta como se ve en la figura de la izquierda. Había esperado encontrar muchos compradores para su máquina con este procedimiento pero sin duda se sintió defraudado al encontrar muchos curiosos pero pocos clientes. Posteriormente en 1882 montó la máquina en los jardines del Palacio de las Tullerías, donde de nuevo hizo demostraciones con una prensa de imprenta.

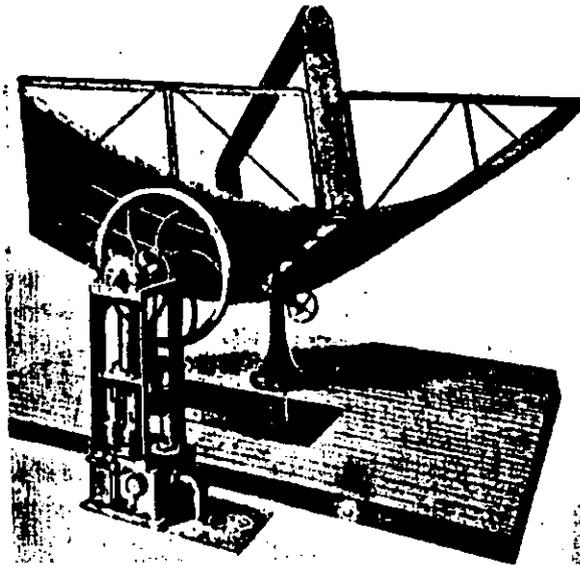
Pifre con espejos parabólicos concentró el calor en un punto por donde hizo pasar agua produciendo vapor, mismo que era conducido a una turbina que movía una máquina de vapor conectada a la prensa de una imprenta. Fue la primera aplicación mecánica de la energía solar.

John Ericsson, que adquirió gran fama durante la guerra de Secesión de los Estados Unidos por su participación el desarrollo del barco de guerra *Monitor* también prestó atención a los motores de energía solar entre 1871 y 1884. Inventó así el ciclo Ericsson del motor de aire caliente para la conversión del calor solar en fuerza motriz utilizando un colector en forma de paraboloide como se ve en la siguiente figura. Su modelo de 1883, uno de los siete que construyó puede verse en la figura de la página siguiente. Utilizaba una superficie reflectora cilíndrica con forma parabólica. Esta forma la adquirían unas láminas delgadas de vidrio plateadas por su cara inferior al sujetarlas a unas nervaduras de hierro. El dispositivo pivotaba alrededor de un eje vertical para seguir el Sol. Según su inventor producía 0.7 kW por cada 9.3 m² de superficie reflectora.

Ericsson fue capa de examinar críticamente la cuestión del pragmatismo de las máquinas solares quizás debido a que estaba gastando su propio dinero. En el transcurso de sus experimentos gastó 90,000 dólares suma notable entonces. Llegó a la conclusión después de su última máquina solar que este tipo de máquinas podía costar 10 veces más que las convencionales y que su uso podría justificarse económicamente en áreas remotas "de las regiones de nuestro planeta más caldeadas por el Sol".

W. Adams, un inglés de servicio en Bombay, trabajó sobre los aspectos prácticos de la construcción de dispositivos solares. En 1878 publicó un librito en la India sobre sus experimentos con calor solar. Su mayor máquina se componía de una esfera hueca de 12 m. de diámetro cuyo interior estaba cubierto con pequeñas hojas de vidrio plateado. Tuvo éxito como máquina pero uno de sus entusiastas ayudantes tuvo la "brillante" idea de que podía contribuir a que la máquina trabajase aún mejor colocando un ladrillo sobre la válvula de seguridad. La explosión resultante hizo suspender temporalmente los experimentos. Una caldera nueva y más resistente permitió posteriormente a Adams hacer funcionar una bomba de 2 kW de modo continuo en el recinto inmediato a su bungalow en Middle Colaba cerca de Bombay. Adams también construyó sistemas de cocción solares y descubrió como Mouchot que la luz solar dirigida directamente sobre la carne produce un olor y sabor desagradables muy diferente al aroma de la carne a la parrilla.





Colector solar de Ericsson de 1883.

Las máquinas solares construidas por Mouchot, junto con el creciente interés popular por las ciencias durante los dos últimos decenios del siglo XIX condujeron como se ha visto a un gran desarrollo de la actividad en este sentido que también se comprobó por la solicitud de patentes. Aunque se supone que sólo se concede la patente a modelos de interés práctico se sabe que han conseguido patentes dispositivos totalmente impracticables e incluso técnicamente absurdos. Por tanto poco se sabe acerca de los méritos de algunos dispositivos solares que fueron patentados en esos dos decenios ya que la literatura no da información acerca de si fueron o no construidos realmente. Algunas de las descripciones de patentes son interesantes de leer, porque, como gran parte de la ciencia-ficción, pueden describir ciertas propiedades de los materiales utilizados en sus ingenios sin tener en cuenta las limitaciones de los materiales reales, tales como "una sustancia que no conduce el calor ni la electricidad". Todos quisiéramos que existiesen estos materiales ideales en cuyo caso muchas cosas que ahora son imposibles resultarían posibles.

Patentes para máquinas solares fueron concebidas en la India a W. Adams en 1878, en Alemania a E. J. Molera y J. C. Cerbrain en 1880 y a C. Tellier en 1885 y en los Estados Unidos a W. Calver en 1882 y 1883. Charles H. Pope, que también había experimentado con estas máquinas, publicó en 1885 en el *Scientific American* un resumen general del estado en que se encontraba dicha materia.

Las máquinas solares de 1880 trabajaban sólo a conveniencia del Sol. Los períodos nocturnos y los días nublados imponían una limitación en su empleo. En 1893, M. L. Severy obtuvo la patente para una máquina solar que funcionaba conjuntamente con una batería de acumuladores para permitir al usuario que dispusiese de energía durante las veinticuatro horas. Nada se decía acerca del aspecto económico de dicho equipo, pero el sólo costo de las baterías debería hacer a la máquina aún menos económica de lo que ya había previsto Ericsson. El sistema propuesto aparentemente no fue construido nunca.

A los avances realizados por Mouchot, Prife Ericsson y Adams siguió un período de inactividad y fue ya casi en el siglo XX cuando empezó de nuevo la actividad. Sin embargo se elaboraron algunas ideas ambiciosas como se deduce de una patente concedida en 1896 a C. G. O. Barr para una máquina solar muy grande. La máquina de Barr utilizaba una serie de espejos semiparabólicos montados sobre vagones de ferrocarril colocados circularmente con una caldera fija en el foco del sistema. La máquina fue precursora de algunos proyectos ambiciosos soviéticos del siglo XX y también del sistema "Power Tower" de los Estados Unidos. La máquina de Barr no se construyó y el sistema soviético fue abandonado.

Una notable excepción al sistema normal de espejos mas caldera de vapor para la transformación de la energía solar en trabajo mecánico fue propuesta por E. Weston en 1888 que pretendía utilizar algo mas bien nuevo, un dispositivo llamado *termopar*. La energía solar se enfocaba sobre el termopar, que desarrollaba una tensión eléctrica entre la unión caliente y la unión fría; cada unión se componía de un par conectado de hilos de

materiales diferentes como hierro y níquel. Weston, al parecer, estimuló otras ideas de este tipo, puesto que los convertidores solares termoeléctricos fueron origen de una actividad considerable unos 10 años más tarde como pusieron de nuevo en evidencia las oficinas de patentes. En 1897, H. C. Reagan Jr. propuso un dispositivo con una termounión solar en el que obtenía la unión fría (en donde debe disiparse el calor de acuerdo con los principios fundamentales de la termodinámica) haciendo soplar aire con un molino de viento. En 1898 H. E. Cottle obtuvo una patente sobre un único sistema híbrido en el que se debería almacenar calor solar enfocando los rayos de la luz solar sobre una pila de piedras y luego se extraería el calor de la misma mediante un indefinido "generador termoeléctrico". En 1899 R. H. Dunn obtuvo una patente inglesa para un convertidor solar de "termopila", pero la descripción de la patente es suficiente para arrojar serias dudas acerca de la realidad del esquema propuesto. Sin embargo, todos estos inventores estaban tras la pista de un efecto -el termoeléctrico- que en años posteriores sería de interés práctico con altos rendimientos de conversión, pero a unos costos de sistema tan elevados que sólo resultaría útil en algunas aplicaciones muy estrictas, como en los vehículos espaciales.

Aunque en los últimos años del siglo pasado las máquinas encontraron algunos clientes, existen otros ejemplos de utilización de la energía solar que es interesante señalar. W. Adams de Bombay describió una cocina solar en un artículo en 1878 del *Scientific American*. Adams utilizó una caja octogonal cónica recubierta por espejos de vidrio plateado que enfocaban la luz a través de una campana de vidrio cilíndrica sobre el recipiente de los alimentos. Este dispositivo funcionó muy bien. Sin embargo, no sucedió igual en otra sugerencia suya de utilizar el calor solar "para la cremación de los hindúes muertos y otros usos".

La destilación del agua fue otro tema de cierto interés en esta época y ya en 1874 J. Harding proyectó un sistema que fue construido por Charles Wilson en Las Salinas, Chile. El destilador cubría 4,700 m² y producía hasta 23,000 litros de agua dulce al día con sol claro y a una altitud de 1,300 m. Este destilador estuvo funcionando durante 40 años y sólo fue abandonado cuando se tendió una conducción entubada de agua potable desde los Andes hasta Antofagasta. Se dijo que el coste del agua producida por este destilador, incluyendo el capital inicial y los costos de mantenimiento solo fue de 0.001 dólar por litro.

El siglo XX.

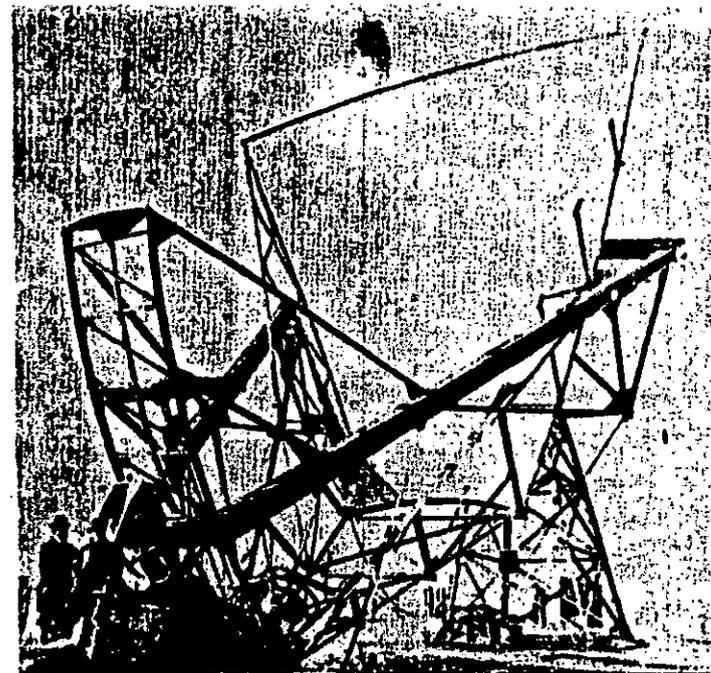
En los inicios del siglo XX se produjeron desarrollos muy significativos. Ya en 1893, continuando hasta 1909, las patentes obtenidas por M. L. Severy dieron pruebas de la existencia de nuevas ideas para combinar los sistemas de vapor mediante calor solar y baterías de almacenamiento para posibles sistemas de energía. Debido a los problemas de rendimiento que Mouchot y Ericsson habían encontrado ya, los experimentadores estaban utilizando máquinas más elaboradas. Algunos utilizaban máquinas a presión inferior a la atmosférica para ayudar a la vaporización del fluido de trabajo. Este concepto nuevo fue introducido en patentes obtenidas por E. H. McHenry en 1900 y 1911 y por E. C. Ketchum en 1905 para máquinas con dos líquidos: el agua para recoger el calor y un fluido de trabajo de punto de ebullición menor que el del agua para accionar la máquina.

En 1901 A. G. Eneas obtuvo varias patentes notables. Construyó algunas máquinas muy grandes que atrajeron bastante la atención (De hecho no fueron tan grandes como la mayor construida por W. Adams en Bombay, pero la Southern California supo hacer mejor publicidad.) En ese mismo año se tramitaron también dos patentes, una de M. M. Baker para máquinas solares y la otra de K. C. Wideen para un horno solar. En 1905 y 1906, E. P. Brown y Carl Gunther obtuvieron patentes sobre calderas de vapor solares, lo mismo que W. Maier y A. Remshardt en 1907. Eneas Inias construyó una gran antena parabólica como colector solar con movimiento diurno y conforme a las estaciones del año.

H. E. Willsie y John Boyle Jr., siguieron un método diferente para obtener máquinas solares desde 1902 a 1918. En lugar de utilizar reflectores especulares para concentrar los rayos del sol, utilizaron lo que ahora denominamos colectores de lámina plana. La luz entraba al sistema a través de una ventana y era absorbida por una capa delgada de agua que fluía sobre una base oscura. El agua caliente se utilizaba a continuación para vaporizar un líquido volátil tal como el amoníaco el éter o el dióxido de azufre. Wilsie anunció que era el primero en proponer un sistema con dos fluidos en 1900. La primera máquina de Willsie se construyó en Olney, Illinois, con materiales nada especiales. El recipiente donde se absorbía la luz entra en un depósito de madera poco profundo cubierto con dos capas de vidrio de ventana. El depósito estaba aislado con heno y su parte inferior estaba recubierta con papel embreado negro. Con este colector solar rudimentario se obtuvieron temperaturas que fueron suficientemente altas, incluso en un tiempo de octubre crudo y frío, para vaporizar dióxido de azufre para la máquina.

La segunda máquina de Willsie, construida en Arizona cerca de Hardyville, utilizó arena en lugar de heno como aislante. Los ensayos animaron lo suficiente a Willsie, quien decidió formar la Willsie Sun Power Company. En 1904 esta compañía construyó un sistema utilizando amoníaco en St. Louis Missouri, incorporando una máquina de 5 kW. es interesante señalar que Willsie, prudentemente previó la posibilidad de calentar el agua los días nublados quemando petróleo. Su última máquina solar fue construida por Boyle y Edward Wyman en 1905 en Needles, California, en el cálido desierto que bordea el Río Colorado. Este sistema de 15 kW hacía funcionar una bomba de riego que también proporcionaba el agua fría par el condensador de la máquina. La máquina, utilizando dióxido de azufre desarrolló 11 kW en un área colectora de 186 m². aunque las máquinas de Willsie fueron un fracaso comercial, constituyeron un éxito técnico puesto que demostraron que los colectores de placa plana no eran tan sensibles al tiempo nublado como los sistemas con espejos utilizados previamente. Willsie creó un colector plano conocido como el colector plano de Willsie de fácil aplicación a la arquitectura con temperaturas de 50-60°C el agua no hierve a menos que se le agregue dióxido de amoníaco para que se obtenga hervor a bajas temperaturas y lograr una transferencia de calor. Al hacerla hervir se puede mover una bomba para extraer agua del subsuelo en la primera ocasión en que se utilizan colectores planos en la industria.

En 1904 fue construido un gran horno solar por un sacerdote portugués, el Padre Himilaya, para su exhibición en la Feria Universal de St Louis. Este horno tiene una estructura de aspecto muy moderno con un colector grande en forma de trompa parabólica de 12.8 m. de alto (a la derecha). Estaba cubierto con muchos espejos pequeños planos, de 5 x 10 cm. , y el sistema producía un flujo que era aproximadamente 2,000 veces el flujo solar en el horno situado en la parte inferior izquierda. Obsérvese lo grande que ha de ser la estructura con objeto de seguir al Sol en su ascensión recta y declinación; de cara a unos límites de economía estrictos y a soportar tormentas intensas, el dominar el problema del tamaño es una de las mayores dificultades incluso hoy en día.



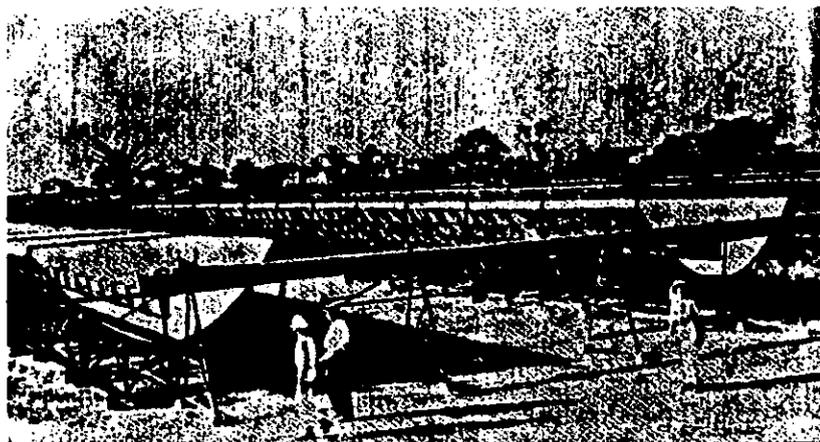
Horno solar construido por Himilaya.

Inmiuya fue un sacerdote y un científico investigador que empleó un aparato como pantalla de cine parabólica en la Exposición de San Luis Missouri pero de difícil aplicación arquitectónica por su tamaño y difícil manejo.

Frank Shuman empezó a trabajar en 1906 sobre un concepto de máquina solar que, como la de Willsie, utilizaba colectores de placas planas. En 1907 había completado su primera máquina, que desarrollaba 2.6 kW a partir de un colector de 110 m² que calentaba agua, la cual a su vez vaporizaba éter. En su sistema de 1911, construido en Tacony (cerca de Filadelfia), Shuman añadió un dispositivo significativo nuevo a sus colectores planos - un espejo plano a lo largo de los bordes norte y sur que reflejaban luz adicional sobre la parte absorbadora, duplicando la producción de energía. Este sistema, indicado en la figura de la derecha tenía un área colectora total de 960 m² y producía 32 kW utilizando vapor de agua como fluido motor. Esta unidad fue tan prometedora que se formó la Sun Power Company (Eastern Hemisphere, Ltd.) para comercializar el aparato. El proyecto siguiente se había programado para Florida, pero no llegó a desarrollarse. Había aparecido una tarea más apasionante en el horizonte para Shuman y su nueva compañía.



Vista general de la parte occidental de los colectores solares planos con espejos de refuerzo por Shuman en Tacony (Filadelfia) en 1911.



Vista sur del sistema de colectores solares de Shuman-Boys construido en Meadi, Egipto, en 1913.

En 1912 Shuman, en colaboración con C. V. Boys, empezó a construir la planta solar de bombeo más grande del mundo en Egipto. La caldera original explotó pero fue sustituida en 1913 por otra más resistente. El sistema montado en Meadi empezó a funcionar en 1913 utilizando la máquina desmontada del sistema de Tacony. La nueva instalación de Meadi discrepaba considerablemente de la planta simple de Tacony, utilizando largos cilindros parabólicos para enfocar la luz sobre un tubo absorbente largo, como se ve en la figura de la derecha y de la página siguiente. Cada cilindro tenía 62 m. de largo y el área total de los diversos bancos de cilindros era de 1,200 m². Los reflectores cilíndricos se montaron sobre horquillas circulares accionadas simultáneamente para mantener al Sol enfocado sobre el tubo absorbente. La máquina solar de Shuman-Boys desarrollaba de 37 a 45 kW continuamente durante un período de 5 horas. Sin embargo, el proyecto fue abandonado en 1915 como consecuencia de la primera

guerra mundial y de la competencia de fuentes de energía más baratas que empezaron a poderse utilizar en aquella época.

Shuman en Egipto en el año de 1913 utilizó colectores parabólicos de gran tamaño en forma de canalón que reflejan el sol con el fin de bombear agua del subsuelo y colectores planos para mover turbinas de vapor de agua calentado y hervido a bajas temperaturas mezclándolo con otras sustancias.

Shuman y Boys obtuvieron una patente de su máquina solar en 1917, igual que R. A. Fessenden para una máquina de vapor que funcionaba a una presión inferior a la atmosférica. Durante este periodo se popularizaron nuevas ideas: T. F. Nichols obtuvo tres patentes desde 1912 a 1915, otra C. E. Burnap en 1914 para una máquina que funcionaba con amoníaco como fluido agente y otra mas M. Koller en Francia en 1913.

De nuevo se empezó a prestar atención a sistemas más complicados -dispositivos termoeléctricos. En Rusia, en 1908, W. Zerassky construyó un dispositivo termoeléctrico solar en el que la unión termoeléctrica estaba formada por alambres de una aleación de zinc-antimonio y alambres plateados. La unión caliente se situó en una caja cubierta de vidrio como absorbente solar. W. Coblentz en 1913 utilizó alambres de cobre y constantán. En un artículo del *Scientific American* en 1910, Frank C. Perkins describió un trabajo en Francia sobre un dispositivo termoeléctrico para convertir la luz solar en energía eléctrica. Un artículo popular de A. Rordame en 1911 describió un sistema termoquímico poco usual, del que citaba una producción de 5 W por cada 8.7 W. de energía luminosa -un rendimiento fabuloso del 57%. No hay que decir que debía haber un error en algún punto, puesto que incluso en las más modernas mezclas binarias de metales de transición se obtienen rendimientos de sólo el 10 al 15%.

Los años 20's fueron tranquilos en el frente de la energía solar, quizás debido a que todo el mundo tenía su atención concentrada en otros aspectos de un decenio tan expansivo y próspero. Una idea de máquina solar fue patentada en 1921 por W. J. Harvey, otra en 1928 por L. H. Shipman y cuatro mas por Robert H. Goddard, famoso por su contribución a los cohetes, desde 1929 a 1934, la primera una semana después del famoso hundimiento de la Bolsa en 1929. Sin embargo, ninguno de ellos llegó a construir una máquina que funcionase. En Italia Cesare Romagnoli desarrolló una máquina en 1923 que trabajó utilizando agua caliente a 55°C para calentar un segundo líquido de punto de ebullición mas bajo, el cloruro de etilo.

Sin embargo, estos años también vieron el desarrollo del interés de C. G. Abbot en la energía solar. Había estudiado el Sol en primer lugar en 1905 y de vez en cuando tenía contacto personal con los experimentadores, incluyendo a Eneas y Willsie. En estos contactos incluyó posteriormente a Goddard cuando estaba desarrollando cohetes de propulsante sólido para el *U. S. Army Signal Corps* en 1917. Abbot era un asiduo visitante de los



Vista norte detallada del largo espejo parabólico utilizado como colector en el sistema Shuman-Boys. Obsérvese los soportes dispuestos para la inclinación del espejo y seguir al Sol.

laboratorios del observatorio de Monte Wilson en Pasadena, California y, es muy probable que los dos comparasen ideas sobre el tema durante estas reuniones.

En sus primeros años Abbot publicó poco sobre energía solar pero luego hay una larga lista que empieza en 1926 y se extiende hasta 1973, cuando tenía 100 años. El primero de sus proyectos era una cocina situada en un cobertizo justo debajo del dormitorio del astrónomo, llamado el "Monasterio" en la abrupta cara sur del Monte Wilson. La cocina todavía trabajaba bien en 1941, pero desde hacía algún tiempo había sido pasado a botellas de gas como medio de ayudar a la alimentación de los astrónomos; sin embargo, estaba lista para funcionar cuando Abbot visitaba Pasadena y pasaba algún tiempo en la montaña. El otro aparato fue el modelo de su caldera rápida, que desarrolló alrededor del año 1935 y que construyó en 1947 en la Universidad de Arizona.

La década de los 30's vio un notable aumento en el interés sobre la energía, pero a lo largo de diferentes líneas de aplicación. Al ser un tiempo de depresión económica global, es estos años hubo mucha gente con tiempo para pensar y soñar - y con tiempo para buscar un modo de obtener energía "libre". Existió una actividad notable en el Japón, por ejemplo, donde se obtuvieron 39 patentes para calentadores de agua solares. El clima del Japón está lejos de ser el ideal para la energía solar, pero las fuentes de energía en la cadena de islas volcánicas son escasas y la gente gusta tener su baño de agua caliente por las tardes. El resultado fue un gran número de calentadores de agua "tipo tejado" que permitían tener de 100 a 200 l. de agua muy caliente para las abluciones vespertinas. Resulta difícil imaginar 39 ideas *diferentes* para un calentador de agua solar; sin embargo, aparecieron, 20 más en la década de los 40's. Japón fue un país que tuvo fe en sus calentadores solares de agua; ya en 1960 se estimaba la existencia de 250,000 unidades en funcionamiento.

A mediados de los años 30's apareció una segunda línea notable de interés -la calefacción doméstica. Resultó un tema de gran interés en la segunda mitad de los años 40. Quizás esta nueva línea de investigación fue resultado natural del intenso interés en la calefacción por agua caliente, puesto que el suministro de agua caliente por energía solar podía alimentar al sistema de radiadores de tipo que ya se utilizaba en millones de hogares que consumían otro tipo de combustible. Los experimentos iniciales en el Instituto de Tecnología de Zurich fueron publicados por M. Hottinger en 1935. Pronto siguieron los experimentos realizados por el M. I. T. por H. C. Hottel y sus colegas, que fueron descritos en diversas revistas norteamericanas en 1939. Desgraciadamente, las predicciones acerca de las calefacciones domésticas con energía solar no llegaron a realizarse. En 1955 se predijo que en 1970 varios millones de casas serían calentadas por energía solar. Las cuentas reales de 1970 pueden de hecho ser inferiores a las de 1955. La dura realidad de la economía hizo fracasar el sueño de las calefacciones domésticas solares.

En el área de los experimentos en busca de energía, H. Delecourt en d'Oisquerq, Francia, desarrolló y construyó una máquina solar en 1930 que utilizaba cloruro de etilo. Debido a una serie de accidentes y roturas, el aparato nunca alcanzó la etapa final siendo, por último, abandonado. En 1932 J. Boisse de Black describió un hospital en Colomb-Bechar que calentaba el agua mediante la energía solar. Llegó a describir seriamente el potencial de la energía solar en el desierto del Sahara - incluso hasta el punto de presentar una propuesta, con estimación de costos, para hacer funcionar los trenes del desafortunado ferrocarril transahariano con energía solar. No se construyeron ni el ferrocarril ni las máquinas de energía solar de modo que el mundo perdió la posibilidad de ver una locomotora con un gran espejo colector solar en su parte superior.

Entre otras patentes obtenidas para máquinas solares puedo citar en 1930 a C.H. Drane para una máquina con amoniaco; en 1931 a G. W. Dooley; en 1932 a W. L. R. Emmet, cuyo colector solar, espejos y todo, estaba dentro de una envolvente en la que se hacía el vacío, y en 1935 a F. A. Gill. Las células solares recibieron también mucha atención cuando L. Bergmann, en 1932 y 1936 y G. Bail en 1938 estudiaron el comportamiento bajo la luz solar de semiconductores que utilizaban como electrodos recubrimientos de oro transparentes. En 1933, R. Audubert estudió diversas células de óxido de cobre y sulfuro de cadmio, mientras que C. G. Fink y M. E. Fogel en 1934 trabajaron también en las células de óxido de cobre. Un nuevo tipo de semiconductor, el sulfuro de plomo, fue investigado por Fr. Fischer y B. Godden en 1937 y 1938 y otro, el sulfuro de talio, por C. F. Nix y A. W. Treptow en 1939.

El mundo entró en un período tormentoso con el inicio de la segunda guerra mundial y el estudio de la utilización de la energía solar fue dejado a un lado hasta la segunda mita de la década de los 40, cuando resurgió con renovada esperanza y vigor al mismo tiempo que emergió la visión de las fronteras ilimitadas de la ciencia en 1945.

Motores solares en el oeste de América.

No puede quedar completa ninguna historia sobre energía solar sin hablar de la *Solar Motor Company* de Boston. Su creación a principios del siglo X representó un esfuerzo concreto para producir una máquina solar que tuviese éxito comercial y se adaptase a las necesidades de energía en las regiones desérticas en desarrollo entonces en Californi-Arizona.

En la segunda mitad del siglo XIX, gran número de americanos descubrieron que el Lejano Oeste tenía mucho más que ofrecer que sólo el oro. las regiones de la costa tenían un clima moderado, agradable para vivir, pero distinto al de los estados centrales y del Este. No podía contarse con ninguna lluvia en absoluto durante la mitad del año. Pronto se descubrió que la tierra era muy fértil y que tan pronto como se tenía agua las cosechas eran soberbias, beneficiándose de la secuencia ininterrumpida de días soleados. Por consiguiente, el desarrollo de la irrigación recibió una alta prioridad y pronto fueron utilizadas totalmente las disponibilidades de agua superficial.

El Imperial Valley era un área en donde la demanda de agua resultaba apremiante. Este valle se formó originalmente cuando la parte superior del golfo de California fue cerrada por un depósito de sedimentos en la desembocadura del Río Colorado y una ligera elevación del terreno a lo largo de la falla de San Andrés. Milenio mas tarde, desaparecida el agua, el antiguo lecho marino era un rico recipiente de sal rodeado por una vasta superficie de suelo excelente. El suelo era fértil y el clima sano, pero los pozos de agua perforados en el suelo sólo producían agua caliente y salobre que era un inconveniente para la cosecha (¡Hoy existen pozos geotérmicos!) Sin embargo, el valle está a unos 60 m. por debajo del nivel del mar, de modo que el problema podría resolverse con un canal de flujo por gravedad procedente del río Colorado.*

Los esfuerzos iniciales de irrigación no carecieron de incidentes. Algunas de las primeras presas fueron inadecuadamente proyectadas y construidas; se rompieron, originando pérdidas de vidas y la destrucción de las instalaciones que había debajo de ellas. El Canal Panamericano tiene por

* A este lugar se le conoce como el Valle de la Muerte y es el sitio más bajo sobre el nivel del mar que hay en el continente.

sí mismo una historia especial puesto que desafió con éxito la zona de dunas de arena intransitable al oeste del río Colorado. Incluso las carreteras no resolvieron el problema de las dunas móviles hasta varias décadas después.

Cuando la energía solar entró a formar parte del cuadro, todavía estaban siendo explotados los lechos de sal del Imperial Valley. Un ejemplar de 1901 del *Scientific American* describía un accidente en una rara tormenta de verano, en la cual las aguas del canal rompieron sus brazos y rápidamente inundaron la zona de extracción de sal. Cuatro años después, otra rotura importante en el mismo canal, producida de nuevo por una avenida de agua en el verano, produjo la inmersión permanente de la llanura salina, creando así el mar de Salton. Su nivel no ha dejado de subir desde las inundaciones de 1905-1907. Continúa llegando un pequeño flujo de agua del río Colorado, ahora en forma de escorrentía, superficial y freática.

Fue con respecto al mar de Salton cuando los autores se pusieron en contacto por primera vez con el tema fascinante de la energía solar. Puesto que se sufrió una disgresión respecto a la *Solar Motor Company*, se tiene también esta anécdota. Trabajando durante la segunda guerra mundial en el grupo de investigación de cohetes de C. C. Lauritsen en Call Tech, puesto que casi todos los estudios académicos habían sido suspendidos durante la duración de la guerra. Una de las pistas de ensayo para entrenar las tropas de la marina americana en el empleo de los cohetes fue situada casi al nivel del mar al este del mar de Salton, frente a las abruptas y totalmente inhóspitas montañas Chocolate. Se observó durante los frecuentes viajes a lo largo del mar de Salton la existencia de troncos de palmera y de otros árboles especialmente ricos sumergidos en el agua, clara evidencia del nivel ascendente de las aguas. Poco después, William DeWitt de Pasadena, que prestaba sus servicios militares en Call Tech y Mr. John Burnhman, hombre de gran visión a quien pertenecía una gran cantidad de terreno en el Imperial Valley y en otras partes de California del Sur, especialmente en Santa Fe Springs. Era hermano del famoso arquitecto de rascacielos de Chicago y cuestionó se podía investigar la energía solar para controlar el nivel del mar de Salton y al mismo tiempo obtener agua pura como subproducto. El valor de la Tierra que se sumergía cada año constituía el premio de este objetivo.

Al tener estudios previos de termodinámica, química y física y como el Dr. Edison Pettit, era un astrónomo solar en el Observatorio de Mt. Wilson y tenía una cocina solar en el patio de su casa de Pasadena no pudo faltar el interés de investigar este asunto. Se aprendió un aspecto fundamental en la destilación del agua. "El calor de vaporización" del agua es muy alto, 54 calorías por gramo en el punto de ebullición. Aunque este valor se remite cuando el vapor se condensa a agua, su temperatura es exactamente la misma que la del agua hirviendo, de modo que es imposible en estas condiciones hacer que el calor fluya del vapor que se condensa al agua que hierve. Se ideó un método para resolver el problema - comprimiendo el agua vapor era considerablemente menor que el que se volvía a ganar en la condensación. Este mismo método fue utilizado posteriormente en las unidades de destilación de agua de mar comerciales conocidas como "destilación por etapas de presión".

Cuando se pasa de la cuestión de la economía pronto se aprende uno de los hechos básicos que ha detenido todos los intentos de utilizar la energía solar: el costo de la instalación del equipo y del mantenimiento es mayor que el costo de hacer la misma tarea mediante combustibles fósiles baratos. Sin embargo, se llega a la nueva conclusión de que con mucho, el modo más efectivo de controlar el nivel del mar de Salton consistía en ayudar a la Naturaleza en el mismo procedimiento con que ella originalmente evaporó el océano atrapando en este brazo: la evaporación al aire. Sin embargo, está claro que inmediatamente se perdía el producto de agua destilada por esta ruta. Se propone simplemente hacer una especie de lluvia de agua salobre en el aire a través de sistemas de aspersión gigantes establecidos cerca de la costa en la parte correspondiente a donde el mar es menos profundo. La energía para bombear el agua podía ser de origen solar o proceder de combustibles fósiles puesto que sólo se necesita una cantidad pequeña de energía en comparación con la necesaria para la destilación del mismo volumen de agua de mar. La fuente de energía para evaporar el agua era ahora el aire seco

y caliente del valle - energía solar recogida de una forma diferente. El aire del desierto muy caliente y seco casi siempre soplaba con una brisa moderada sobre el lago. Se puede ver que una gran distribución de sistemas de aspersión evaporaría el agua con suficiente efectividad y al mismo tiempo haría descender la temperatura del aire en 10 a 20° C. La brisa llevaría este aire fresco que tendría una humedad del 50 al 60%, sobre la costa este del mar y así se puede crear un clima mucho más agradable, manteniendo todavía los cielos perpetuamente claros del área a lo largo de 80 km. De línea costera prácticamente estéril.

Regresando a la historia de la *Solar Motor Company*. En 1900 el Lejano Oeste estaba muy escaso en cuanto a suministro de energía. La madera y el carbón eran las fuentes de energía principales y los vehículos de fuerza motriz eran la máquina de vapor o la planta eléctrica de vapor que daba energía a los sistemas eléctricos mediante trole. Todavía no habían aparecido los combustibles de tipo petróleo en cantidad apreciable, aunque pronto se encontró en abundancia tal que retrasó la aplicación de la energía solar durante casi un siglo. Se puede, por consiguiente, empezar a apreciar la esperanza puesta en el futuro de la energía solar en el Lejano Oeste que atrajo a Mr. Aubrey G Eneas y a sus socios de Boston, Frank J. Post, Charles Sakett, y C Lansing Haskell, al campo de la energía solar.

Se pueden leer estas esperanzas en el número del 16 de marzo de 1901 del *Scientific American*:

“Durante muchos años la atención de los inventores se ha dirigido a la cuestión de utilizar los rayos directos del Sol como sustitutos del carbón, la madera u otros combustibles; grandes lentes o reflectores son la esencia de la forma general de las diversas máquinas. Especialmente este tipo de máquina se ha ensayado en Francia”. Esta última frase recuerda otra de un intento semejante para espolear la incentiva nacional de la década de 1960 con objeto de contrarrestar los logros obtenidos por los soviéticos en el espacio.

Refiriéndose a la máquina de Eneas, el artículo continúa:

Durante largo tiempo fue difícil construir un espejo cóncavo de tamaño muy grande, pero esto ha sido finalmente posible cubriendo la superficie del espejo cóncavo con pequeñas piezas de vidrio o espejos cada uno de los cuales se coloca del tal modo que la luz o la reflexión procedente de cada parte coincide en el mismo punto; de este modo la suma total o la cantidad global de calor centralizada, es equivalente a la cantidad reflejada por cada vidrio multiplicada por el número de espejos. En Europa los primeros sistemas solares fueron generalmente de dos tipos: es decir, el calor se podía concentrar de dos maneras - mediante reflexión por espejos cóncavos pulidos y por refracción a través de lentes convexas. El empleo inicial, hace siglos, de este tipo de invento fue en teoría deslumbrar o cegar al enemigo mediante discos de metal; pero casi todos los dispositivos carecieron de éxito en cuanto a su valor práctico y cayeron en la categoría de “curiosidades”.

Es interesante que la energía solar estaba entonces, como hoy, clasificada como tema exótico y que los dispositivos que se construyen entran todavía en gran parte en la categoría de curiosidades, excepto en un área muy importante; el empleo de pequeños cristales de silicio, montados a millares en un panel, que se han utilizado para proporcionar energía eléctrica a las naves espaciales. Sus rendimientos son muy rentables; los iniciales tenían un rendimiento de conversión próximo al 8% que en la actualidad se ha elevado del 12 al 15%. Debemos señalar que aunque estos rendimientos de conversión de calor solar en energía son menos que el 35% al 40% de las modernas turbinas de vapor accionadas por el calor del combustible fósil, son bastante más altos que del 1% al 3% característicos de las máquinas solares de la era de Eneas.

Continuando con el *Scientific American*, se ve que las oportunidades y los objetivos permanecen siendo atractivos:

En el Oeste de América dentro de los últimos veinte años se ha comprobado que existen regiones en donde es especialmente deseable obtener un motor que pueda funcionar prácticamente sin combustible. Una de estas regiones es el desierto de California en donde los intereses sobre minería han surgido con ímpetu y también en regiones áridas e incluso en las más ricas porciones de la fértil California en conexión con la cuestión de irrigación. En el desierto el Sol brilla casi continuamente y en el sur de California el porcentaje de sol frente a las nubes es notable. Estas condiciones han llamado la atención sobre la posibilidad de un motor solar práctico y es interesante señalar que en South Pasadena, California, se ha montado una máquina de este tipo que esta realizando con éxito el trabajo para el que fue construida - una máquina automática funcionando mediante el calor del Sol.

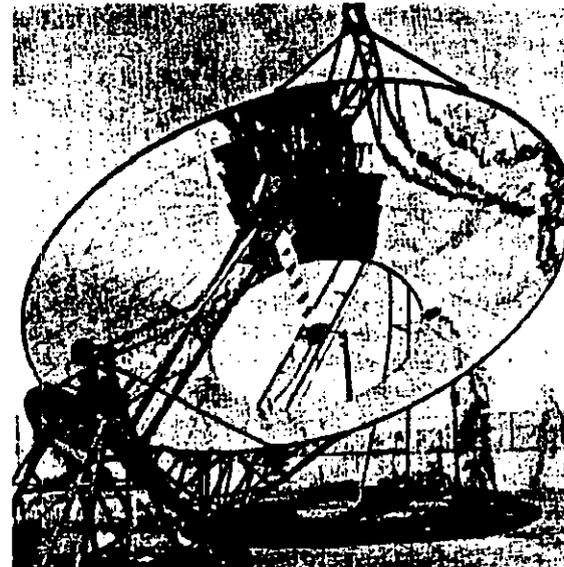
Esta máquina se exhibe en la Edwin Cawston Ostrich Farm, y ha atraído la atención de un gran número de personas, especialmente ahora que el sur de California se está viendo muy concurrido por turistas. Por su aspecto el motor recuerda un gran disco de vidrio y desde alguna distancia puede ser tomado por un molino de viento de cierto tipo, pero es disco es un reflector de 10.22 m. de diámetro en la parte superior y 3.97 m. en la parte inferior. La superficie interior está constituida por mil setecientos ochenta y ocho (1788) pequeños focos dispuestos de tal modo que concentran el sol sobre un punto central o foco.

En realidad el espejo era una sección de un cono, de modo que la luz en lugar de llegar a un "foco puntual" se enfocaba en una imagen lineal situada en el eje del cono. Aquí Eneas colocaba la unidad que actuaba como caldera.

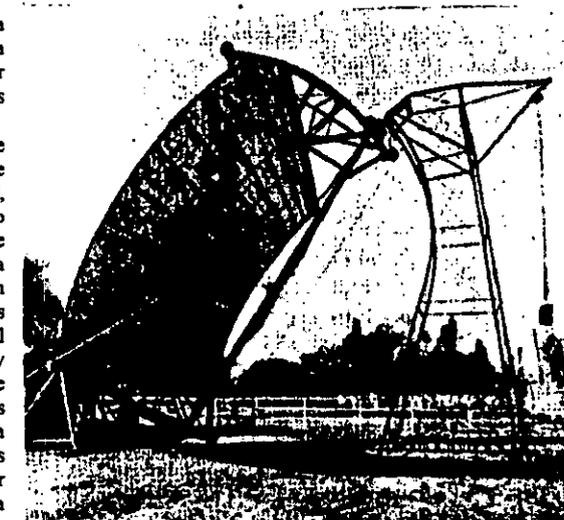
Como se ve en las ilustraciones que se acompañan como las de la derecha y página siguiente, está colocada la caldera, que tiene una longitud de 4.12 m. y contiene un centenar de galones de agua, dejando ocho pies cúbicos para el vapor. El motor puede ser el tema de no pocos comentarios y el personal que lo atendía, confidencialmente dijo que algunas de las cuestiones que se preguntaban eran notables. Una persona suponía que tenía algo que ver con la incubación de huevos de avestruz, y muchas preguntaban para que sirviese aquello siendo incapaces de comprender o apreciar la idea...

La cantidad de calor concentrado en la caldera por los mil setecientos ochenta y ocho espejos no puede apreciarse, pues nadie puede ver sino una pequeña nube de vapor que escapa; pero si un hombre subiese al disco e intentase cruzarlo se vería literalmente consumido y quemado en pocos segundos. El cobre se funde en un tiempo breve en dicho punto y un poste de madera arrojado dentro del círculo mágico arde como una cerilla. Que el motor es un éxito se ve por el trabajo que realiza - bombear agua procedente de un pozo ilustrando así las posibilidades de un sistema de irrigación barato y elevando mil cuatrocientos galones por minuto - igual a ciento cincuenta y cinco "pulgadas de minero". Hasta el momento actual ha producido unos resultados iguales aproximadamente a diez caballos de potencia pero se presume que pueda alcanzar los quince.

El motor es el resultado de cierto número de experimentos realizados por un grupo de capitalistas de Boston. Una de sus primeras producciones fue un reflector de plata que costó muchos millares de dólares pero que fue abandonado. El siguiente fue realizado sobre un modelo de la máquina de Ericsson en 1884, pero fracasó. Un tercero fue montado en Longwood, constituyendo también un fracaso. Se hizo también un cuarto intento, esta vez en Denver, que tuvo un éxito apreciable realizando la mitad del trabajo que el modelo de Pasadena. Finalmente se ha construido este último que ha constituido todo un éxito. Se pensó montar en la feria Panamericana un duplicado de esta máquina quizás mejorado. Los habitantes del Este en donde la lluvia cae con mucha frecuencia durante el año no pueden darse cuenta de lo que dicho motor perfeccionado significa en el Oeste en donde las tierras áridas solamente esperan el flujo de agua para florecer. En dichas regiones - y representar millones de millas cuadradas - el combustible es normalmente muy escaso siendo con frecuencia un factor tan importante que llega a determinar el éxito o el fracaso de un trabajo. Esto es esencialmente cierto en el desierto de California y en vastas regiones de Colorado, Utah y en los estados y territorios limítrofes. Las minas y plantas de bombeo suelen estar lejos de los ferrocarriles y en lugares en donde no se puede prever la existencia de combustible, necesitando transportarse la madera y el carbón desde largas distancias. En dichos lugares el motor solar es un verdadero regalo. Los cielos están comparativamente libres de nubes y la máquina puede empezar a trabajar una hora después del amanecer e incluso más temprano y continuar hasta media hora después de que se ponga el Sol. Es posible que con métodos más baratos de almacenar la electricidad pueda almacenarse energía suficiente durante el día para hacer funcionar la máquina por la noche o en ausencia de sol. Los inventores ya están experimentando con métodos de aumentar la eficacia de los motores y probablemente se verán en el futuro próximo algunos mayores y grupos de ellos..



Colector axicon de 33 pies de Eneas en Cawston Ostrich Farm.



Vista lateral del colector solar de Eneas.

Ningún invento en los tiempos modernos ha dado un ímpetu tal al desarrollo de las tierras áridas como el motor solar y ha sido visitado por muchos interesados en esta cuestión. El desarrollo de la California inferior se ha visto impedido seriamente por la carencia de combustible; siendo el país seco e inhóspito en los lugares en donde se sabe que existen ricas minas. La zona carece de nubes durante meses - en todos los sentidos es la tierra adecuada para el motor solar, puesto que el agua está bajo la superficie casi en todas partes y cuando se bombea y envía al suelo, la región que inicialmente es un desierto, puede hacerse fértil y literalmente florecer como una rosa.

Aubrey G. Eneas obtuvo dos patentes de su máquina solar el 26 de marzo de 1901. Las cosas empezaron a mejorar para la *Solar Motor Company* de Boston. La compañía abrió una oficina en Tempe, Arizona, cerca de Phoenix, con J. Murdo Bruns y Clifford S. Estos como representantes.

La primera bomba solar de Arizona fue construida por el Dr. A. J. Chandler para bombear el agua a su rancho algunas millas al sur de Mesa, Arizona, en donde está situada ahora la ciudad de Chandler. La instalación fue construida en el verano de 1903 por el mayor W. H. Jacques, anteriormente ingeniero con la *Bethlehem Steel Company*, pero el sistema no tuvo apenas ocasión de demostrar su rendimiento. El motor fue puesto en marcha, pero después de algunos días una parte en la que estaba apoyada la caldera en el foco del colector se rompió. La pieza era pesada y al caer dañó una parte considerable del reflector rompiendo también el tubo de la caldera. La bomba nunca fue reconstruida y el resto desapareció.

La segunda (¡y última!) bomba solar se construyó en 1904 y estuvo situada originalmente junto a las vías del ferrocarril Santa Fe, Prescott y Phoenix cerca de Tempe. Estaba situada, de acuerdo con el *Arizona Republican*, "en los pozos cercanos a la carretera, una milla al sur y un cuarto de milla al oeste de la ciudad". El objetivo previsto era el de ensayar el proyecto y hacer cambios mínimos para corregir sus deficiencias y divulgar las capacidades de la bomba antes de ofrecerla para su venta al público.

El motor solar de Tempe tuvo una inauguración bastante desafortunada el 21 de marzo de 1904, una fecha que sin duda se consideraba de buen augurio, por ser el equinoccio de primavera. El tiempo fue nuboso ese día y durante la semana siguiente ya que la luz directa es de absoluta necesidad para el tipo de colector solar concentrador de que se trata.

David Griffiths del Departamento de Agricultura fue a Tempe desde Washington, D.C. para ver la máquina en funcionamiento. Aparentemente quedó muy complacido puesto que el *Phoenix Republican* del 28 de junio de 1904 citaba lo siguiente: "El principio ha sido establecido; ahora todo lo que hace falta es conseguir que la máquina tenga un empleo práctico venciendo algunas imperfecciones mecánicas, lo que sin duda se conseguirá en muy poco tiempo".

La bomba trabajó bien hasta el 24 de agosto de 1904, cuando fue vendida a John May, un rancharo de Arizona del sur. El aparato fue desmantelado y trasladado a Willcox, Arizona en septiembre de 1904. Fue vendido por segunda vez y trasladado al rancho McCall cerca de Cochise, no muy lejos de Willcox, donde encontró su fin durante una tormenta de viento repentino. Los proyectistas presumían de que el proyecto con la parte inferior abierta era capaz de permitir que el colector especular sobreviviese a vientos de hasta 160 km/h. Se puede decir que un viento en Boston de hasta 160 km/h no es comparable con las tormentas de polvo de envergadura que se ven en un día de primavera cálida y en calma cerca de Cochise, Arizona. Las tormentas de polvo pueden ser pequeñas, solo de algunas yardas o metros de diámetro en su base, pero el viento gira rápidamente sobre su eje y el polvo suspendido puede reducir estructuras bien construidas a sus ingredientes básicos en breve tiempo. Se sospecha que éste puede haber sido el destino de las últimas de las máquinas de Eneas construida para su empleo en los Estados Unidos.

La unidad de Tempe tenía un diámetro superior a 11 metros y un diámetro inferior de 5.5 m., ligeramente mayor que el modelo de California de 1901 y el modelo de 1903 construido para Chandler. El peso de las partes móviles era de 3,800 kg. El precio de venta era de \$2,500 USD o \$3,000 USD si se instalaba por el fabricante. Los espejos eran de vidrio blanco (transparente, no verdoso), plateados por la parte trasera, y fabricados por Chance Brothers de Londres. El dispositivo se hacía funcionar arrollando un gran peso sujeto a un sistema de escape a la alta torre. Durante la mañana la persona que se ocupaba del aparato debería apuntar el espejo hacia el este, hacia el sol, arrollar el peso y dejar funcionar el escape de tal modo que el espejo señalaría el sol sin ninguna atención durante todo el día. Cada pocos días debería desplazarse la posición del pivote superior para corregir y tener en cuenta las pequeñas variaciones estacionales de la declinación del sol.

Las ventas de los motores solares fueron mas bien desanimadoras para los entusiastas de Boston. Una fue vendida al gobierno Egipcio para su instalación en Khartoun y se recibieron órdenes de construcción para dos más, una desde Bloemfontein y la otra desde Johannesburgo en Sudáfrica. No se vendió ninguna en los Estados Unidos. Al final los ingresos fueron pequeños y las ventas totales por la compañía totalizaron finalmente \$ 125,000 USD. a pesar de este gran esfuerzo de Eneas y de sus colaboradores de Boston, casi diez años de esfuerzo no dieron ningún resultado, sino solamente algunas fotografías interesantes en los periódicos y revistas de la época que están ahora almacenando polvo en los archivos de las bibliotecas.

Aunque las máquinas solares de Eneas ya habían perdido actualidad, la energía solar todavía produjo ciertas actividades en el sureste de Estados Unidos. Se encontraron anuncios en los periódicos de 1907 de la *Solar Furnace and Power Company* de Phoenix, Arizona. Desarrollaban un horno solar con una máquina de aire caliente, pero el comprador tenía también la opción de montar una máquina de vapor. Puesto que no se ha encontrado ningún registro de instalaciones que funcionasen realmente, parece probable que el producto principal de *Solar Furnace and Power Company* fue la venta de acciones. Algunos de los anuncios para estos equipos son muy efusivos. Se cita aquí un extracto.

Puede bombearse cualquier cantidad de agua, tanto de pozos profundos como superficiales: no se necesita combustible y una vez que esté instalada una planta se han terminado los gastos [¡La pregunta es si también máquinas de movimiento perpetuo como equipo adicional!]. Detengámonos y consideremos lo que significa poder reducir sin fuego ni combustible calor tan intenso que sea cientos de veces mayor que el que nunca se haya podido desarrollar antes por los grandes científicos en sus hornos más potentes [sin embargo, no dicen lo que su horno podrá hacer]... para fundir minerales o menas junto a la mina sin gastar en transporte a lo largo de muchos centenares de millas hasta la fundición, para bombear agua e irrigar millones de acres de tierras que carecen ahora de valor, pero con la adecuada irrigación permitirían establecer hogares para millares de personas, hacer mover dínamos y generar electricidad, para hacer funcionar tranvías, iluminar las ciudades y pueblos, calentar y alumbrar las casas y cocinar todo tipo de alimentos.

BENEFICIOS

Las máquinas pueden venderse para plantas de bombeo o irrigación; hay además diversos tipos de plantas de energía, para empleo doméstico, calefacción, iluminación, minería y en centenares de otros objetivos demasiado numerosos para su mención se ofrece cerca de un millón de acciones (las acciones que se consideraban se ofrecían a 2 dólares cada una de ellas para estaban seguros de que subirían hasta 10 dólares e incluso 15 en un año). Cada acción de estas se venderá con toda probabilidad fácilmente por más de 2 dólares por acción. Con parte de este dinero se pueden comprar millones de acres de tierra que carecen ahora prácticamente de valor desde 25 centavos a 5 dólares por acre e instalando las plantas de Bombeo Solar se podrán vender de 10 a 100 dólares por acre.

En vista de estos párrafos no puede uno asombrarse de que la energía solar adquiriese la reputación que tuvo y que el público rápidamente colocase la energía solar en aquella parte de la mente que se reserva para todos los esquemas según los cuales uno se puede hacer rico rápidamente.

Si volvemos ahora al mundo real de los experimentos técnicos de la energía solar ¿se puede ver algún mensaje en los fallos de estos nobles esfuerzos?. La falta de energía barata haría atractivo explotar el sol en el suroeste. En las ciudades se disponía de energía eléctrica en una extensión limitada, pero las líneas de distribución eléctrica no eran disponibles en las áreas de baja densidad de población. Parece difícil para nosotros ahora darnos cuenta de que incluso en los primeros años 30 la electrificación rural era solamente un sueño. Una razón para el fallo de estos sistemas fue el descubrimiento y el desarrollo de los campos de petróleo en California y Texas. Esta nueva fuente de energía fue transportable hasta las áreas rurales y resultó barata debido a su abundancia. El contenido en energía de un galón de petróleo significa que las máquinas de combustión interna pueden producir energía y aplicarla a las bombas con un dispositivo muy compacto que es sencillo de hacer funcionar y de mantener. (Aunque los motores de gasolina en los años 20 y 30 agotaban muchas veces la paciencia de los usuarios.)

Otro factor, y éste es muy importante, es que la energía solar procedente de las máquinas de Eneas podía obtenerse sólo durante las horas del día en el caso de días claros. Por consiguiente, no se disponía con la facilidad con que se obtiene cuando se cierra un interruptor o se conecta el arranque de un motor. Esta limitación fue claramente real al grupo de Boston, puesto que sus miembros prometieron que este problema desaparecería con la aparición de baterías baratas y de larga vida. "Justo a la vuelta de la esquina". Pues bien, 70 años más tarde todavía no se ha dado la vuelta a dicha esquina. Las baterías siguen siendo caras y de vida corta y solamente son útiles para aplicaciones limitadas.

Se puede uno maravillar en este punto de la razón por la cual se persevera en el sueño de la energía solar como la gran esperanza para la energía de la humanidad. Las máquinas solares actúan como fallos decepcionantes cuando se comparan con nuestras esperanzas. ¿Existen todavía razones para esperar una solución?. La promesa de un éxito final se piensa que viene dada por la historia de un hombre que apareció en la escena de la energía solar, Robert H. Goddard.

La visión de Goddard.

El 17 de julio de 1929, cerca de Worcester, Massachusetts, salía de un granero un extraño aparato delgado. Se componía de dos cilindros de metal alargados conectados por tuberías que tenían una cámara de combustión en su parte superior. Las personas que manipulaban este aparato lo colocaron verticalmente entre tres postes de acero. Pocos minutos después se oyó un rugido profundo, surgió una nube de humo y de polvo y el aparato delgado, lentamente se movió hasta el firmamento -hasta llegar a unos 300 pie, es decir 100 metros, en donde una explosión terminó con el vuelo. Robert H. Goddard había lanzado el primer cohete de combustible líquido que superaba los 50 pie. (El primer cohete de combustible líquido en la historia había sido lanzado por él en marzo de 1926, tres años antes, pero sin éxito.)

A pesar de la minúscula altitud alcanzada, un observador, Charles A. Lindbergh, se dió cuenta del enorme significado de la visión de Goddard y convenció a la familia de Guggenheim para que apoyase a Goddard con 100,000 dólares. ¿Realmente podían ellos tenían idea de que un día de julio, 40 años y tres días después, dos hombres bajarían de un aparato del mismo tipo en el Mar de la Tranquilidad a 360,000 km. del planeta Tierra?

Para volver a nuestra disgresión, ¿qué tiene que ver el Profr. Goddard con la energía solar? La respuesta es que tuvo mucho que ver. La historia retrocede a 1917 en Pasadena, California y a C.G. Abot (Abot en 1920 utilizó un colector plano en una aplicación doméstica para cocinar y lavar aunque fracasó esta estufa solar por encontrarse en el traspatio.) y su colega G. E. Hale, astrónomo y fundador de observatorios. Ambos estaban entonces trabajando sobre investigación militar en el observatorio antiguo de Hale, el observatorio antiguo de Mount Wilson. Entonces Goddard estaba allí haciendo cohetes experimentales de combustible sólido para el *Army Signal Corps* y organizando su último sueño, descrito en una publicación de 1919, titulada "Método para alcanzar altitudes extremas", Goddard tenía en mente tanto a la Luna como a los planetas Marte y Venus.

Mientras estaban en los laboratorios de Mount Wilson, Goddard y Abbot discutieron otros problemas de la humanidad: la energía solar. Goddard reaccionó con entusiasmo y la primera de las cinco patentes sobre energía solar fue del 10 de junio de 1924. La contribución de Goddard a través de este invento y los cuatro subsiguientes no fue en las ideas básicas sino en las innovaciones de ingeniería proyectadas para hacer las ideas antiguas más prácticas. Es evidente que compartía las ideas de Abbot expresadas anteriormente: "Con el tiempo, la fabricación seguirá en gran extensión al Sol. Los desiertos pueden todavía resultar grandes áreas industriales".

Los aparatos proyectados por Goddard se suponía que aumentaban la energía utilizable desde el usual 3% o 4% hasta el 50% según él señalaba. Su método parece correcto. Aumentaba el rendimiento haciendo aumentar la temperatura del fluido del trabajo es decir el rendimiento de Carnot. Señalemos que las patentes de Goddard muestran toberas como en sus cohetes para aumentar la velocidad de los vapores emitidos de sus "acumuladores solares". En 1929, el periódico del domingo del *New York Times* levaba un artículo que atrajo mucha atención sobre la publicación de

Goddard de un artículo en octubre de 1929 en el *Popular Science Monthly* titulado "Un nuevo invento para controlar el Sol". Fue la última palabra de Goddard sobre energía solar.

Desde el punto de vista de la energía solar fue poco afortunado el hecho de que Lindbergh convenciera a la familia Guggenheim para apoyar los experimentos de cohetes de Goddard, pues a partir de entonces la atención de Goddard fue pronto totalmente ocupada con sus nuevos equipos de ensayo de cohetes cerca de Roswell, Nuevo México. Para la exploración espacial fue una decisión que hizo época pero dejó el reto de la energía solar sin responder como sucede hoy en día.

1.6 Período posterior a la segunda guerra mundial (1945 - 1965)

La energía solar adquirió un relieve extraordinario inmediatamente después de la segunda guerra mundial cuando los científicos buscaron nuevos lugares donde aplicar los talentos que habían estado dedicados a los programas de tiempo de guerra. Uno de los problemas principales era el de las nuevas naciones que surgieron del naufragio de las colonias. La mayor parte de estas naciones carecían de energía y de capital. Quizás pudiera ser útil para ellas la energía solar, aunque no lo fuese en las naciones avanzadas. Este objetivo presentaba un gran interés y fue ávidamente perseguido por muchos investigadores. Las naciones avanzadas todavía no habían llegado a darse cuenta de la importancia que la energía solar tendría en su propio futuro, de modo que los resultados estuvieron muy lejos de los objetivos previstos. Los inconvenientes que aparecieron al intentar poner en marcha este campo al final de los años 1960 debería ayudar a prepararnos para evitar nuevos contratiempos, ahora que la energía solar ha resultado una opción de energía nueva fundamental de modo repentino en los años 1970.

Si bien el surgimiento del interés en el potencial de la energía solar había sido enfocado inicialmente sobre las naciones nuevas pronto fue ampliado a las naciones avanzadas. Una investigación realizada en 1952 por el gobierno de los Estados Unidos, basada en el entusiasmo evidenciado en los periódicos de la época predecía que para 1975, 13 millones de hogares de los Estados Unidos serían calentados y refrigerados mediante la energía solar. Pero en 1958 había quizás docenas de edificios calentados con la energía solar y en 1970 menos de la mitad de este número casi todo el resto había sido convertido a sistemas de calefacción "práctica" (Una figura solitaria que todavía vive en una casa con un sistema de calefacción solar es el pionero de las aplicaciones de la energía solar modernas, el Dr. George Lof de Fort Collins Colorado.) Surge una pregunta natural: ¿por qué fallaron tan lamentablemente las predicciones? La respuesta es doble: (1) no existía una necesidad urgente de energía solar, puesto que parecían abundantes otros combustibles más baratos y (2) el calor solar no era competitivo desde el punto de vista económico.

En el área de suministro de agua caliente el éxito fue mayor. En 1960 se estimó a partir de los registros de las ventas reales, que estaban en uso 25,000 unidades domésticas en Florida y California. Aproximadamente 250,000 estaban entonces en utilización en Japón -unidades simples y baratas pero seguras, de modo que pudiesen proporcionar un baño de agua caliente por la tarde en un país en donde los recursos de combustible son escasos.

Una prueba de resurgir la esperanza en la utilización de la energía solar fue la programación de conferencias especiales que trataban de este tema. Mencionaré algunas de ellas:

1950. - H. C. Hottel organizó un simposio sobre "Space Heating with Solar Energy", que despertó mucho interés sobre la calefacción doméstica.

1951. - El astrónomo Harlow Shapley organizó una conferencia sobre "The Sun in the service of Man" haciendo un mayor énfasis sobre la utilización biológica.

1952. - Tuvo lugar una conferencia en la *Ohio State University* sobre "The Trapping of Solar Energy".

1953. - Farrington Daniels organizó un simposio sobre la "Utilization of Solar Energy" apoyado por la *National Science Foundation*, que en aquella época era una empresa nueva para apoyar el desarrollo de la ciencia en los Estados Unidos. La Conferencia tuvo un objetivo amplio y sus propósitos fueron aclarar el estado presente de la tecnología relativo a los empleos de la energía solar e investigar sus empleos futuros. Esta Conferencia fue la primera de otras muchas que cubren el objetivo completo de las aplicaciones de la energía solar y produjo un gran incremento de actividad en la última mitad de la década.

El interés mundial en nuestros días sobre la energía solar quedó patente en 1955 en Tucson y en Phoenix, Arizona, donde tuvo lugar un simposio mundial sobre energía solar aplicada. Casi 900 personas se inscribieron en dicho simposio representando a la industria el gobierno la educación y las finanzas. Además fueron científicos y delegados de 36 países. Se presentaron un total de 80 dispositivos eléctricos que utilizaban las nuevas células solares.

Un examen de las categorías de interés relacionadas por la Asociación para la Energía Solar Aplicada en 1955 muestra el objetivo del trabajo que hacía en aquella época.

Conversión biológica	Sistemas de almacenamiento de calor.
Colectores de concentración	Refrigeración doméstica.
Cocinas	Calefacción doméstica.
Destilación	Fotovoltaicidad.
Máquinas y bombas	Producción de sal.
Colectores de placa plana	Generadores de vapor
Hornos	Calentadores de agua
Bombas de calor.	

El número de países que realizaban investigación en aplicaciones de energía solar estaba también impresionante

Argelia	Alemania
Argentina	Holanda
Australia	India
Congo Belga	Israel
Bélgica	Italia
Brasil	Japón
Canadá	Kenia
Cuba	Líbano
Chipre	Marruecos
Egipto	Holanda
Estados Unidos	Nueva Zelanda
Inglaterra	Sudáfrica

Francia
Africa occidental francesa

Suiza
Rusia

Los propósitos del renovado interés de la energía solar pueden verse examinando el número de publicaciones de cada década. Este censo de artículos excluye empleos "naturales" tales como la evaporación del agua para producir sal, pero incluye todas las demás incluyendo patentes:

1870 - 1879:	6
1880 - 1889:	22
1890 - 1899:	20
1900 - 1909:	33
1910 - 1919:	26
1920 - 1929:	21
1930 - 1939:	101
1940 - 1949:	126
1950 - 1959:	878
1960 - 1969:	2144

Esta lista muestra claramente el resurgir del interés que hubo en las décadas de 1900 y 1910 y de nuevo en 1930 y 1940, pero se vieron completamente eclipsadas por el récord de los años 1950 y 1960. En estos años el desarrollo de la ciencia fue exuberante y se esperaba que resolviese todos los problemas del mundo. A principios de la década de 1970 el mundo se dió cuenta lentamente de que las soluciones a los problemas no se obtienen automáticamente por la aplicación de la Gran Ciencia. Durante este tiempo el interés en las publicaciones descendía hasta un punto a partir del cual ya no hubo apoyo suficiente para mantener el cuartel general de la *International Solar Energy Society* en Tempe, Arizona, ni la publicación de la revista *Solar Energy*. El centro de publicación fue transferido a Australia en donde se mantuvo viva la llama del interés. Pero la revista realmente cesó de publicarse durante largos períodos a principios de la década de 1970, hasta que la crisis de energía surgió abruptamente en 1973.

Para regresar a la narración de la historia de la energía solar, cito dos nuevos sucesos que conmovieron grandemente a la década de 1950. El primero fue el anuncio en 1954 por los laboratorios de la Bell Telephone de una batería solar. El segundo fue el impacto del lanzamiento orbital del primer satélite tripulado por Rusia en 1958.

M. Chapin, C. S. Fuller y G. L. Pearson, produjo una gran conmoción. El efecto físico no era realmente nuevo, puesto que ya había sido descubierto por Becquerel en el selenio de 1893. El interés se vio al elevado rendimiento de conversión de las nuevas células de silicio. Los científicos registraron un rendimiento del 6% en sus primeras células y el 11% al cabo de los 12 meses siguientes. El trabajo teórico indicaba que podría obtenerse incluso el 22%.

Las predicciones referentes al futuro de las células solares recorrieron toda la gama de la imaginación. El techo de un edificio recubierto con células solares parecía la respuesta al problema de convertir la luz solar en energía eléctrica para empleo doméstico. Sin embargo había otros problemas con toda seguridad: ¡en aquella época el costo de cubrir el techo de una casa modesta era de 2 millones de dólares!

Las células solares habían encontrado empleos prácticos en importantes en el espacio, en donde el costo no es una barrera y no se dispone de otras fuentes de energía. Tres años más tarde, en 1957, se enviaron las primeras células de silicio sobre cohetes para demostrar que podrían sobrevivir al

viaje y producir energía útil. En 1959 el primer satélite Vanguard con éxito llevaba 108 células para dar energía a su aparato de radio. El crecimiento en el número de células de silicio en las aplicaciones espaciales se indica en la siguiente tabla:

1958	108 células (05 W total)
1962	154,000 células (5.4 kW total)
1969	3,000,000 células (105 kW total)

El costo ha sido reducido drásticamente a la vista del volumen necesario desde un costo inicial de aproximadamente 1,000 dólares el watt hasta aproximadamente 100 dólares el watt (0.35 dólares por célula) en 1970. En comparación, un generador eléctrico de turbina de vapor moderno cuesta aproximadamente 100 - 150 dólares por kilowatt, aproximadamente un millar de veces menos que las células solares. Aunque el generador de vapor utilice combustible derivado del petróleo durante sus veinte años de vida, el costo inicial para que la célula solar resultase atractiva como fuente global de producción de energía debía ser aproximadamente de 0.05 dólares por célula; este objetivo todavía parece más allá de cualquier esperanza de logro aunque se ha realizado un gran esfuerzo en los últimos quince años intentando conseguirlo.

Algunos años después del descubrimiento del la Bell Telephone, vino la última palabra de Rusia en donde habían desarrollado un nuevo tipo de célula solar que no se deterioraba en el espacio bajo el bombardeo de partículas iónicas. Habían descubierto que si el núcleo de silicio estaba originalmente dotado con impurezas p y se difundían en la superficie átomos de fósforo en lugar de átomos de boro, la superficie resultaba de tipo n. En este caso la capa n se hace suficientemente gruesa para absorber los fotones de la luz solar y liberar un fotón expulsado al sustrato p. Sin embargo, los costos básicos eran tan altos que sólo podían utilizar las células de silicio en las aplicaciones espaciales y algunas otras. El gran problema de hoy es hallar el modo de reducir fundamentalmente el costo de la célula solar. En esta investigación se tendrá poca atención a las propias células puesto que estas fuera del campo de competencia. Sin embargo, se estudiarán los colectores solares en su aplicación como concentradores solares y los de capa plana¹

La investigación en la década de 1960 dió como resultado el descubrimiento de otros materiales fotovoltaicos, compuestos esta vez, tales como el arseniuro de galio (GaAs). Estos compuestos podían funcionar a temperaturas más altas que el silicio pero eran mucho más caros. También se desarrolló el sulfuro de cadmio (CdS) pero, aunque podía hacerse en piezas mayores, su rendimiento de pico era bajo, menor que el 5% y tenía otros problemas adicionales. Como resultado neto, las células fotovoltaicas no han servido como respuesta para las necesidades de energía eléctrica ordinaria.

El rápido desarrollo de las posibilidades espaciales de la NASA y las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos durante la década de 1960 hizo posible que los equipos de investigación industriales del gobierno y de la universidad estudiaran el espectro completo de sistemas generadores de energía. Puesto que los factores de costo no eran una barrera importante, se estudiaron todos los efectos conocidos. Los mas importantes son los siguientes:

- Pilas o baterías químicas.
- Células de combustible.
- Células solares (fotovoltaicas).
- Máquinas/turbinas solares.

¹ Romo Zamudio Carlos Eduardo.

"Integración de la Energía Solar al diseño arquitectónico" Tesis Profesional. Facultad de Arquitectura. UNAM. Antología de Publicaciones. "Thermophotovoltaics." Artículo publicado en la revista Scientific American de Septiembre de 1998 por Timoty J. Coutts y Mark C. Fitzgerald. Pag 68 - 73.

Células termoeléctricas nucleares y solares.
 Convertidores megnetohidrodinámicos.
 Convertidores termoiónicos.
 Convertidores emisores fotoeléctricos.

Las células de combustible recibieron gran publicidad por su empleo en la misión espacial Apolo a la Luna. Tenían un rendimiento mucho mas elevado en el empleo de sus combustibles, hidrógeno y oxígeno, que el que se obtendría si estos combustibles se quemasen simplemente y el calor se utilizase mediante una máquina o turbina para accionar el generador eléctrico. Se parecen algo a las baterías pero utilizan reactivos de alta energía en lugar de iones químicos como sucede en las últimas citadas.

Una batería típica tiene una capacidad energética del orden de 22 - 44 Wh/kg de batería. Una célula de combustible típica, por otra parte, tiene una capacidad del orden de 550 Wh/kg. Una célula de almacenamiento de energía térmica, importante en la aplicaciones energéticas solares es donde la luz solar es intermitente, tal como el hidruro de litio (LiH), tiene una capacidad de 5,000 Wh/Kg. esto último parece excelente, pero hay que recordar que esta energía es térmica en lugar de eléctrica, de modo que los 2,300 Wh deben multiplicarse por el rendimiento de la "máquina" que transforma la energía térmica en eléctrica. Un ciclo de conversión del 10% haría una célula del LiH comparable a una célula de combustible, pero un rendimiento del 1% al 2% es mas probable, en cuyo caso es comparable a una batería química.

Las fuentes de energía nuclear, ampliamente conocidas como generadores SNAP, se han utilizado para misiones espaciales de larga duración. A pesar del problema que surge con el nombre "nuclear", estos generadores utilizan simplemente el calor de los radioisótopos emisores, por ejemplo, el polonio 210. Los dispositivos termoeléctricos convierten luego este calor en electricidad.

La termoelectricidad fue descubierta en 1822 por un físico denominado Seebeck y aunque entonces no se comprendía lo que se estaba observando, hoy día se conoce como "efecto Seebeck". Un termopar se compone de dos conductores diferentes con los extremos unidos. Cuando uno de estos extremos o "pares" se coloca en un ambiente caliente y el otro en un ambiente frío, fluye una corriente eléctrica por los conductores. Los distintos metales tienen diferentes valores del potencial termoeléctrico, así que la investigación inicial pretendía hallar las combinaciones que daban efectos más grandes. Rendimientos netos tan elevados como el 4% fueron registrados por Abram Ioffe en 1956 en Rusia. Los generadores más recientes SNAP tienen un rendimiento del 5.5%.

En lugar de los pares tradicionales hierro - constantán o platino y platino - iridio se han utilizado algunos materiales bastante exóticos para los termopares. En los compuestos binarios se asocian ahora telurio de plomo con antimonio de zinc, con un rendimiento teórico del 10%. El sulfuro de samario es un compuesto exótico que permitiría funcionar los termopares hasta 1,100° C. En compuestos ternarios la mezcla de plata, antimonio y telurio es útil y existe incluso un compuesto cuaternario de bismuto, telurio, selenio y antimonio.

El rendimiento de un termopar depende de la diferencia de temperaturas que pueda mantenerse entre los extremos caliente y frío, de modo que para obtener rendimientos elevados deben utilizarse los materiales cerca de su punto de fusión. Por consiguiente, en el caso de conversión de energía solar se necesitan colectores concentradores.

La *Westinghouse Corporation* construyó un generador termoeléctrico solar para la NASA que utilizaba un paraboloide de 2.0 m. de diámetro enfocado sobre 32 termopares y producía 125 W a 4V con un rendimiento del 3%. Así estimaron que el costo potencial de dicho sistema podría ser tan bajo como 0.7 - 0.10 dólares / kWh, es decir, alrededor de 20 veces el coste de la energía eléctrica ordinaria.

La *General Atomic Division* de la *General Dynamics Corporation* construyó un colector termoeléctrico solar muy ligero para la NASA que producía potencia a razón de 1kW cada 9 Kg

En 1954 Maria Telkes construyó generadores solares termoeléctricos que utilizaban diversos tipos de compuestos metálicos para las uniones sensibles. Así anunció que se obtenían las uniones más sensibles utilizando un electrodo de antimonio de zinc con impurezas de otros aditivos y un segundo electrodo de antimonio de bismuto en una relación de 91:9. Un colector de "caja caliente" con este termoelemento tiene un rendimiento del 0.6% mientras que otro con un colector concentrador daría un rendimiento del 3.4% y una energía de salida de 0.15 W.

Los trabajos realizados por V. A. Baum en Rusia incluyen un generador termoelectrico solar compuesto por 850 uniones zinc-antimonio y constantán calentadas mediante un espejo parabólico de 2.0 m. de diámetro. La unidad producía 18.9 W a 21 V con un rendimiento del 3.4%. Para una potencia de salida de 40 W, las uniones se deterioraron rápidamente. En 1960 los investigadores del *Krzhizhanovski Power Institute* de Moscú construyeron un espejo parabólico de 1.2 m² y utilizaron diversas uniones de termopar basándose en aleaciones de telurio que funcionaban con un rendimiento del 1.5%.

El problema principal en el caso de los generadores termoeléctricos es hallar materiales que combinen altas propiedades termoeléctricas con una duración adecuada para un período de vida de funcionamiento largo. Una vida de un año es un objetivo razonable para dichos materiales en el caso de las aplicaciones espaciales, bastante alejado de los 20 a 40 años de vida necesarios para hacer que un sistema sea económico en el caso de las aplicaciones terrestres de alta potencia.

El efecto termoiónico también se ha utilizado para convertir el calor, bien procedente del Sol o de otra fuente térmica, en energía eléctrica. Cuando un metal u otro elemento o compuesto adecuado se calienta hasta la incandescencia en el vacío, emite espontáneamente electrones. Triodos ideados ingeniosamente pueden separar estos electrones y producir una corriente entre el cátodo caliente y el ánodo frío. La adición de vapor, como el de cesio, dentro del tubo en el que se ha hecho el vacío aumenta el rendimiento del proceso. Sin embargo, un problema básico consiste en que se necesitan temperaturas muy elevadas, de 1,100° a 2,600 °C. Puesto que el ánodo debe estar próximo al cátodo (del orden de una centésima de milímetro), es difícil de mantener una gran diferencia de temperatura.

Puesto que el rendimiento de Carnot se aplica aquí como a todos los demás sistemas de conversión térmica, el rendimiento depende directamente de la capacidad de un proyecto particular para hacer eliminar el calor del ánodo.

La *General Electric* produjo en 1957 un convertidor termoiónico de 1-W. En 1960, la *TRW Corporation* había construido un sistema de 250-W, 28 V con un rendimiento máximo del 15%. el mismo año la *General Electric* produjo un generador por calentamiento solar de 500-W para las Fuerzas Aéreas y en 1962 tenía en funcionamiento una unidad de 105 diodos calentados por un espejo de 4.9 m. de diámetro en su estación de investigación situada en Phoenix, Arizona. En 1963, la *Thermo-Electron Corporation* de Waltham, Massachusetts, construyó una unidad de 5 diodos y de 3.5 libras de peso accionada por energía solar para la NASA que se esperaba tuviese un año de vida de funcionamiento. La vida de un convertidor termoiónico está limitada puesto que la temperatura debe ser tan alta que el material catódico, incluso en el caso de metales ultrarrefractarios como el tungsteno o en tántalo, se evapora lentamente y se deposita en la ventana del tubo de vacío. Los más recientes convertidores termoiónicos de vapor de cesio con molibdeno, cobre y tántalo, cuando funcionan a 2,200 °C, pueden producir 20 W/cm² con un rendimiento del 15%. El período de vida de funcionamiento de dichas unidades puede alcanzar ahora los dos o tres años a estos niveles de potencia.

Se han hecho diversas propuestas para sustituir el cátodo termoiónico por un cátodo fotoemisivo. Las superficies fotoemisoras se utilizan ampliamente en fotocélulas, fotomultiplicadores y dispositivos de tubo de imagen. No desarrollan, por ejemplo, una corriente o tensión por sí mismas, como lo hacen las células de silicio. Deben utilizarse otras técnicas para obtener potencias extraíbles de estos dispositivos de modo que aunque estas superficies fotoemisoras son bastante baratas de preparar, no se ha desarrollado ningún dispositivo práctico debido a otros factores que complican el proyecto.

Hasta ahora se ha hablado sobre elementos y compuesto sinorgánicos fotosensibles o termosensibles ¿Qué decir acerca de compuestos orgánicos? Muchas moléculas orgánicas son fotosensibles y algunas han sido investigadas para la conversión de la energía solar. Estamos familiarizados con una que actúa diariamente y que es la molécula de la clorofila. Un sistema biológico natural utilizando clorofila es muy poco eficiente aunque, a lo largo de eones, ha hecho posible los depósitos de carbón del mundo entero. En una planta de maíz el rendimiento neto es del 0.3% y en el trigo es de 0.1%. Las cosechas en que se da celulosa en gran cantidad producen aproximadamente 1090 kg / ha de combustible seco por año. Los experimentos con cultivos de algas realizados por la A. D. Little Company prometían 7,000 kg / ha. por año a un costo en las "fabricas" de aproximadamente 0.55 dólares / kg, que es bastante caro para un combustible (en 1970).

Existen modos de utilizar las moléculas fotosensibles diferentes de las que se utilizan en los sistemas biológicos. Es concebible que el equivalente de una célula de silicio pudiera ser construido a un coste pequeño por metro cuadrado. Se han realizado pocos progresos y difícilmente puede mejorar, puesto que los rendimientos esperados son bajos y estas moléculas se descomponen fácilmente a la luz solar - un fallo fatal en una molécula que debe funcionar a esta luz durante un tiempo largo para que sea económicamente atractiva.

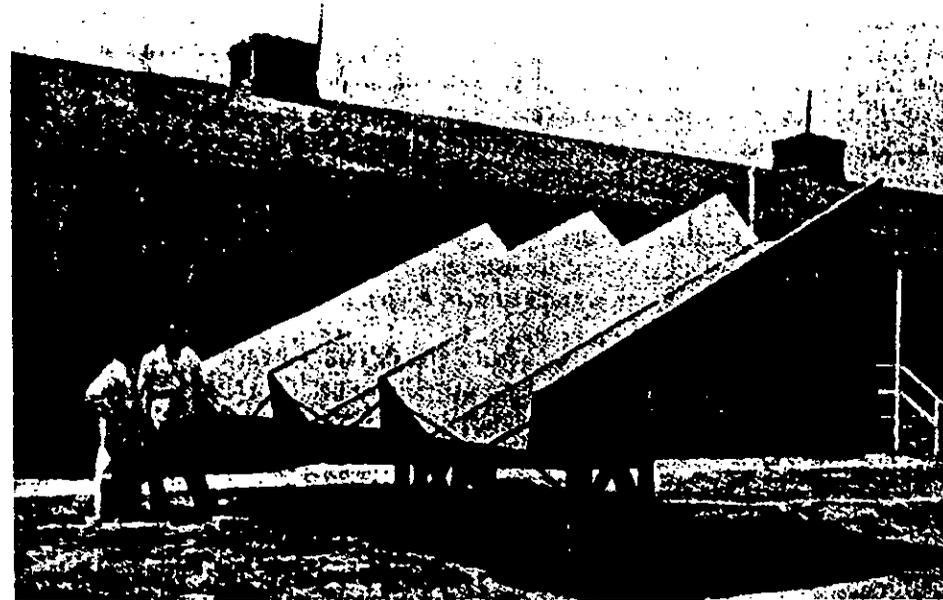
El motor de Stirling, inventado en 1816 por el Revdo. Robert Stirling, todavía juega un papel en los dispositivos de energía solar incluso en las aplicaciones espaciales. Es una máquina térmica con "combustión" externa de aire caliente con un regenerador que evita la disipación del calor entre los ciclos. En 1958 los laboratorios de la N.V. Phillips en Eindhoven, Holanda, construyeron algunas máquinas experimentales cuyo rendimiento anunciado era del 40%. Aunque se obtuvo este rendimiento, la relativamente lenta transferencia de calor desde el extremo caliente de la cámara de gas a dicho gas, limita el rendimiento dinámico de la máquina. También en 1958, la *Allison Division* de la *General Motors* desarrolló una máquina de Stirling.

En 1960 Farrington Daniels de la Universidad de Wisconsin y T. Finkelstein del Battelle Memorial Institute realizaron una mejora en la máquina solar tipo Stirling sustituyendo la cabeza *conductora de calor* del cilindro por una ventana de cuarzo *transmisora de la luz solar*. Por consiguiente, el calor podía transmitirse directamente a la superficie del pistón. Puesto que el calor todavía debe de ir al gas que trabaja dentro de la máquina, esta modificación era menos eficaz de lo que parecía a simple vista. Se necesita un gas de trabajo *opaco* mas la cabeza de cuarzo para mejorar el ciclo Stirling y hacerlo útil en las aplicaciones prácticas.

La *Thermo-Electron Corporation* experimentó con máquinas de ciclo Stirling cerrado, concentrándose, no sobre la energía solar, sino sobre combustibles ordinarios como fuente de calor. Su máquina utilizaba tiofeno (tipo CP-34 de Monsanto) como vapor de trabajo; sin embargo, existen complicaciones graves puesto que el tiofeno es un líquido altamente volátil y tóxico. En este momento el proyecto se ve con problemas por los cuatro oponentes de los sistemas económicos: otro, tamaño, peso e inconvenientes de la demanda de potencia.

Harry Tabor del Laboratorio Físico Nacional de Israel desarrolló en la década de 1960 una turbina para utilizar la energía solar. Como gas de trabajo utilizó una molécula hidrocarbonada pesada, el monolorobenceno, funcionando en un ciclo cerrado. Su turbina funcionó a 150°C , a 18,000 rpm y produjo electricidad a 50 ciclos por segundo. Estimó el costo de la energía generada como 0.035 dólares por kilowatt. Su colector se componía de cilindros de plástico inflados, con la parte superior transparente para admitir la luz solar y la parte inferior aluminizada para enfocar dicha luz sobre el tubo colector del calor. Estimaba que el 75% del coste de este tipo de colector representaba un gran avance en los costos de los colectores que enfocan la luz.

La SOMOR Corporation de Lecco, Italia, produjo sobre una base comercial un pequeño generador eléctrico accionado por absorbedores de placa plana solares y reforzadores de espejo tipo Shuman (ver fig. derecha). El funcionamiento de esta unidad fue muy sensible a las pérdidas de calor y el margen entre el funcionamiento y su funcionamiento resultó ser muy pequeño. El rendimiento de la conversión era sólo de algunas unidades por ciento en el mejor de los casos y el costo de la electricidad producida bajo condiciones favorables fue del orden de 0.1 dólares por kilowatt. Las bombas con funcionamiento solar tipo SOMOR fueron construidas en cinco tamaños que iban desde 0.1 a 2.2 kW. La unidad de 0.1 kw se vendía por 437 dólares en 1955. Las bombas solares SOMOR recibieron una amplia publicidad, pero las ventas fueron decepcionantes desde el punto de vista comercial.



También se han realizado experimentos con una diversidad de fluidos con objeto de hallar alguno que diera un rendimiento superior en las máquinas solares. El cloruro de etilo es un fluido que ha recibido una atención considerable. Cesare Romagnoli en 1923 construyó una bomba de irrigación utilizando agua caliente para el colector solar a 55°C para calentar el cloruro de etilo como fluido de trabajo. En Libia se utilizó en 1954 por L. d'Amelio una modificación en la que utilizaba una turbina accionada por el cloruro de etilo. Otro motor de cloruro de etilo fue construido por Enzo Carlivari en la isla de Ischia y se dijo que había desarrollado 3.4 kW.

En la India fueron construidas varias máquinas experimentales por M.L.Khanna y M. L. Ghai en el Laboratorio de Física Nacional de Nueva Delhi. Fueron máquinas pequeñas de aire caliente y ciclo abierto de tipo solar y una de ellas fue proyectada para funcionar con un potencial de Carnot alto. El colector de esta máquina era un paraboloide y producía temperaturas tan altas como 700°C , pero las piezas de la máquina no podían soportar estas temperaturas durante un tiempo grande de funcionamiento.

Durante la década de 1950 se realizaron en Rusia diversos intentos de utilizar la energía solar con grandes sistemas, F. Molero del helio Power Laboratory del Instituto de Energía de la Academia de Ciencias rusa, desarrolló una planta generadora de vapor en Tashkent, Uzbekistán, utilizando un colector parabólico. Este sistema se utilizó para bombear agua para irrigación y como planta de refrigeración y de calefacción.

Un proyecto muy ambicioso planeado en 1957 fue descrito por V. A. Baum, R. R. Aparasi y B. A. Garf del Instituto de Energía de Moscú. Este sistema recuerda la propuesta realizada por C. G. O. Barr en 1896. La gran caldera del generador de energía estaba fija y los espejos se movían sobre vías de ferrocarril. La caldera estaba sobre una plataforma elevada a 42 metros sobre el suelo de modo que los arcos concéntricos de espejos sobre los vagones de ferrocarril podían reflejar la luz del sol hasta la caldera sin interferencia mutua. El colector solar debería tener un área de 19,000 m². Estos espejos deberían montarse en 1293 plataformas de ferrocarril agrupadas en 23 trenes sobre 23 vías concéntricas separadas. Cada espejo tendría 3.0 m. por 5.0 m., construido a su vez con 28 espejos más pequeños. Al moverse el sol durante el día, los trenes deberían cambiar de posición y también debería de variar el ángulo de los espejos de modo que la imagen del sol incidiera siempre sobre la caldera.

Se construyó un modelo a escala 1:50 de este gran sistema y se realizaron estudios completos de la distribución de la energía solar en el foco. La variación de "temperatura" en la vecindad del foco fue luego utilizada en el proyecto del absorbente y de diversas funciones realizadas con el sistema de caldera. Sin embargo, nunca se construyó el sistema a escala natural debido a la incapacidad del sistema para competir con el combustible natural derivado del petróleo que entonces apareció en Siberia, que la localización propuesta del sistema gigante.

Una de las sugerencias más recientes para la generación de energía eléctrica enfocaba el problema desde un ángulo nuevo. Si no se puede construir un gran colector, ¿por qué no utilizar colectores "naturales", como los estanques salinos que hay en el mundo?

En 1963 H. Tabor resumió sus estudios sobre esta cuestión de producción a gran escala de energía eléctrica mediante un método relativamente nuevo en el que intervenía el atrapamiento del calor en los grandes estanques salinos. Su modelo para un sistema a gran escala era un estanque solar de 1 a 2 m. de profundidad con un fondo negro artificial. El calor quedaba atrapado cerca del fondo del estanque por el agua que contenía un gradiente de densidad alto de sales adecuadas, tales como el cloruro de magnesio. El calor recogido se retiraba por conducción a través de tuberías de fluido colector que estaba en la parte inferior del estanque. La elevación de temperatura del fluido era pequeña, desde aproximadamente 30° C a 45° C, de modo que el rendimiento de Carnot era muy bajo, aproximadamente el 10%. Teniendo en cuenta las demás pérdidas, Tabor estimaba un rendimiento neto del .3% al 1,7%.

Tabor cita el caso de un estanque solar de 1 km² que generaría 3,400 kW produciendo aproximadamente 30 millones de kW de energía por año. Aunque el estanque tiene ciertos problemas prácticos conectados con las perturbaciones que el viento produce en el gradiente de densidad, la extracción del calor a baja temperatura, la pérdida por evaporación y el mantener limpio el estanque, el 962 Tabor creía que ofrecía la promesa de ser el método más barato de esta energía solar a gran escala.¹

¹ Meinel, Aden B.; Meinel, Marjorie P.

"Aplicaciones de la Energía Solar". 1a. Edición. Editorial Reverté. Barcelona 1982. 699 pp. ills (pag 1-37)

A principios de este siglo se empezó a aplicar la energía solar a la arquitectura. En México se empezó con la utilización de láminas negras para calentar el agua. En la actualidad se utilizan láminas negras con tubos negros como colectores es decir que estamos hablando de una historia de colectores planos de 60 a 70 años.

Durante un período de 30 años en la Universidad Nacional Autónoma de México con la fundación del Instituto de Ingeniería en cuyas azoteas había colectores y tinacos para el aprovechamiento del sol posteriormente el Instituto de Investigaciones en Materiales para la Energía Solar constituyó el antecedente inmediato de la Centro de Investigaciones de energía solar que se encuentra en Temixco, Morelos dirigido hasta la fecha por el Dr. Manuel Martínez Fernández.²

² Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas del Arq. Simón Bali Babani en la Facultad de Arquitectura. UNAM. período 1997-1998



*SISTEMAS SIVOS DE
APROVECHAMIENTO.*

"¡Qué maravilloso y sorprendente esquema tenemos aquí de la magnífica inmensidad del universo! ¡Tantos soles [...] tantas tierras...!"

*CHRISTIAN HUYGENS
Nuevas conjeturas concernientes
a los mundos planetarios,
sus habitantes y producciones (h. 1670)*

SISTEMAS PASIVOS DE USO DE LA ENERGÍA SOLAR.

Se encuentran en uso dos tipos básicos de sistemas de aprovechamiento de la energía solar: el sistema pasivo y el sistema activo. Los sistemas pasivos son relativamente poco costosos, no requieren mantenimiento y duran indefinidamente porque no hay partes móviles que se desgasten. Sin embargo, esos sistemas son relativamente deficientes comparados con los activos, ya que no permiten el almacenamiento de calor a largo plazo ni el control automático del calor en el edificio.

Los sistemas activos son más costosos porque requieren la instalación de equipo especial. El costo puede fluctuar entre unos cientos de dólares y muchos miles, de acuerdo con el tamaño del sistema. Hay ciertos requisitos de mantenimiento y la vida útil del sistema depende de la calidad del diseño, del equipo y de la instalación. Los sistemas activos de energía solar permiten almacenar el calor y tienen controles automáticos.

Sistemas pasivos.

En los sistemas pasivos de aprovechamiento de la energía solar, la estructura del edificio se diseña de manera que se pueda captar el calor durante el día para liberarlo gradualmente durante la noche. No hay manera de transferir el calor de una habitación a otra, excepto por los fenómenos naturales de convección, radiación y conducción.

Aquí se hablará fundamentalmente de los sistemas activos de energía solar; pero los sistemas pasivos destinados a obtener el calor y controlar sus pérdidas son sumamente importantes. Pueden proporcionar al local grandes cantidades de energía "gratis".

La energía del sol se puede captar simplemente planeando la construcción en forma adecuada. El edificio se puede construir de muchas formas; cuadrado, rectangular, en forma de L, en forma de T o introduciendo variantes. Las construcciones rectangulares presentan al sol las mayores áreas de techos y muros y se pueden orientar en cualquier dirección; pero se puede recoger la cantidad máxima de energía orientándolos según el eje este oeste a un ángulo de 30° E con relación al sur. Para la construcción se pueden emplear muchos materiales; pero los muros orientados al norte, al oeste y al este deben tener un área mínima de ventanas y máxima resistencia al flujo del calor. El muro orientado al sur debe tener un área máxima de ventanas. El exterior del edificio puede recibir muchos tratamientos y, en la obtención pasiva de la energía solar, el paisaje alrededor se debe disponer de manera que proteja a la casa del calor en el verano y del frío en el invierno. También se pueden colocar toldos controlables en las ventanas, para permitir que entre el sol en el invierno e impedir que entre en el verano.

Una vez diseñado el edificio como colector solar, se debe procurar que sea capaz de retener el calor. Se pueden emplear materiales de masa térmica elevada. Los muros, techos y pisos de piedra, de tabique o de concreto, absorben el calor y lo liberan al bajar la temperatura exterior. Las cortinas en las ventanas y el aislamiento adicional retardan la disipación del calor.

Los sistemas pasivos trabajan por sí solos por medio de aire y agua subiendo la temperatura cuando ésta tiende a bajar. Son más económicos, por lo que se recomiendan para poblaciones de escasos recursos económicos. Estos sistemas de aprovechamiento de energía solar se puede complementar con un sistema activo para géneros de edificios más complejos o simplemente usar los sistemas pasivos para arquitectura habitacional.

Sistemas activos.

Un sistema activo de energía solar consiste en el equipo necesario para atrapar el calor del sol y utilizarlo para calentar el agua y el ambiente. Normalmente, estos sistemas tienen controles automáticos. Pueden o no incluir un sistema convencional para calentar el agua, que sirva como fuente de energía adicional complementaria. La tecnología necesaria para instalar sistemas activos de energía solar destinados a calentar el agua y el ambiente y producir refrigeración, se encuentra ya disponible. El sistema se puede diseñar de manera que satisfaga una, dos o las tres necesidades.

El *colector* es el dispositivo mediante el cual se atrapa la energía solar. Generalmente se coloca sobre el techo del edificio o próximo a éste. En su forma más simple, el colector solar no es más que una caja plana con trozo de plástico o vidrio transparente encima de su superficie. La energía solar fluye a través de la cubierta y queda atrapada en el interior.

Por lo general el colector tiene unos tubos en el interior, los cuales tienen un medio de transferencia del calor. Este medio puede ser agua o cualquier otro líquido. El medio de transferencia al circular por el colector es calentado por la energía solar y luego obligado a circular a través del sistema por medio de bombas.

El líquido calentado se bombea hacia un tanque central de almacenamiento que por lo general contiene agua. Cuando se necesita calor, las bombas hacen circular el líquido caliente hasta un intercambiador de calor. Un intercambiador de calor típico se parece al radiador de un automóvil. El agua caliente se bombea a través del serpentín, mientras que el aire del edificio se hace pasar entre las aletas fijadas al serpentín para ser calentado y utilizado como calefacción.

Los sistemas activos de energía solar difieren de los sistemas pasivos en que aquéllos tienen un sistema forzado de distribución del calor. El calor se transfiere mecánicamente hasta el área de utilización. Según el tipo de sistema, puede transferir el calor de líquido a aire o de líquido a líquido. Estos sistemas tienen controles para regular el agua caliente o la temperatura del edificio. Funcionan en forma parecida a los termostatos de los sistemas de calefacción convencionales. Ciertos controles sirven para regular el flujo del medio de transferencia entre el colector y el sistema de distribución.

Como el sol no brilla permanentemente, la mayoría de los sistemas de energía solar requieren de un calentador auxiliar, que puede ser un quemador de gas o petróleo para calentar el agua, o una estufa o caldera convencional para calentar el ambiente.¹

¹ Montgomery, Richard H.; Budnick, Jim.

"Energía Solar". Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. Editorial Limusa Grupo Noriega. México. 1992. pag 5-3 a 5-10.

Ver en:

Romo Zamudio Carlos Eduardo.

Tesis Profesional. Facultad de Arquitectura. Unam. "Antología de Publicaciones" La tecnología solar ya está lista"

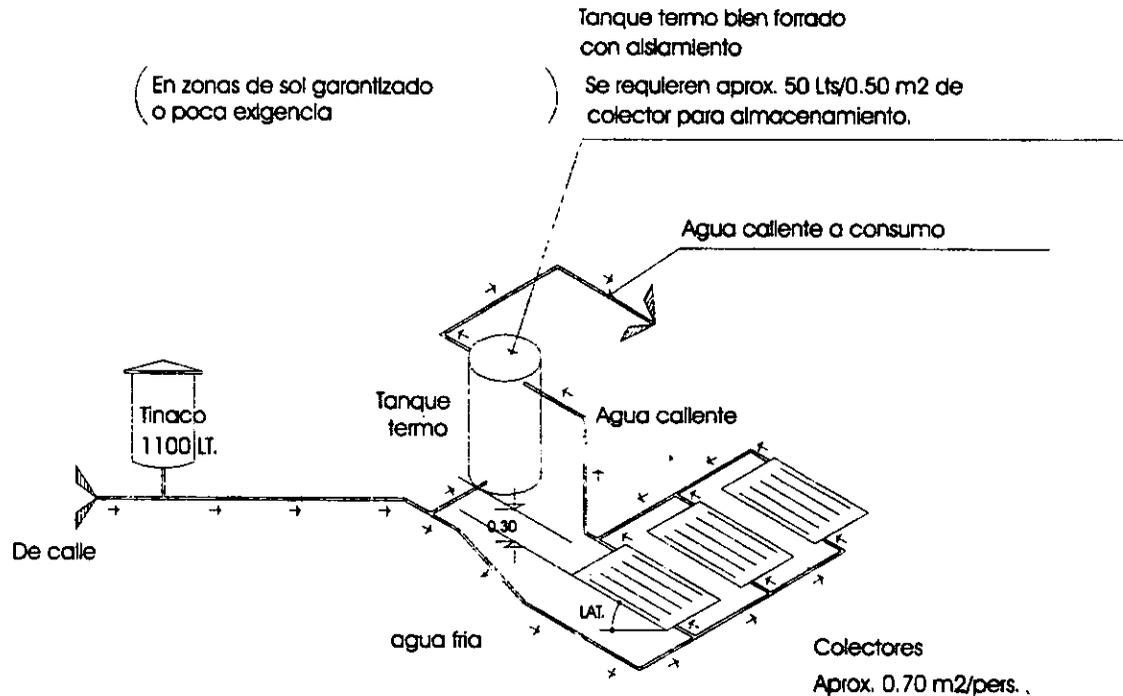
En Resumen:

Los sistemas pasivos Trabajan por sí solos utilizando la fuerza de la naturaleza por medio de aire y/o agua que suben la temperatura cuando esta tiende a bajar. Son más económicos, naturales, convectivos. Se recomienda para personas y poblaciones de escasos recursos.

Ejemplos:

Moviendo agua: TERMOSIFON

Moviendo aire: MURO TROMBÉ.



**FUNCIONAMIENTO DEL
TERMOSIFON**

cabezal superior del colector de donde se recoge para ser introducida por el extremo superior del tanque termo de almacenamiento y de aquí pasar a la red de distribución de agua caliente para su consumo.

Los sistemas activos Necesitan aparatos mecánicos como ventiladores y bombas para funcionar, por lo tanto son más costosos pero son más eficientes

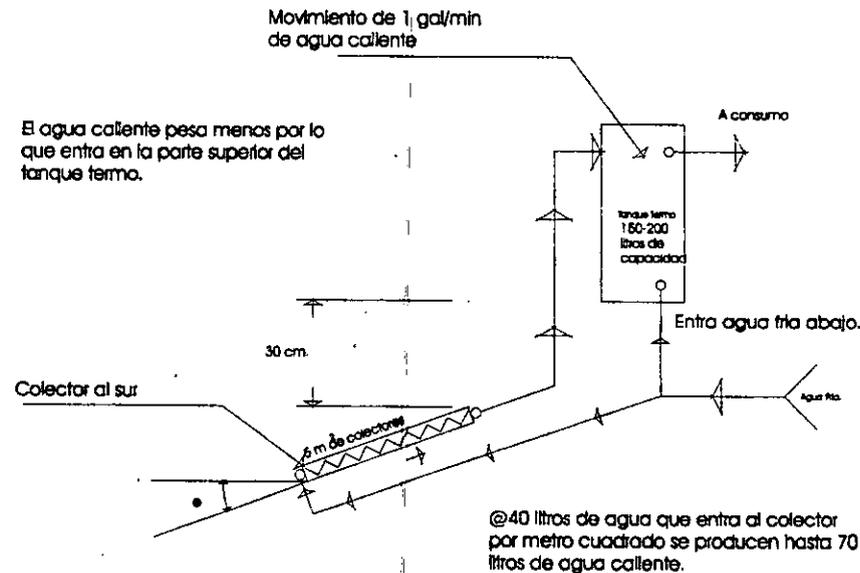
Ambos sistemas se pueden complementar para diferentes géneros de edificios muy grandes y complejos o simplemente usar sistemas pasivos en arquitectura habitacional.

TERMOSIFÓN:

Este sistema es apto para el calentamiento del agua, la cual es introducida a la instalación en la parte inferior de los equipos, proveniente ya sea de la red urbana, municipal, del tanque de almacenamiento de agua (tinacos); en los colectores el agua se calienta y con esto disminuye su densidad por lo que tiende a subir por los tubos a hasta alcanzar el

Es condición de que para que funcione el efecto de termosifón, la base del tanque termo de almacenamiento este 30 cm. como mínimo del extremo superior de los colectores, como se indica en el gráfico de la izquierda.

Si se desea el agua contenida en el tanque termo puede hacerse pasar nuevamente por el sistema de captación, conectando la base del tanque al extremo inferior de los colectores, conjuntamente con la conexión proveniente del tinaco. También y dependiendo de las necesidades del habitador es posible conectar la salida del tanque termo a un calentador convencional para cuando no hay la suficiente radiación solar ocasionada por días nublados y para el funcionamiento nocturno cuando los requerimientos de agua caliente a esta hora así se soliciten.¹



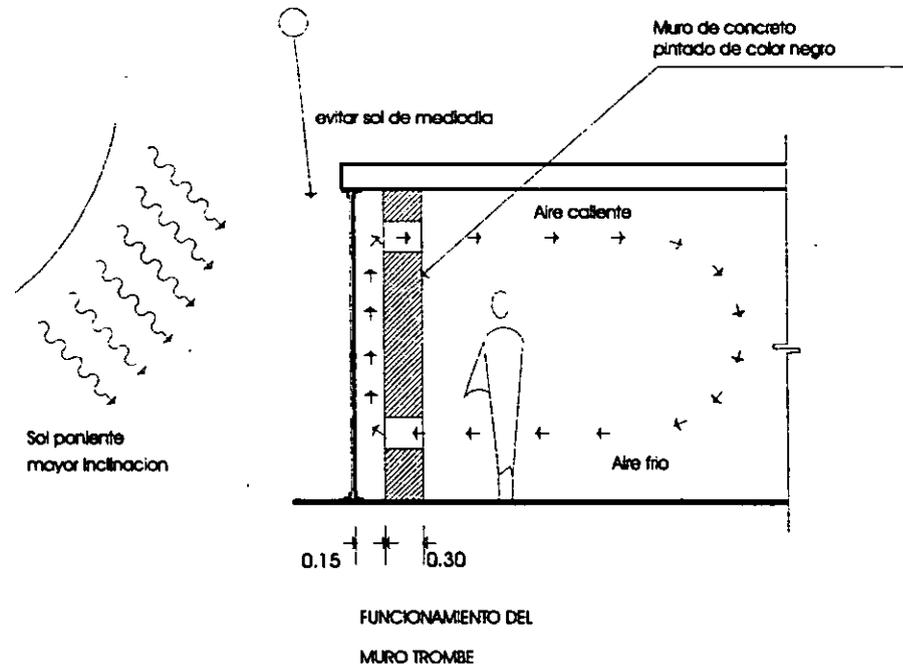
TERMOSIFON

Consiste en el movimiento convectivo del agua. Es el más económico y el más usado en todo el mundo

¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas. del Arq. Simón Bali Babani. Facultad de Arquitectura. UNAM. Periodo 1997-1998. Romo Zamudio Carlos Eduardo.

Anexo Metodológico de la Tesis Profesional en la Facultad de Arquitectura. UNAM. Visita a la Casa Ecológica Autosuficiente. Parque de Loreto y Peña Pobre en México D.F.

MURO TROMBÉ:

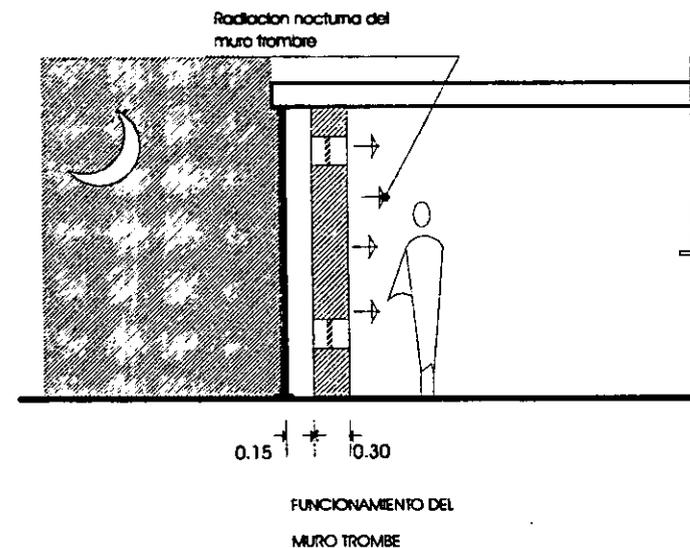


Si el calor es muy excesivo, se pueden colocar también unas ventilas en el vidrio para permitir la salida del aire excedente.

El muro de concreto, además de su función de captador de la energía solar también tiene la tarea de almacenar el calor; después de la puesta del sol y durante toda la noche, se cierran las rejillas para evitar que se escape el calor que se había almacenado en el muro

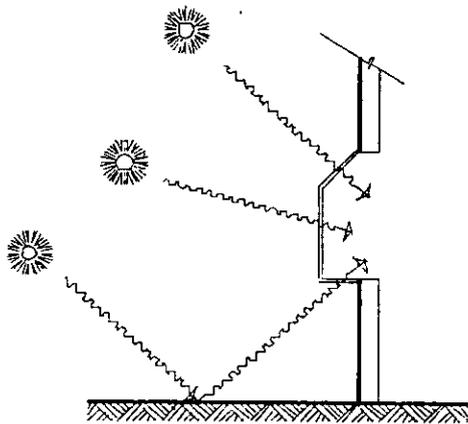
En este sistema se emplea el aire como fluido captador. Para que este sistema tenga efecto se requiere de que la habitación se ubique hacia el poniente que es cuando los rayos del sol son más horizontales. El procedimiento constructivo es el siguiente, aunque sigue el mismo principio de efecto de invernadero del cual se ha estado hablando con anterioridad:

Consta de un muro de concreto de 30 cm. de espesor pintado de negro para que actúe como masa térmica y un vidrio transparente colocado enfrente del muro una distancia de 15 cm. para poder retener la radiación emitida por el propio muro. Con esto el aire interior se calienta y asciende solo es necesario abrir unas rejillas para conducirlo al interior por medio de los naturales fenómenos de convección. Al enfriarse el aire desciende y se deja salir por medio de otra rejilla inferior instalada también en el muro de concreto.

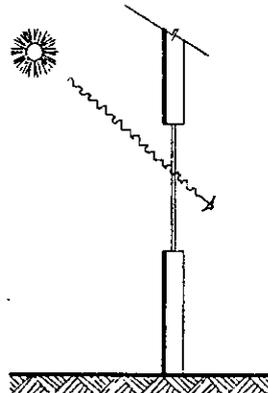


1. - CAPTACION.- Por medio de colectores planos de agua y de aire, parabólicos
Masas térmicas.
2. - ALMACENAMIENTO.- Tanques de agua caliente
Cajas y/o closets de piedras (para aire caliente)
Sales de cambio de fase (sales eutécticas) de bromuro de calcio.
Masas térmicas.
3. -DISTRIBUCIÓN.- Movimientos convencionales de agua y de aire
Bombas
Extractores
Ventiladores
Ductos y rejillas.¹

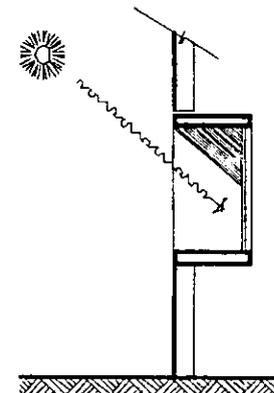
VENTANAS, DOMOS, TRAGALUCES Y PARTELUCES.



Ventanas salidas en forma de caja a manera de invernaderos captan mayor cantidad de energía solar

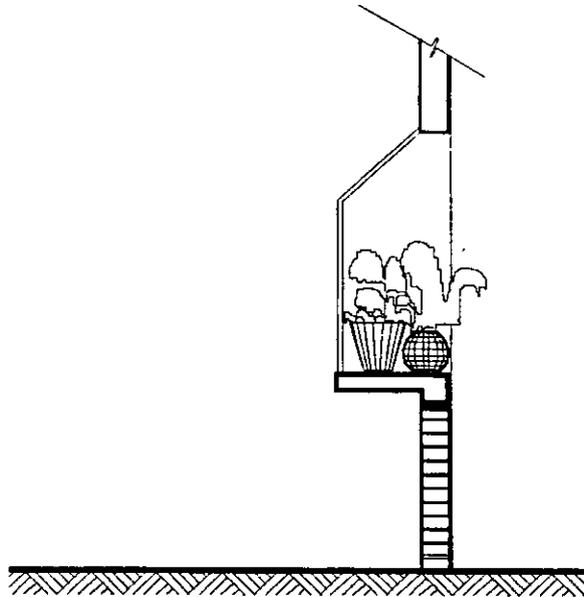


Ventanas a paño del muro de la fachada.



Las ventanas rematadas son mas frescas y las mas usadas.

¹ Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas, del Arq. Simón Bali Babani, Facultad de Arquitectura, UNAM, Periodo 1997-1998.



Aunque una ventana salida capta muy bien la energía solar en todas sus variantes, directa, difusa y reflejada, también tiene mucha pérdida de calor durante la noche, así que es más recomendable emplear variantes de estos tres tipos de ventanas y aprovechando el efecto de invernadero que se produce para sembrar plantas y flores ya sea de ornato o hasta comestibles para consumo propio o para su comercialización.

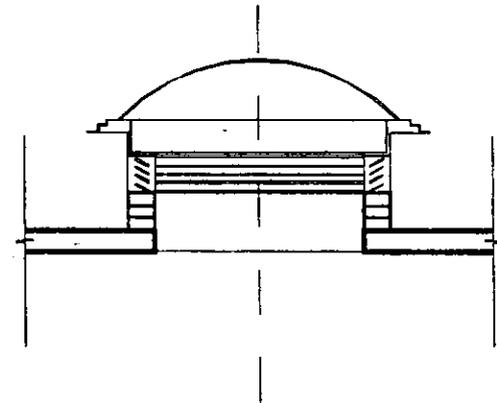
Este ejemplo es muy recomendable para los departamentos de la Ciudad de México que, por encontrarse en edificios de altura carecen de patios y jardines en donde se puedan cosechar plantas y flores; así que un balcón o terraza que forme parte del diseño de la fachada puede ser muy útil y benéfico para las familias mexicanas debido a que el precio de los comestibles se incrementa demasiado por el simple hecho de tenerlos que transportar desde las tierras de cultivo hasta las ciudades.

Además de que el ambiente que se genera en el interior es más apacible por el simple hecho de hacer participe a los elementos vegetales en el diseño de los espacios interiores otorgando una atmósfera de tranquilidad, serenidad y frescura. Lo único que se deberá cuidar son los posibles insectos que las plantas puedan atraer, pero esto se consigue con un estudio minucioso y detallado, apoyado de un botánico que nos pueda asesorar que plantas repelen a los insectos.

Posteriormente se hablará de aspectos ecológicos y de reforestación con todo lo que se refiere a los árboles como un complemento de diseño en la arquitectura.

Por otro lado están los domos, los tragaluces, las linternillas y los dientes de sierra. Estos se emplean ya que es mucho más recomendable las luces rebotadas varias veces que la luz directa del sol.

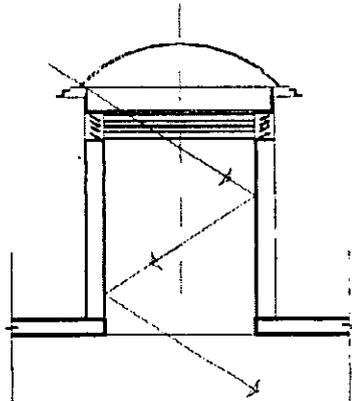
Para evitar la pérdida de calor durante la noche se pueden emplear persianas solares que pueden estar fijas en el exterior de las habitaciones, conocidos como parteluces, desarrollados en la obra con un sistema constructivo específico¹ en concreto o acero, también pueden y en el interior del edificio y ser móvil, estas persianas pueden estar hechas a base de plástico o metal y ser controladas por medio de sensores heliotérmicos o manualmente.



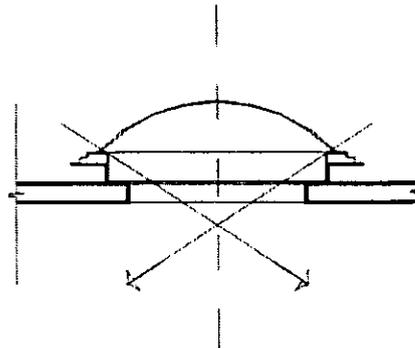
Domo usual.

¹ Caso de la celosía de concreto realizada en el edificio de Hospitalización de Ortopedia en la obra del Centro Médico de Rehabilitación, en Tlalpan D.F.

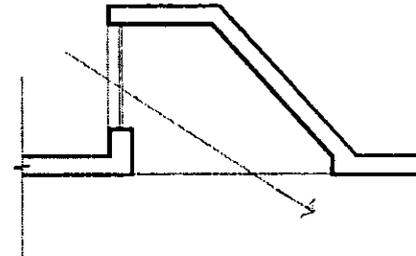
Están en fase experimental todavía algunos métodos de protección ante la pérdida de calor como lo son las esferas de unisel que se introducen entre dos vidrios a manera de aislamiento térmico en la noche y en la mañana se extraen de la ventana para permitir la entrada del sol, ambos



Bien: luz rebotada.



Mal: Luz directa

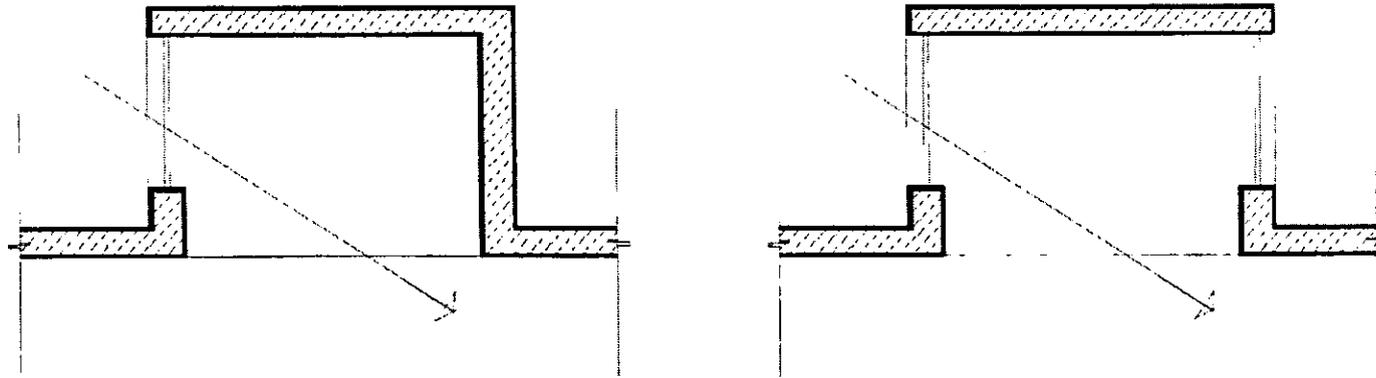


Dientes de sierra.

procedimientos se realizan por medio de una bomba. También se han empleado a manera de persiana, tambos negros que contienen agua en su interior o botellas de plástico con agua teñida de negro con anilina negra; en ambos casos se requieren de enormes cantidades de agua para generar un ambiente confortable para el habitador pero no dejan de ser intentos por el aprovechamiento de la energía solar y su integración en la arquitectura.



Dientes de sierra en la obra del Centro Médico de Rehabilitación, Tlalpan. D.F.



Linternillas. Con entrada de luz desde uno de sus lados hasta por los cuatro lados dependiendo de las necesidades de iluminación del habitador.

Dientes de sierra rectos y curvos en la obra del Centro Médico de Rehabilitación, Tlalpan. D.F.





*SISTEMAS DE ENFOQUE
DE APROXIMACIÓN.*

*El Sol todo a templar va,
sereno y sutil.
nuevo a un mundo muestra ya
su semblante Abril.*
Carl Orff, "Carmina Burana" 1937

SISTEMAS ACTIVOS DE USO DE LA ENERGÍA SOLAR.

Arquimedes incendió las naves romanas que cercaban Siracusa, concentrando sobre ellas los rayos del sol por medio de espejos cóncavos. Eso, al menos, es lo que pretende la historia. Y, aunque el hecho es controvertido, la idea que subyace en él ha sido fecunda: ha dado lugar, veinte siglos más tarde, a realizaciones técnicas importantes.

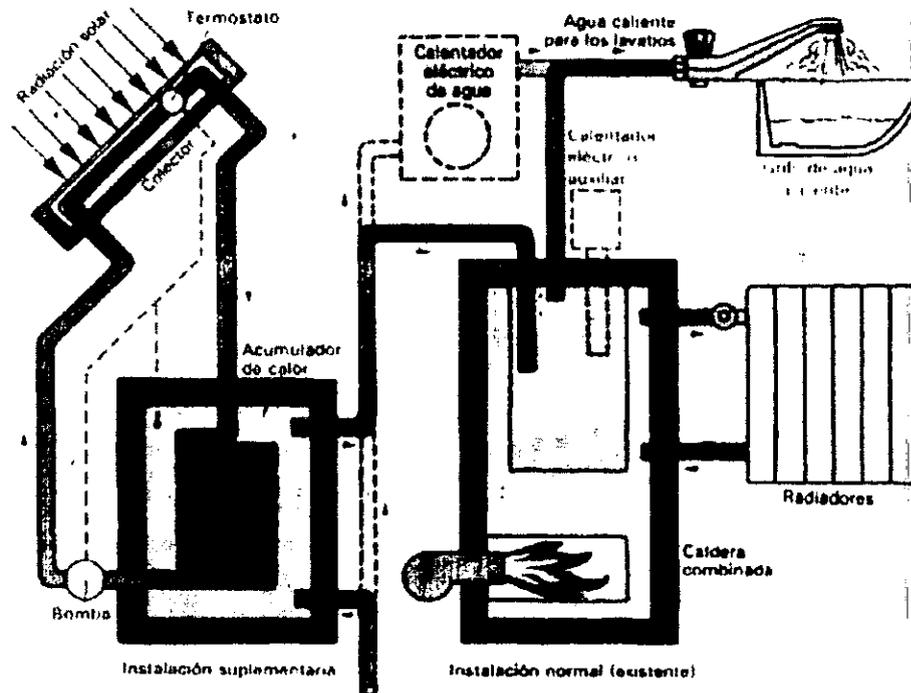


Un horno solar en los Pirineos.

El horno solar de Odeillo, en los Pirineos franceses, es una obra pionera. Se halla en servicio desde principios de los años 70 y sirve para fabricar materiales refractarios destinados a la industria aeroespacial. Sin embargo, por los que hoy llama la atención es por su contribución al desarrollo de los sistemas de producción de electricidad. En efecto, el 19 de noviembre de 1976, la red francesa de electricidad recibió por primera vez corriente eléctrica producida en dicha central por una planta piloto que aprovechaba la energía solar. Aunque este dispositivo es de escasa potencia, pues sólo suministra 64 kilovatios por término medio, está desbrozando el camino a realizaciones más importantes.

Se previó que una central de 2 megawatios, programada por el proyecto *Themis* funcionara en el año de 1980 en el sur de Francia. Se han proyectado otras centrales en Europa y Japón, que podrán suministrar un megawatio o más. Pero el proyecto de este género más ambicioso que existe procede de Estados Unidos, donde se espera poner en funcionamiento una central de 10 megawatios en California.

El horno solar de Odeillo, en los Pirineos franceses consta de 3,000 m² de espejos planos móviles, dispuestos en una ladera que hay frente al horno; siguen al sol en su movimiento y dirigen los rayos solares hacia el espejo parabólico fijo que se ve en la foto. En el foco de este gigantesco espejo, la temperatura alcanza 3,600° C. Una placa de hierro de 3 cm. de espesor y 30 cm. de diámetro puede fundirse en menos de un minuto.



La calefacción por radiación solar, el calor procedente del sol es captado por los colectores, que lo ceden a un depósito de agua convenientemente aislado, llamado también acumulador de calor. De ahí, el agua caliente se dirige hacia la instalación de la calefacción central y de agua caliente. Cuando las circunstancias meteorológicas impiden su funcionamiento, entra en acción un quemador de gas o un calentador eléctrico.

Una torre en un campo de espejos.

Las mencionadas instalaciones e diferencian de una central térmica ordinaria en cuanto a la fuente de calor que utilizan. En efecto, en ellas el calor se obtiene concentrando la radiación solar con ayuda de un sistema de espejos móviles, llamados *helióstatos*, sobre una caldera situada en lo alto de una torre. Un fluido caloportador circula entre la caldera y un generador de vapor, que, a su vez alimenta a un turboalternador, y un acumulador de calor intercalado en el circuito, asegura el funcionamiento normal de la central cuando el sol está oculto.

A igual potencia, una central solar ocupa mucho más espacio que los sistemas usados actualmente para obtener energía; este es uno de los problemas que presenta el aprovechamiento de la energía solar. Por ejemplo, en Europa una central de 100 megawattios exigiría disponer

10,000 helióstatos de 50 m² cada uno, que ocuparían entre todos una extensión de algo más de 1 km². Para obtener una producción igual a la de todas las centrales eléctricas españolas. Habría que cubrir de espejos toda la provincia de Guipúzcoa.

Captar la energía a domicilio.

Muchos ecólogos que son partidarios de la energía solar se muestran, sin embargo reticentes a que sea explotada mediante centrales de gran potencia sobre todo por el grave daño que tales centrales infligirían al paisaje¹. Preconizan utilizar la omnipresente radiación solar, pero no limitarse a ella; por lo tanto son partidarios de emplearla de un modo lo menos centralizado posible, mediante captadores locales. Ya hay en el mercado diversos modelos de estos captadores destinados sobre todo a calentar el agua de consumo doméstico y a la calefacción de las viviendas.

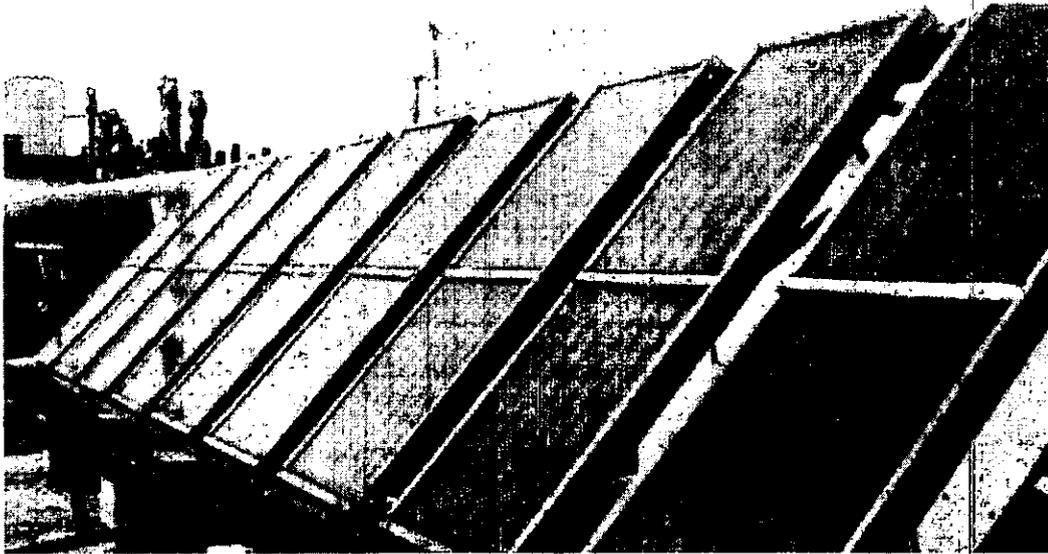
Como ya se ha visto hay dos tipos de captadores locales. El primero de ellos está basado en concentrar los rayos solares por medio de espejos focalizantes, compuestos en su gran mayoría por láminas de superficie cilindro parabólica. Un fluido caloportador extrae la energía solar que los pequeños espejos focalizantes han concentrado sobre un diminuto receptáculo llamado *hogar* o *caldera*. Este sistema utiliza la radiación directa del Sol y, por lo tanto, solo es utilizable cuando hace buen tiempo; sin embargo, permite alcanzar temperaturas relativamente elevadas. Una variante de dicho dispositivo consiste en recubrir al captador de energía solar con un vidrio, impidiendo ahí que el aire enfríe el circuito del fluido caloportador.



El segundo tipo de captadores de energía solar utiliza lo que he venido nombrando, el llamado *efecto invernadero*; que son los captadores o colectores planos que esencialmente están formados por una superficie negra recubierta de uno o varios vidrios. La superficie negra absorbe la luz y la emite de nuevo en forma de rayos infrarrojos, que quedan retenidos por el dispositivo, ya que el vidrio no es transparente a dicho tipo de radiaciones. Una cama de tubos, en los cuales circula un fluido caloportador, extrae el calor recogido. Estos captadores, contrariamente a los espejos focalizantes, pueden explotar también la radiación difusa, es decir, la que no proviene de la exposición directa del Sol; por lo tanto, pueden funcionar también en tiempo nublado, aunque, desde luego, entonces suministran menos calor que cuando hace buen tiempo.

¹ En sitios en donde hay una enorme cantidad de radiación al día, alrededor de las 500 cal/cm²/día como lo desiertos pueden ser aprovechados para la construcción de plantas helioeléctricas y así poder satisfacer las necesidades energéticas de una o varias ciudades. (Nota del autor)

Una fábrica que utiliza energía solar. Al igual que la mayoría de los procedimientos hoy en desarrollo, la heliotecnia, o técnica de aprovechamiento de los rayos solares, da lugar a numerosos ensayos y aplicaciones.



Captadores planos se utilizan ya en numerosas plantas piloto que aprovechan la energía solar. Su funcionamiento se basa en el llamado efecto invernadero: el fondo negro del interior del panel absorbe la luz solar y la emite de nuevo en forma de rayos infrarrojos, los cuales ya no pueden volver a atravesar la cubierta de vidrio, que no es transparente para ellos. Así el captador funciona como una trampa que se tiende a la radiación solar. La tubería de cobre extrae el calor de los paneles y lo conduce hacia la instalación de calefacción o para obtener agua caliente.

Una cuestión de rentabilidad.

Algunas mejoras técnicas hacen posible aumentar la eficacia de los colectores planos; por ejemplo, si se dota al vidrio de un revestimiento especial, es posible hacer que su transparencia sea todavía más selectiva y que así quede reforzado el efecto invernadero. Sin embargo, tales refinamientos técnicos tienen con frecuencia menos importancia que la precisión con que se ha diseñado todo el sistema (calentador de agua, calefacción central, secador, etc.). En efecto, las perspectivas de rentabilidad de un dispositivo dependen tanto de la eficacia del mismo como de la calidad del material (mantenimiento barato) y de su durabilidad (gastos de amortización repartidos entre varios años).

Los proyectos actuales prevén la construcción de captadores que al mismo tiempo sirvan para el revestimiento del techo de las casas, con lo cual se reducirá notablemente el costo. También se piensa que una moderada centralización (un colector que provea la calefacción de un conjunto de viviendas) podrá así mismo contribuir de manera apreciable a que estos dispositivos sean más rentables.

Sol en conserva.

Pero lo más interesante sería poder acumular el calor solar captado en verano para utilizarlo en invierno, y hacerlo a un precio asequible. La construcción de acumuladores para guardar el calor de estación en estación es técnicamente realizable, pero resulta cara y ocupa demasiado espacio. Si se

utiliza agua como fluido de acumulación, es necesario mantenerla en un depósito muy bien aislado y que el depósito ¡ocupe un volumen comparable al de los locales que tiene que calentar!

Por ello se ha pensado en la técnica llamada *almacenamiento latente*, que es mucho menos voluminosa. Utiliza el calor para hacer fundir un compuesto salino capaz de restituirlo al cristalizarse. Aún se aplica poco este sistema, ya que requiere una técnica mucho más delicada: elección de un compuesto químico adecuado y barato al mismo tiempo prevención de la corrosión etc. El almacenamiento es uno de los puntos difíciles con que tropieza la explotación de la energía solar. La mayor parte de las veces los técnicos se han limitado a diseñar un acumulador que asegura una reserva de entre unas horas y varios días, generalmente basado en calentar el agua y guardarla en un depósito.



Para los desplazamientos urbanos, el coche eléctrico será posiblemente un vehículo muy utilizado en un futuro no muy lejano.

Las células fotovoltaicas

En un futuro próximo, este tipo de utilización de la energía solar está llamado a desempeñar un papel predominante. Pero otro tipo de explotación cobrará una importancia cada vez mayor en las próximas décadas; se trata de las *células fotovoltaicas*, utilizadas ya con éxito como elementos de conversión de la energía solar en energía eléctrica en los paneles emplazados a bordo de las cápsulas espaciales.

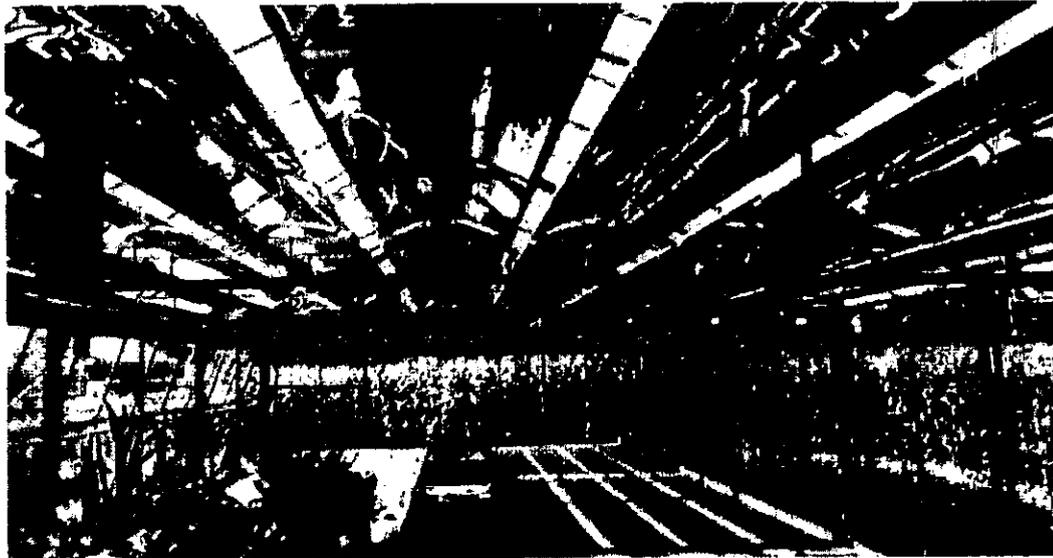
Las células fotovoltaicas convierten directamente la radiación solar en electricidad sin pasar por una fase intermedia térmica, utilizando la propiedad que tienen algunas sustancias de emitir un número relativamente elevado de electrones cuando la luz incide sobre ellas. Una de estas sustancias es el silicio, elemento muy difundido en la naturaleza y que es el material básico de la mayor parte de las células fotovoltaicas actuales. Pero también se están estudiando otras soluciones, que utilizan por ejemplo, el arseniuro de galio, el antimoniuro de indio, el telururo de cadmio, el germanio etc.

Pero las células fotovoltaicas tienen un escaso rendimiento. En teoría, podrían transformar en electricidad alrededor de una quinta parte de la luz que reciben; pero en la práctica los modelos normales no convierten más de un 12%. De todos modos, su rendimiento mejora a bajas temperaturas.

Mar y montaña.

Otra desventaja de las células fotovoltaicas es que son muy costosas: cuestan alrededor de 20 dólares por cada watt que producen, y esto en condiciones de una radiación solar máxima. Por eso, el uso de tales células se halla todavía limitado a alimentar instalaciones aisladas difícilmente conectables a la red de suministro eléctrico: balizas luminosas en alta mar, estaciones meteorológicas en alta montaña televisores que difunden programas educativos para los pueblos que viven en la selva, etc.

También conviene considerar el gasto de la energía: la fabricación de células solares consume todavía demasiada energía en comparación con la que pueden suministrar mientras funcionan. Sin embargo, se espera que los progresos científicos y tecnológicos previsibles en este sector permitan pronto fabricar células con mayor rendimiento en todos los aspectos. A principios de los años 1980 - 1990 constaban un tercio del precio que tenían unos diez años antes. Previsibles disminuciones todavía más radicales permitirán a los Estados Unidos hacia el año 2,000 producir alrededor de un 3% de la energía eléctrica por medio de las células fotovoltaicas.



A menudo, en los invernaderos se produce un gran derroche de energía, pues algunos cultivos exigen protección contra los rayos del sol durante el día y la calefacción durante la noche. Sin embargo, en este invernadero se han racionalizado las cosas: unos captadores provistos de espejos permiten recuperar el exceso de calor diurno que es acumulado y devuelto a la instalación durante la noche.

¡Cultivar combustible!

Sin embargo, hay todavía una tercera posibilidad: convertir la energía solar en energía eléctrica por medio de procesos biológicos. Una técnica que permitiría llevar a cabo este tipo de conversión sería cultivar plantas de crecimiento rápido para a continuación utilizarlas como fuente de energía.

Un estudio realizado recientemente en los Estados Unidos muestra que una Central eléctrica de 400 megawattios requeriría una superficie de unos 120

km² para el cultivo de ese combustible. Una cifra tan elevada subraya una vez más las enormes superficies que necesitan las centrales solares.

La materia orgánica puede también transformarse en combustible líquido o gaseoso. En particular, los procesos de fermentación hacen posible obtener alcohol o gas de origen biológico. Por ejemplo, se calcula que el valor del combustible del estiércol suministrado por una vaca al año equivale a uno 300 Kg de fuel-oil. Según un proyecto brasileño, una forma de ahorrar gasolina, y de abaratarla, sería añadirle un 20% de alcohol fabricado a partir de la caña de azúcar, muy abundante en aquel país.

Bacterias para producir hidrógeno.

También se estudia la posibilidad de producir hidrógeno por medio de ciertas algas y bacterias que bajo la acción de la radiación solar, fraccionan las moléculas de agua. Tal es el caso de las bacterias halobias, que viven en aguas muy saladas, calientes y expuestas al sol.

Cultivando estos organismos en condiciones apropiadas, se espera producir en el futuro, y a gran escala, ese gas, el hidrógeno, al que se augura tan brillante porvenir como carburante. Pero la realización práctica de tales proyectos a escala industrial no podrá tener lugar antes del año 2,000.

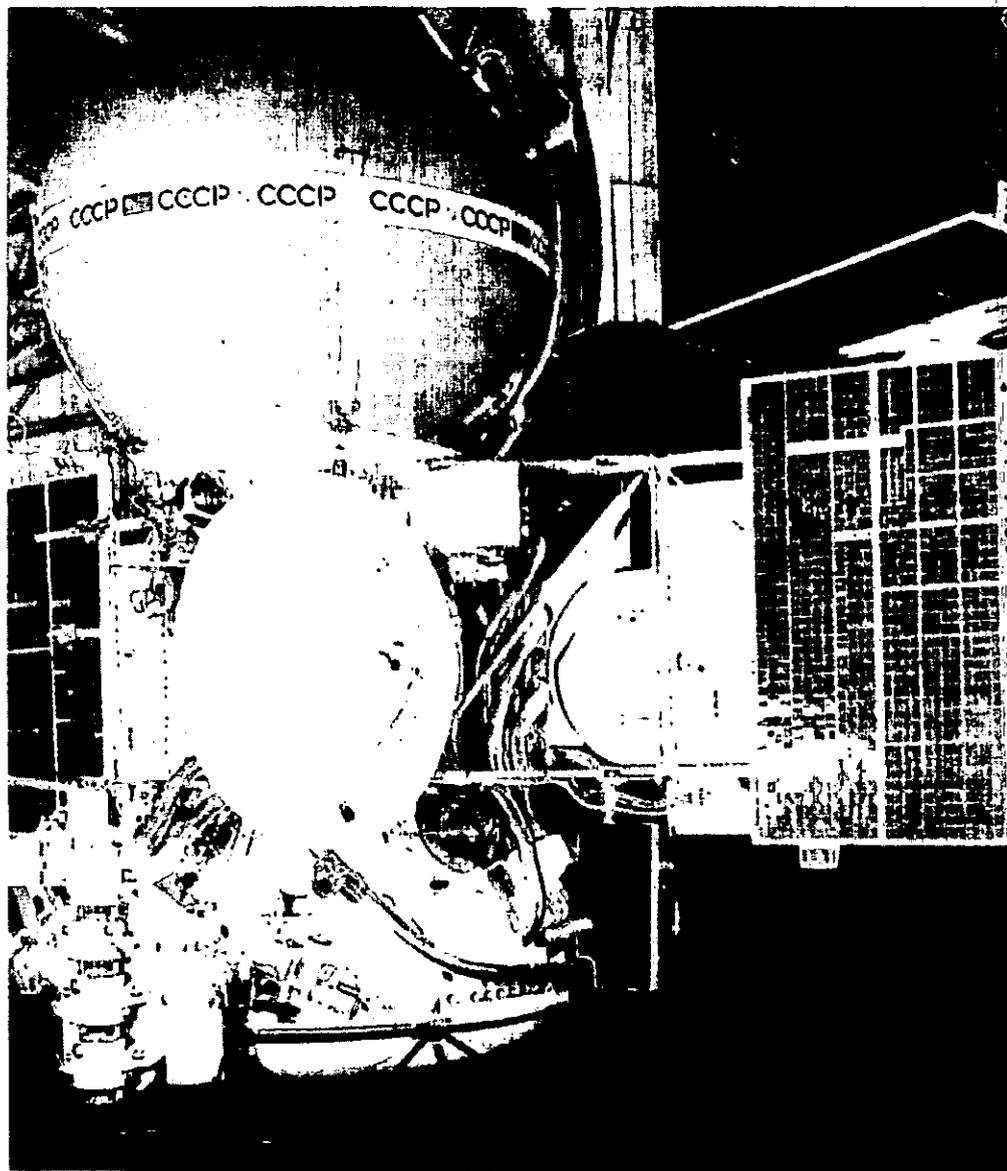


Un sorprendente tipo de barbacoa. La carne que se pretende preparar se coloca en el foco del espejo parabólico. Este principio es el mismo que se utiliza en las ollas solares. El espejo puede ser también plegable para facilitar el transporte de todo el dispositivo. Este aparato resulta especialmente útil en zonas muy oleadas.

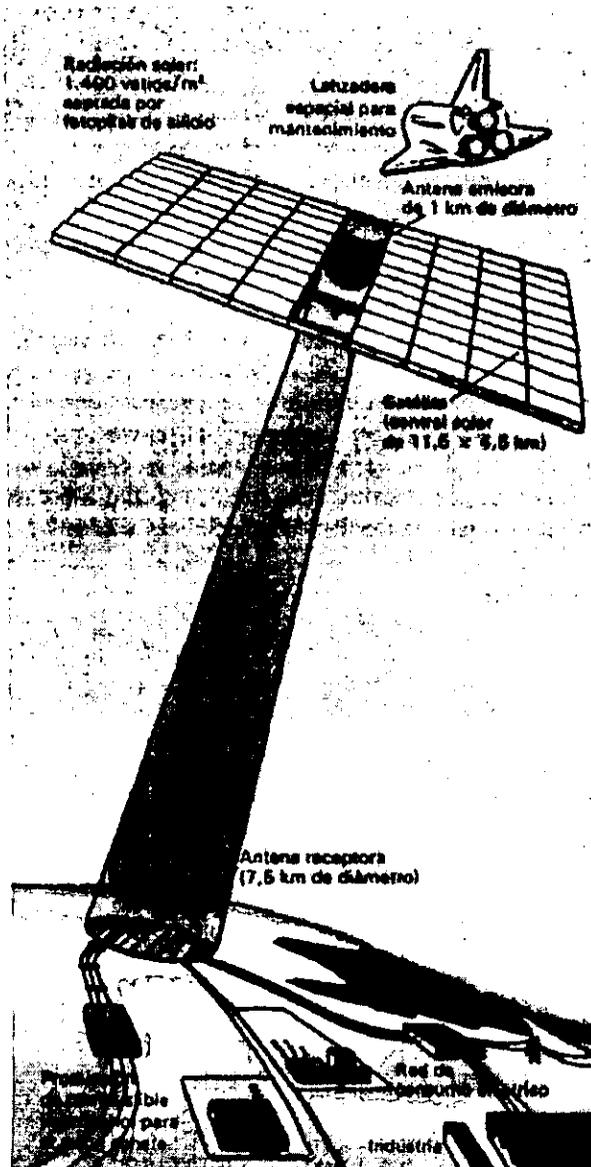
Un desarrollo necesario.

La energía solar es renovable y no produce contaminación, pero tiene también sus inconvenientes. Por un lado, la fabricación de captadores solares consume gran cantidad de energía (aunque este inconveniente queda paliado si duran lo suficiente. Por otra parte, el almacenamiento de la energía en determinadas estaciones no está todavía resuelto. Y, además, la explotación de la radiación solar por medio de grandes centrales causaría un grave daño al paisaje a causa de las inmensas superficies que tendría que ocupar.

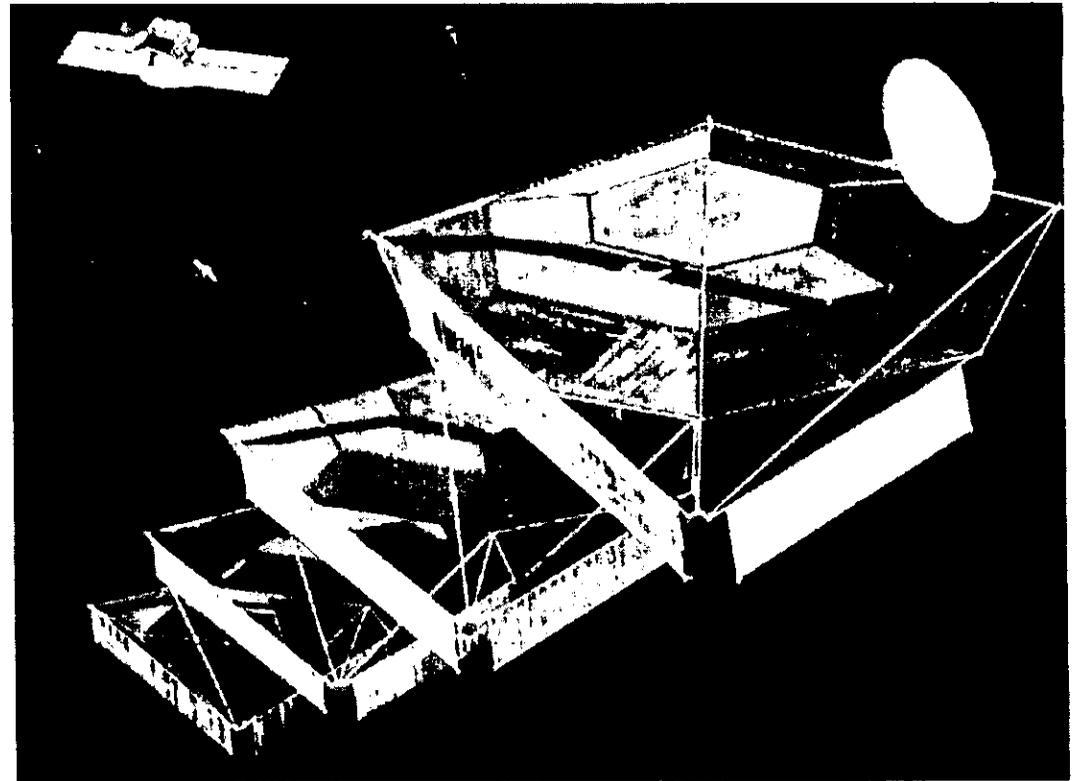
Sin embargo la explotación de estas posibilidades está justificada: las reservas que actualmente se explotan para hacer frente a nuestras necesidades energéticas están a punto de agotarse. Aunque el costo de las instalaciones será muy elevado no hay que olvidar que este "combustible" es gratuito y que además no origina contaminación.

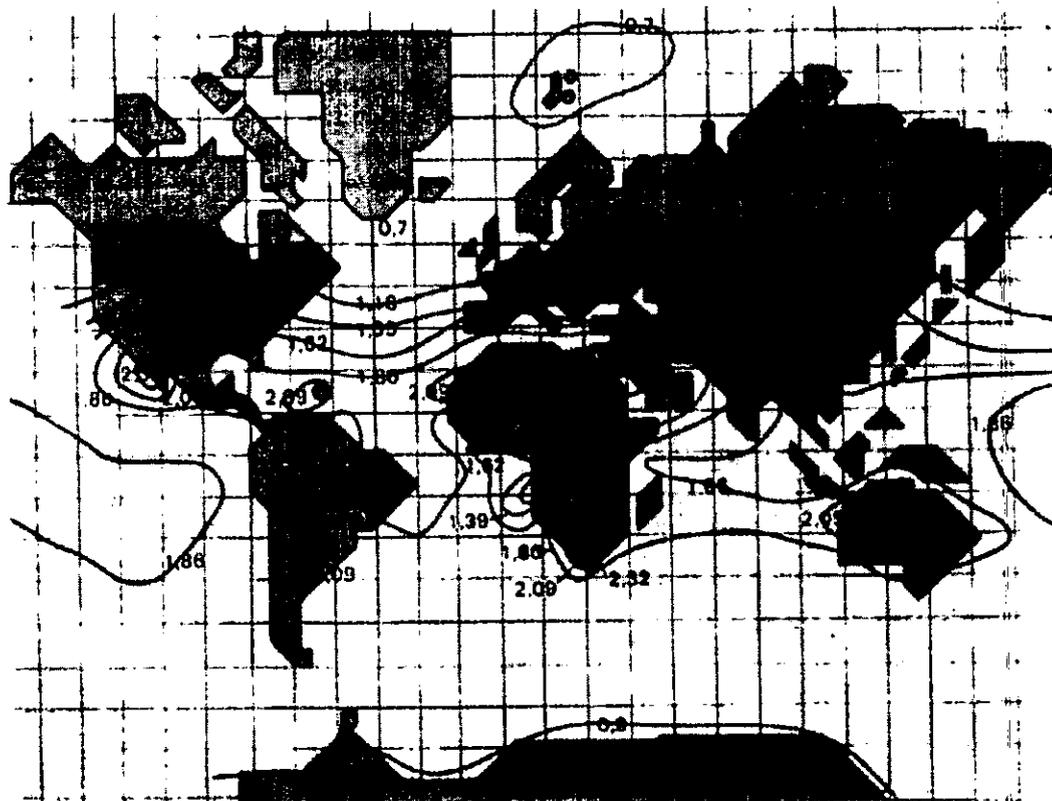


Esta fotografía muestra la sonda espacial soviética Venus X, con un panel solar desplegado. La astronáutica ha desempeñado un papel considerable en el desarrollo de las células fotovoltaicas, sistema que permite transformar directamente la radiación solar en electricidad sin pasar por un intermedio térmico, es decir sin que la energía solar sea provisionalmente convertida en calor que después es transformado en energía eléctrica. El silicio es el material básico para la mayoría de las células solares actuales. Pero, a pesar de la abundancia de este elemento químico, las células fotovoltaicas llamadas también fopilas, son todavía demasiado caras para que puedan utilizarse a gran escala. Por otra parte su fabricación consume mucha energía con lo que se tropieza con el mismo inconveniente que se quiere paliar. Pero es de prever que el progreso permitirá producir fopilas más económicas.



Proyecto y esquema de funcionamiento de una central solar satelizada es decir puesta en órbita alrededor de la Tierra. La realización de este tipo de centrales espaciales plantea difíciles problemas de orden tecnológico. Pero una central en órbita tendría las ventajas de que solamente dejaría de estar expuesta a la radiación solar una hora cada día y además sería independiente de las estaciones por lo tanto podría garantizar un suministro de energía prácticamente ininterrumpido. La energía solar captada por estos dispositivos sería transformada en microondas y dirigida así hacia una estación terrestre.



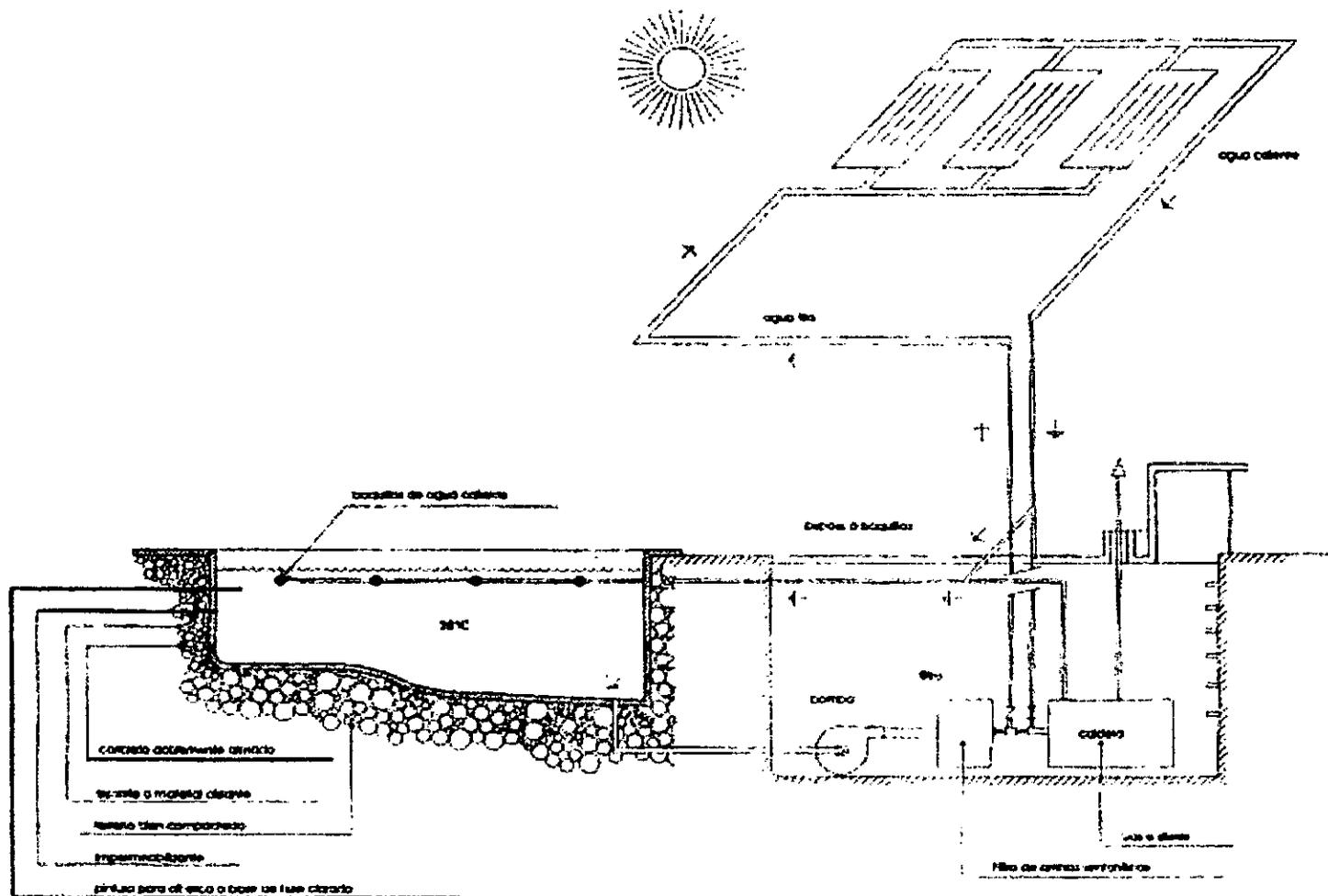


Este mapa muestra el grado de exposición al sol de las distintas regiones de la Tierra habiéndose tomado como unidad de medida el terawatio / hora / km² y por año. En este mapa se puede constatar que, contra lo que pudiera parecer a simple vista, no hay demasiadas diferencias entre las diferentes regiones del planeta. Por ejemplo, Arabia y el Sahara sólo están dos o tres veces más expuestas a la radiación solar que los países centroeuropeos. Contrariamente a la opinión común, las zonas templadas del planeta también se prestan a la explotación de la energía solar: los países escandinavos se interesan por este tipo de energía. Sin embargo, es cierto que la exposición al Sol varía sensiblemente en función de las condiciones locales, tales como la altitud sobre el nivel del mar o la frecuente formación de nieblas.¹

¹ Salvat Mexicana de Ediciones.

"Enciclopedia Salvat del estudiante". 1a. edición. Salvat S.A. de ediciones. México 1984.

"La energía solar" Tomo 13 Pag102-107.



En resumen:*La energía solar en una energía:*

- *Abundante.* La totalidad de las necesidades energéticas en países como Francia, España o Argentina e inferior al 1% de la radiación solar que incide sobre ellos;
- *Renovable.* En nuestras latitudes se puede obtener anualmente, con 1 m² de colector solar, mas calor que quemando de 100 a 150 litros de fuel-oil;
- *diluida.* Es necesario disponer el heliostato sobre una superficie de más de 1 km² para poder alimentar una central helioeléctrica de un megawatio;
- *intermitente.* la exposición al sol es discontinua o desigual a causa de la alternancia del día y de la noche, las variaciones meteorológicas y los cambios de estación.

En la actualidad existen tres posibilidades para convertir y explotar la energía solar:

Posibilidad

Térmica

Eléctrica
Fotoquímica.

Conversión de la energía solar en:
Calor

Electricidad
Combustible químico

Sistema de captación.

Captador *Plano (por efecto invernadero)
*Focalizante (por espejos)

Células fotovoltaicas

Vegetales *Para quemarlos como combustible.

*Para transformarlos en carburante líquido o gaseoso.

* Producir hidrógeno.



*ALMACENAMIENTO DE LA
ENERGÍA SOLAR.*

*En todo su esplendor
sale ahora el sol radiante,
como un novio lleno de dicha,
como un gigante lleno de orgullo y de gloria,
para seguir su órbita.*
Franz Joseph Haydn. "La Creación" 1796-1798.

CONSERVACIÓN DEL CALOR Y ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA.

Para conservar el calor se deben considerar los movimientos físicos naturales de la transmisión del calor. Estos son:

- EVAPORACIÓN.- Con cualquier corriente de aire al evaporarse un líquido, éste pierde calor. Así que hay que evitar las corrientes de aire fundamentalmente en el proyecto de albercas.
- CONDUCCIÓN.- Con pisos y muros de concreto en contacto con objetos fríos roban calor. Conviene colocar tezontle, confitillo o cualquier otro material aislante.
- CONVECCIÓN.- Se deberá evitar el movimiento convectivo, aunque es difícil. Es mejor cobijar la superficie del agua con plástico burbuja para así aislar el agua y evitar de esta manera la pérdida de calor. Esto se puede hacer con PAMACON (viruta de madera) o fibra de vidrio y lana mineral.

Hasta el momento se ha revisado que los sistemas de energía solar tanto activos como pasivos constan de tres elementos fundamentales:

1. - Captación.- Por medio de colectores o masas térmicas
2. - Almacenamiento: Por medio de tanques de agua,
Tanques de piedras.
Masas térmicas, que funcionan también como captadores.
Sales de cambio de fase, sales eutéicas basándose en bromuro de calcio (también hay sales deshumidificadoras). Las sales eutéicas se licúan con el calor y cuando se vuelven a solidificar sueltan el calor almacenado, es como la cera con la que están hechas las velas, se venden es costales o cartuchos negros. Las sales de cambio de fase es ahora la mejor manera de almacenar el calor del sol, pero son muy costosas aunque ocupan muy poco espacio, tanto como el equivalente a un closet de 0.60 x 2.00 m. lleno de cartuchos. En eficiencia, lo mejor son las sales de cambio de fase, después continua el agua y finalmente los tanques o cisternas de piedras.
3. - Distribución.- Por medio de tubos, ductos y pasos, como cualquier otra instalación hidráulica o de aire acondicionado.
Al cumplir los tres factores se tendrá un buen sistema de climatización, haciendo siempre una distribución equitativa.
El almacenamiento se puede también resolver por medio de botellas de agua teñida de negro con anilina negra colocadas atrás de vidrios o plásticos para calentar el agua, aunque el resultado formal no siempre se puede integrar al proyecto arquitectónico; se pueden usar también latas pintadas de negro con agua.¹

En un edificio, la cantidad de agua caliente que se requiere varía de acuerdo con el modo de vivir o el programa de trabajo de los ocupantes. Las horas de máxima demanda pueden ocurrir en cualquier momento del día o de la noche; el consumo puede ser desde unos cuantos litros hasta cientos de ellos en un período de 24 horas.

¹ Apuntes de Tecnologías Ambientales Avanzadas de la clase del Arq. Simón Bali Babani en la Facultad de Arquitectura de la UNAM. durante el período 1997-1998.

Las necesidades en materia de calefacción varían con el clima. Se requerirá más o menos calor dependiendo de la temperatura exterior, de las pérdidas de calor que se produzcan en el edificio y del nivel de comodidad deseado. Las horas de máxima demanda son generalmente por la noche y durante los períodos nublados. El calor requerido por hora puede ser desde unas cuantas calorías hasta muchos miles.

Por lo general, los colectores de un sistema de energía solar no captan energía utilizable durante más de seis horas diarias; pero, cuando brilla el sol, pueden normalmente recoger más energía de la que se necesita para mantener una temperatura confortable en el edificio y reservas suficientes de agua caliente. Debido a esto, una parte importante del sistema de aprovechamiento de la energía solar es un medio efectivo para almacenar la energía captada. Con dispositivos para almacenamiento, el sistema puede proporcionar calefacción y agua caliente cuando se necesiten, de noche o de día, independientemente del clima. Así que:

- El tanque para el agua que se va a calentar por medio de la energía solar tiene que ser de buena calidad, incluir algún tipo de intercambiador de calor y estar bien aislado.
- Los dispositivos para almacenamiento de la energía solar, para fines de calefacción, comprenden lechos de grava en el caso de los colectores que operan con aire y tanques con agua en el caso de los colectores con líquido.

ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR PARA CALENTAR EL AGUA.

El dispositivo de almacenamiento más sencillo para calentar el agua consiste en un depósito ya sea de tambor o de almohadilla colocado en la azotea. Este calentador puede ser una bolsa de plástico negro colocada en una plataforma, un simple tambor instalado en la azotea o en una torre, o en una caja rectangular inclinada con reflectores y un compartimento aislado para el agua. En cada caso, el calentador funciona a la vez como colector de energía solar y como unidad de almacenamiento de agua caliente. Como tiene que estar situado fuera del edificio, la pérdida de calor durante la noche y en tiempo nublado es uno de los problemas principales de este tipo de calentador de agua.

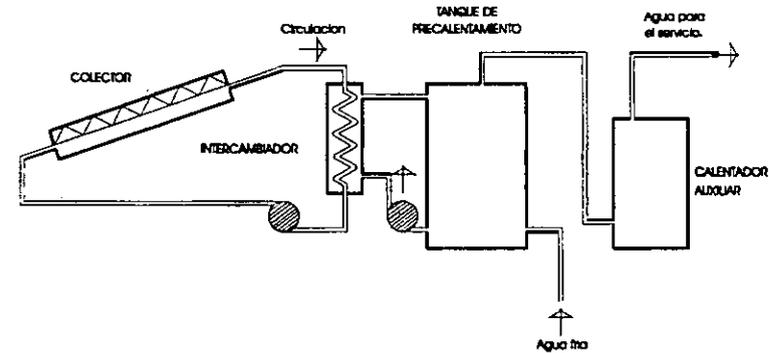
El método normal para calentar el agua por almacenamiento consiste en usar un tanque similar a un calentador de agua común. Sin embargo, este tanque no tiene fuente de calor propia. De hecho, para que su efectividad sea máxima, no debe de tener otra fuente de calor que no sea la energía solar. Tendrá un intercambiador de calor, ya sea integrado o montado por fuera, para tomar la energía del medio de transferencia del circuito del colector; y se instalará como precalentador de agua antes del calentador auxiliar del edificio. El agua que viene de la cisterna o de la red se conecta al tanque precalentador.

Cuando se capta energía suficiente, el precalentador solar puede suministrar toda el agua caliente que requiere el edificio. Cuando no se capta en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades, el precalentador solar suministra agua al calentador auxiliar, que eleva más su temperatura. De esta manera, el precalentador solar puede generalmente minimizar el consumo de combustible del calentador auxiliar.

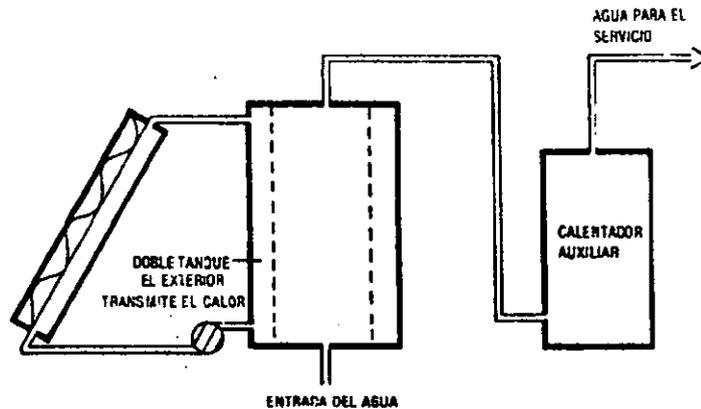
Los tanques precalentadores para almacenar agua caliente se pueden fabricar de lámina de acero galvanizada, de acero con revestimiento de lana de vidrio, de acero revestido con cerámica, de cobre o de fibra de vidrio para altas temperaturas. Por lo general se consiguen en capacidades estándar de 150, 200, 250, 300 y 450 litros. Cualquiera que sea su tipo y su tamaño, el tanque precalentador debe estar bien aislado para evitar la pérdida de calor. Se recomienda que sea también de muy buena calidad, para garantizar su duración. Los tanques de calidad mediana tal vez no duren los 20 años que se esperan de un buen sistema de energía solar. La figura de la derecha muestra un estanque precalentador con intercambiador externo. Este es el sistema de almacenamiento más flexible para calentar el agua por medio de la energía solar. Si el tanque llega a fallar, sólo eso habrá que reponer. El intercambiador seguirá en servicio. Si está bien diseñado, un sistema calentador de agua que utilice tanque precalentador con intercambiador externo resultará muy eficiente.

En el caso del tanque precalentador con intercambiador integrado, hay tres tipos a escoger. El tanque puede tener:

- Un intercambiador del tipo de camisa.
- Un intercambiador del tipo de serpentín.¹
- Un intercambiador de conducto interno.



Tanque precalentador de agua, con intercambiador de calor externo.



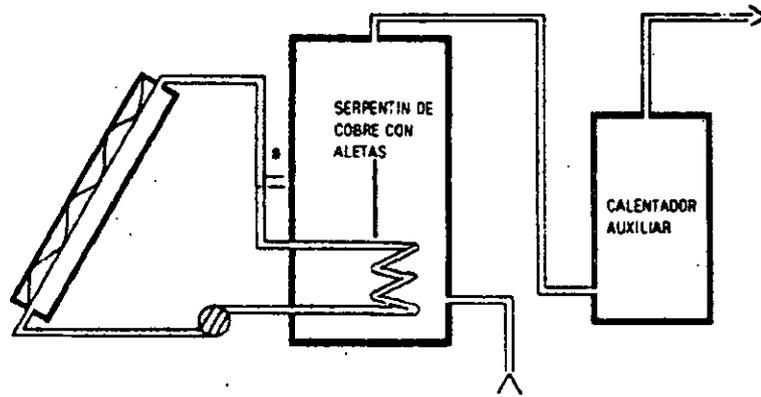
Tanque precalentador de agua con intercambiador de camisa.

Normalmente significa que el fluido calentado que viene de los colectores fluye hacia abajo, mientras que el agua fría del tanque o del abastecimiento fluye hacia arriba.

El precalentador solar con intercambiador del tipo de camisa está construido como un tanque dentro de otro tanque. El fluido de transferencia circula por el espacio que rodea al tanque interior.

Este tipo de precalentador solar se puede conseguir en dos modelos. En uno de ellos, la camisa rodea totalmente al tanque interior y a través de ella circula el fluido de transferencia. El otro modelo cuenta con una serie de canales paralelos por los cuales puede circular sin mezclarse el fluido de transferencia y el agua del tanque. Ambos diseños son eficientes y los dos incorporan la idea del intercambiador de calor de doble pared, que se requiere a menudo cuando el fluido de transferencia no es potable. En cualquiera de los casos, el intercambiador debe operar en la modalidad de contraflujo.

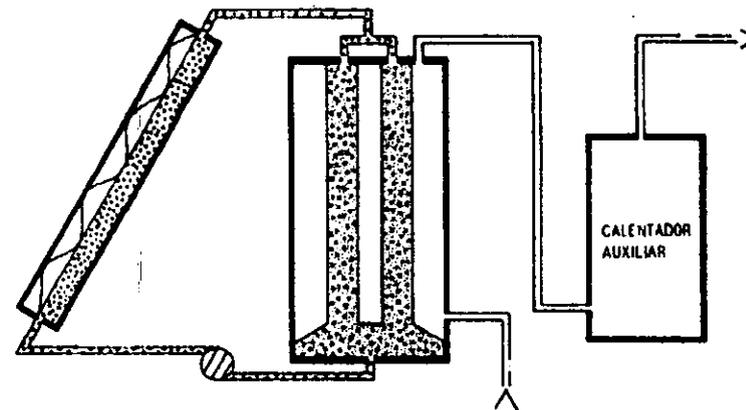
¹ Este tipo de intercambiador es el que se utilizó en el sistema de calentamiento solar en la alberca de olas del Club Campestre Ecológico Asturiano, en Cuautla, Morelos.



Tanque precalentador de agua, con intercambiador de serpentín en el interior.

Un precalentador solar con transmisor intercambiador interior de serpentín, tiene un serpentín de cobre, de gran tamaño y provisto de aletas, se coloca cerca del fondo del tanque. Este diseño de "serpentín en tanque" es sumamente eficiente, como se ha comprobado en numerosas instalaciones. El sistema no es de doble pared y esto podría limitar la elección del fluido de transferencia. Otra limitación es la presencia de un serpentín más grande de cobre dentro del tanque de acero. Estos dos metales reaccionan y dan lugar a la corrosión, que limita la vida del tanque. Convendría utilizar un tanque revestido de cerámica para evitar fallas prematuras.

Un tanque precalentador solar con conductos internos que actúan como intercambiador de calor. Este tipo de tanque se usa actualmente en los sistemas con desagüe, en los cuales se puede usar agua destilada como fluido de transferencia sin temor de que se congele. Como estos sistemas tienen un circuito abierto, se requiere de bastante potencia de bombeo.



Tanque precalentador de agua, con conductos interiores que actúan como intercambiadores de calor.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR PARA CALEFACCIÓN.

El dispositivo más sencillo de almacenamiento de energía solar para calefacción es el edificio mismo. Este es válido para los sistemas pasivos igual que para los activos. En el caso de los sistemas pasivos, el edificio se puede proyectar o modificar de manera de que capte energía durante el día y la libere con lentitud durante la noche. Mientras mayor sea la masa térmica, más efectivo será el sistema. Debidamente aislado, el edificio puede conservar la energía captada por medios pasivos y utilizar al máximo la captada por medios activos.

Algunos sistemas activos de energía solar, en realidad utilizan únicamente al edificio para almacenar el calor. Los colectores se llenan generalmente con aire, el que una vez calentado se libera directamente dentro del edificio. Con estos sistemas, sin embargo, los colectores sólo se pueden utilizar cuando se necesita calor en el edificio. En un día frío y con sol está muy bien; pero en un día nublado o durante la noche no se puede decir lo mismo. Estos sistemas presentan serios inconvenientes en los climas nórdicos, donde las condiciones del clima exigen a menudo que el sistema de energía solar proporcione calor almacenado durante todo el día en incluso por espacio de varios días.

Es por eso que en la mayoría de los sistemas activos de la energía solar se incluye una unidad aparte para almacenar calor. En un día caluroso y con sol se puede almacenar energía para utilizarla por la noche o en un tiempo nublado.

Posibilidades de almacenamiento de la energía solar.

Hay varias opciones para almacenar la energía solar; pero parece que los materiales más prácticos son el agua y las piedras. Ambos son poco costosos y se consiguen con facilidad.

El sistema más común de almacenamiento en agua consiste en un gran tanque que se puede colocar sobre o debajo del piso y dentro o fuera de la construcción.

El tipo más común de almacenamiento en piedra utiliza un gran "lecho" de grava de cierto tamaño y mezcla, algo semejante a la piedra bola de río. En general, este lecho se construye bajo el nivel del suelo, próximo a o dentro de las construcciones ya hechas y como parte de la cimentación de las nuevas. Los dos sistemas de almacenamiento de calor exigen grandes áreas. No obstante, si están bien diseñados se pueden incluir en el sistema de energía solar sin perder mucho espacio habitacional o productivo. También se pueden instalar sin que causen problemas arquitectónicos indebidos.

Se están investigando otros métodos de almacenamiento de calor. Las metas de esa investigación consisten en reducir el volumen y aumentar la capacidad de almacenamiento.

Dos materiales que despiertan mayor interés como posibles medios de almacenamiento de calor son ciertos tipos de sales y parafinas. Se les llama *materiales que cambian de fase*, es decir que pueden cambiar del estado sólido al líquido y nuevamente al sólido. Ciertas sales y parafinas se vuelven líquidas al ser calentadas y se solidifican nuevamente al enfriarse. Al fundirse absorben calor y al solidificarse lo liberan.

Los materiales que cambian de fase satisfacen los requisitos de almacenamiento de calor en poco espacio; pero por el momento son de muy alto costo. Los costos de empaque de estos materiales, en algún tipo de recipiente capaz de almacenar la energía, son prohibitivos en la actualidad. También hay problemas de rendimiento. Los materiales sólo funcionan dentro de límites de temperatura estrechos y tienen que ser renovados con frecuencia.

Estos inconvenientes de los materiales que cambian de estado -unidos a la falta de otros conceptos en materia de almacenamiento adecuado- hacen que el agua y la piedra sean por el momento la mejor elección, y lo seguirán siendo durante varios años más por el momento.

Criterios de selección.

El sistema de almacenamiento para calefacción desempeña tres funciones principales:

1. - Absorbe calor del fluido de transferencia del colector (líquido a aire).
- 2.- Almacena el calor hasta que se le necesita.
- 3.- Transfiere el calor al sistema de calefacción cuando se necesita. (Si se diseñó ex-profeso, también proporciona energía al calentador de agua).

El diseño de un sistema de energía solar en particular, indica por lo general que tipo de material se ha de usar para almacenamiento. Los tanques de almacenamiento llenos con agua se usan normalmente con los sistemas cuyo circuito del colector está lleno con líquido; los lechos de grava se usan normalmente con los sistemas que usan aire en el colector. Hay excepciones por supuesto.

Es necesario considerar el costo y el rendimiento de cada método de almacenamiento. Por lo general el agua es menos costosa si embargo las preferencias del propietario, los reglamentos de construcción o la zona geográfica pueden hacer que el lecho de grava sea una opción más atractiva. Al elegir el método de almacenamiento es necesario considerar el tipo de recipiente si se van a usar o no intercambiadores de calor los requisitos de bombeo y ventilación, la temperatura de operación del sistema y el aislamiento que será necesario para evitar las pérdidas excesivas de calor.

El área disponible para almacenamiento de la energía solar es definitivamente un aspecto importante. El almacenamiento en agua requiere de menos espacio, no importa que tan grande sea el sistema. Con los sistemas que usan líquido, se requiere aproximadamente de 48.89 a 8148 litros de agua por cada metro cuadrado de colector. Con los sistemas que usan aire se requieren de 0.15 m³ a 0.23 m³ de almacenamiento por cada metro cuadrado de colector. En un metro cúbico de agua caben 1,000 litros de agua. (Estamos hablando de que el volumen necesario para almacenamiento de aire es equivalente de 150 a 230 litros de agua pero claro está a base de piedras).

De manera que con sistemas de capacidad y tamaño idénticos un lecho de grava ocupará de 2 ½ a tres veces más espacio que un tanque con agua. Esto se puede comprobar si se compara la capacidad de almacenamiento de calor de cada material. Esa capacidad varía de acuerdo con el calor específico del material es decir el número de calorías necesarias para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de dicho material.

El agua tiene un calor específico de 1 cal/gr. °C. Su densidad es decir su peso por unidad es de 1 ton / m³. La *capacidad térmica*, es decir la cantidad de calor que se puede almacenar en un material para elevar su temperatura en un grado centígrado se encuentra multiplicando el calor específico por la densidad. Haciéndolo así se encuentra que la capacidad térmica del agua es de 1 cal/cm³ para elevar la temperatura en 1 °C. (1 x 10⁶ cal / m³ / °C)

El calor específico de la grava es apenas de 209.81 cal/kg./°C y aunque la piedra sólida tiene una densidad de 2.72 ton / m³, los espacios de aire que existen en un lecho típico de fragmentos de roca reducen su densidad a 1.76 ton / m³. Como resultado, la capacidad térmica de un lecho típico de grava es apenas de 369,296.51 cal / m³ / °C

De manera que, para igual capacidad de almacenamiento un lecho de grava tendría que ser 2.7 veces más grande que el tanque de agua. La diferencia en los espacios que quedan entre las piedras aumentará o disminuirá esa cifra. Como se dijo anteriormente, la proporción es de 2 ½ a 3 veces mayor.

Tanques de almacenamiento llenos de agua.

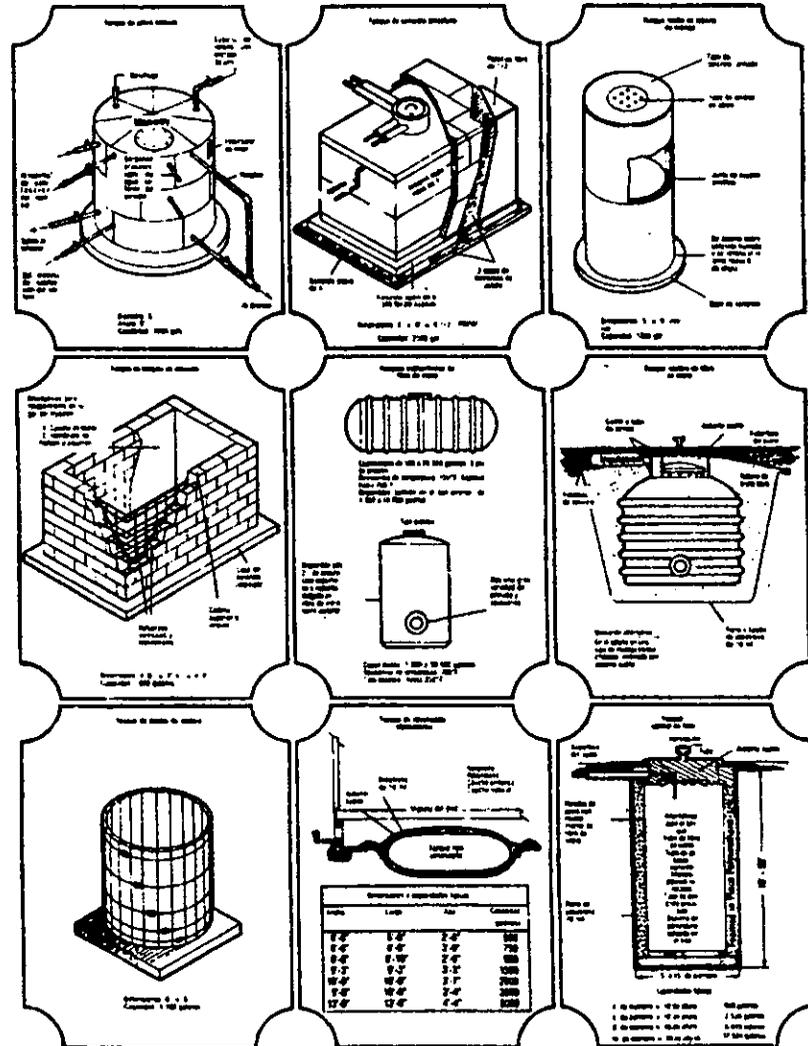
Los tanques para agua destinados a almacenar energía solar se pueden diseñar de muchas formas y tamaños. Los materiales se pueden seleccionar de manera que satisfagan los requisitos del sistema y de ubicación del depósito. Hay que considerar las necesidades estructurales. Es necesario tomar ciertas precauciones para asegurar la ubicación correcta, la ausencia de riesgos y la buena operación. El tanque instalado debe estar debidamente aislado fabricado de manera que soporte la carga provisto de intercambiadores de calor de tamaño correcto y su mantenimiento debe de ser fácil. Los costos pueden ser razonables y el rendimiento excelente.

TIPOS Y MATERIALES.

Los tanques de agua para almacenar energía solar pueden tener prácticamente el tamaño y la forma que se quiera. Un depósito de enormes dimensiones puede almacenar calor por espacio de semanas e incluso meses; pero su costo excedería a su utilidad. Determina las dimensiones del tanque de almacenamiento implica casi siempre buscar el equilibrio entre el costo y la capacidad de almacenamiento.

En la figura de la derecha aparecen diversas configuraciones posibles. Se muestran como ejemplo de los diseños que es posible utilizar para almacenar energía en los sistemas de energía solar.

El tanque de acero soldado sería lo más indicado para instalar dentro del edificio cerca del sistema de distribución de calor y de alcantarillas. Se facilitaría el acceso para el mantenimiento. El tanque de concreto precolado del tipo de bóveda y el tanque angosto son excelentes para almacenamiento subterráneo cuando están correctamente revestidos. El tanque de bloques de concreto reforzado se puede especificar para instalaciones exteriores o subterráneas. Los diseños tendrían que satisfacer requisitos de carga diferentes. Los tanques de fibra de vidrio pueden servir para instalaciones subterráneas o exteriores. En realidad un tanque séptico de fibra de vidrio se podría adaptar fácilmente para usarlo como depósito de energía solar. Un tanque fabricado con duelas de madera quedaría necesariamente limitado a usos no subterráneos. Un saco



Posibles configuraciones de los tanques de almacenamiento que forman parte de los sistemas de energía solar.

elastomérico (caucho) se podría usar como tanque tipo almohadilla en espacios reducidos. Para muy grandes capacidades de almacenamiento el tanque vertical enterrado podría ser una buena elección. Se puede construir en el lugar.

Los tanques estándar para almacenamiento de agua se pueden conectar en serie o en paralelo cuando los sistemas requieren más de 3,500 litros.

CONSIDERACIONES DE CARÁCTER ESTRUCTURAL.

En los edificios que tienen cimentación amplia los tanques se pueden colocar dentro de la construcción con una intrusión insignificante en el espacio residencial o de trabajo. Los locales construidos en espacios reducidos pueden presentar un problema más difícil. Si la construcción está sobre la superficie el tanque se deberá instalar debajo del piso o en el exterior. En todos los casos los tanques adaptados a construcciones ya hechas deberán tener apoyos diseñados para soportar su peso.

En ningún caso deberá el tanque formar parte de los cimientos ni del piso de los edificios. El piso normal del sótano (12 cm de concreto) es enteramente inadecuado para soportar el tanque de almacenamiento. Para éste deberán diseñarse cimientos o apoyos independientes.

Según sea el diseño del sistema un tanque de 3,500 litros puede satisfacer las necesidades de almacenamiento de 42.94 a 68.80 metros cuadrados de colector. Equivale a 50.87 litros por metro cuadrado para el colector más chico y 81.5 litros por metro cuadrado para el más grande.

Pero 3,500 litros de agua pesan mucho; ocupan 3.5 m^3 y pesan 3.5 toneladas sin contar el tanque y sus accesorios. Hay que considerar ese peso al calcular los apoyos o los cimientos para ese tanque.

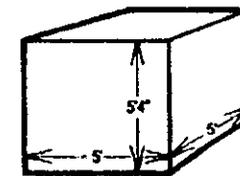
La figura de la derecha muestra tres posibles variantes para un tanque rectangular de 1,000 galones y la figura de la página siguiente muestra otras tres para un tanque cilíndrico de igual capacidad. En los dos casos sea rectangular o redondo las dimensiones del tanque influyen en las condiciones de carga. Disminuyendo la altura del tanque mientras se aumenta su ancho y/o su longitud, la carga se puede distribuir sobre un espacio más amplio con lo cual se reducirían los requisitos de apoyo. No hay que olvidar el peso del tanque al determinar el peso total que hay que soportar.

PRECAUCIONES.

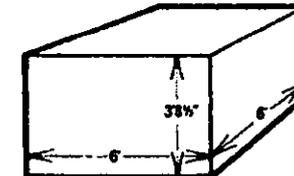
El tanque de almacenamiento de energía solar debe ser estructuralmente seguro, está provisto de dispositivos de seguridad y el agua que contiene deberá estar debidamente tratada y acondicionada.

La seguridad estructural implica un diseño capaz de soportar cargas normales y extraordinarias. Esté lleno o vacío el tanque debe ser capaz de resistir las cargas muertas y vivas, el viento, las presiones del suelo, el tránsito de vehículos si es necesario y los terremotos en ciertas áreas. Si en nivel freático es alto en algunas regiones el tanque deberá estar diseñado para que no flote cuando esté vacío. Para satisfacer los requisitos de carga podrá requerirse el reforzamiento o la amortiguación interna. Los refuerzos no deben interferir con el funcionamiento correcto del tanque.

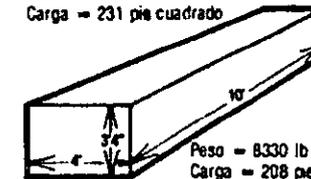
La ubicación apropiada es una precaución necesaria para el propietario y para facilitar el mantenimiento. El tanque debe estar situado de manera que el agua de almacenamiento se pueda bombear o desaguar si es necesario y de modo que las fugas se puedan separar con facilidad. Y deberá estar situado de



Peso = 8330 lb
Carga = 333 pie cuadrado

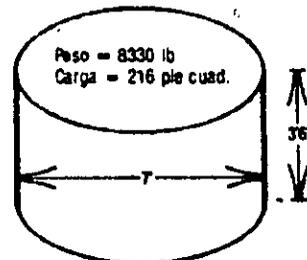
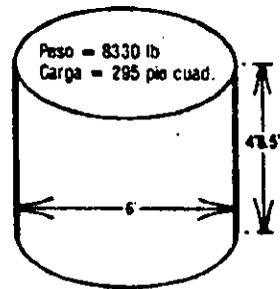
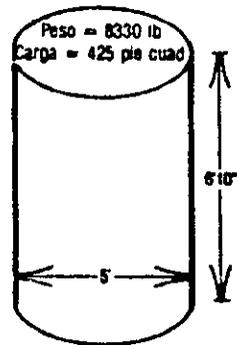


Peso = 8330 lb
Carga = 231 pie cuadrado



Peso = 8330 lb
Carga = 208 pie cuadrado

Tres variantes de un tanque rectangular con capacidad para 1000 galones: Las dimensiones influyen en los requisitos de carga



Tres variantes de un tanque cilíndrico con capacidad para 1000 galones. Las dimensiones influyen en los requisitos de carga.

manera tal que las fugas repentinas se puedan detectar antes de que dañen a la estructura o su contenido.

En operación las temperaturas del tanque de almacenamiento fluctuarán entre los 7.2 °C a los 93 °C. El agua se dilata a temperaturas elevadas y se contrae a bajas temperaturas. El tanque de almacenamiento debe tener espacio para expansión o un tanque por separado para el efecto. El almacenamiento presurizado no se requiere, porque el tanque opera por debajo del punto de ebullición del agua. Sin embargo cuando el tanque forma parte de un sistema cerrado conviene instalar una válvula de seguridad para aliviar las presiones que pudieran formarse.

El agua de almacenamiento deberá estar correctamente inhibida desmineralizada y neutralizado su pH como protección contra la corrosión, la formación de incrustaciones, etc. en la tubería en el tanque y en los transmisores térmicos. Esto evitará también el desarrollo de algas, moho y sarro.

INSTALACIÓN.

Los tanques de almacenamiento de energía solar deben ser durables y su mantenimiento fácil. Esto sólo será posible y se emplean materiales de alta calidad y el sistema se instala correctamente.

Ya estén en el interior bajo tierra o en el exterior los tanques deben estar aislados para que conserven el calor almacenado. Los requisitos de aislamiento tendrán que variar dependiendo de la ubicación del tanque y de su uso.

Durante la construcción de los tanques se deben dejar las entradas necesarias para la tubería y las salidas que se requieran para instrumentos y circulación del agua.

El agua de almacenamiento se debe de considerar como no potable y ponerse el aviso correspondiente. No deben de existir conexiones ente el sistema del servicio doméstico y el agua de almacenamiento. La que llegue a faltar en el tanque se completará por medio de una manguera provisional o a través de una ventila reglamentaria.

Entre el agua de almacenamiento y el agua de servicio deberán usarse intercambiadores de calor del tipo aprobado colocados de manera que se puedan inspeccionar periódicamente para localizar corrosión o fallas. Los dispositivos para rebalse las válvulas de seguridad y los conductos de ventilación deben comunicar con una alcantarilla sanitaria o desagüe según lo determinen los reglamentos y las costumbres de la localidad.

En los sistemas residenciales los requisitos de mantenimiento deben ser mínimos los diseños no deben depender mucho del renovado tratamiento del agua y el sistema debe de resistir bastante la negligencia de operación.

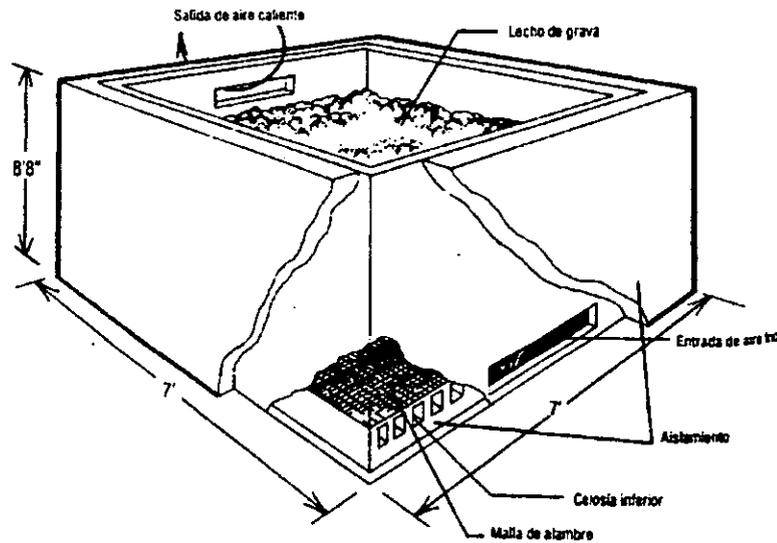
Almacenamiento en lechos de grava.

Las opciones en cuanto a lechos de grava son muy escasas comparadas con las que ofrecen los sistemas a base de tanques de agua. El concreto colado en sitio el concreto precolado el bloque de concreto y los recipientes de madera son las únicas posibilidades. En el caso de la madera el recipiente debe de estar sobre el nivel del piso. En todos los casos, el recipiente de almacenamiento deberá estar revestido.

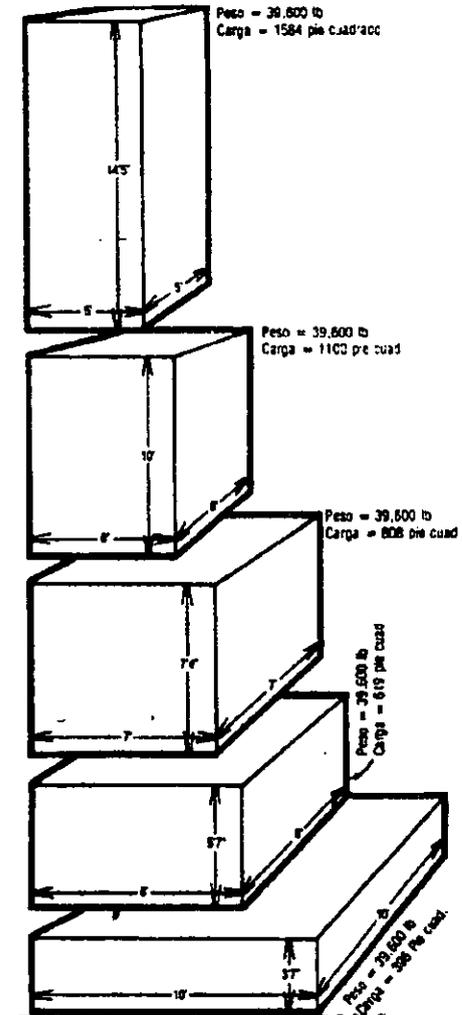
Los requisitos estructurales son substanciales comparados con los de los sistemas de tanque para agua. Ello se debe a los enormes pesos y volúmenes que resultan. Por ejemplo un lecho de grava con la capacidad térmica de un tanque de 1000 galones de agua ocuparía 360 pie cúbicos y pesaría 18 toneladas. Casi tres veces el volumen (3.78 m^3) y casi cinco veces el peso (3,781 Kg) de un sistema equivalente de almacenamiento a base de agua.

La figura de la derecha muestra cinco dimensiones posibles para un lecho de grava que equivale en capacidad térmica a un tanque de almacenamiento de 1,000 galones. Aumentando el ancho y/o la longitud y disminuyendo la altura se reducen los requisitos de carga. Las altas que se indican no incluyen los ductos de aire de unas 16 pulgadas cada uno que se deben agregar en las partes superior e inferior del recipiente.

Un lecho típico de grava se puede construir como se indica en la figura inferior. Tal sistema de almacenamiento no ofrece ventaja alguna conocida sobre el almacenamiento con base en agua.



Detalles de la construcción de un lecho de grava típico destinado a funcionar en el circuito de un colector a base de aire.



Conjuntos de dimensiones para un lecho de grava equivalente a un tanque de almacenamiento con capacidad de 1,000 galones. Las dimensiones influyen en los requisitos de carga.

Ventajas y desventajas de diversos materiales empleados en la construcción de tanques de almacenamiento

Ventajas**Chapa de acero**

1. - Fácil de obtener
2. - Peso ligero.
3. - Fácil de agujerar.
4. - Costo relativamente bajo.
5. - Fabricación sencilla
- 6.- Disponible en tipo atornillado.
7. - No hay filtraciones por capilaridad.

Chapa de aluminio.

1. - Peso ligero.
2. - Fácil de agujerar.
3. - Fabricación sencilla.
4. - No hay filtraciones por capilaridad.

Concreto reforzado.

- 1.- Fácil de fabricar con cualquier forma o tamaño.
- 2.- Resistente a la corrosión.
3. - Se puede fabricar en el sitio en caso de adaptación.
4. - Mayor resistencia a las cargas subterráneas.
5. - Costo relativamente bajo.
- 6.- Su masa se puede usar como depósito de calor.
- 7.- Se puede obtener con facilidad en cualquier localidad.

Plásticos reforzados.

- 1.- Peso ligero.
- 2.- Resistencia a la corrosión interna y externa.
- 3.- Impermeables al agua.
- 4.- Fáciles de agujerar.

Desventajas

1. - Problemas de corrosión interna a menos que se forre.
- 2.- Problemas de corrosión externa en servicio subterráneo.
3. - Espacio de acceso para instalación y reposición.
4. - Baja resistencia a las cargas subterráneas sin material adicional.

- 1.- Problemas de corrosión interna a menos que se forre.
2. - Problemas de corrosión externa en servicio subterráneo.
- 3.- Espacio de acceso para instalación y reposición.
4. - Más difícil de soldar que el acero.
5. - Costo más alto.
6. - Baja resistencia a las cargas subterráneas sin material adicional.

1. - Es pesado.
2. - El agua se filtra por las grietas y por capilaridad a menos que se forre.
3. - Filtraciones en las juntas si se precoló a menos que se forre.
4. - Requiere de diseño y mano de obra especializados.
5. - Es más difícil para agujerar.

- 1.- Procesos complicados de diseño fabricación y prueba.
- 2.- Menor resistencia a la temperatura.
- 3.- Baja resistencia a las cargas subterráneas sin material adicional.
- 4.- Costo más alto.
- 5.- Menos fácil de obtener que el acero o el concreto.

Ventajas

Secciones de tubo (asbesto-cemento-fibra de vidrio o acero recubierto en posición vertical).

- 1.- Se obtiene con facilidad.
- 2.- Menores consecuencias en el área de construcción.
- 3.- Se presta a la adaptación.
- 4.- Resistencia a la corrosión.
- 5.- Se puede agujerar fácilmente.

Madera.

- 1.- Fácil de obtener.
- 2.- Peso ligero.
- 3.- Costo relativamente bajo.
- 4.- Se presta a la adaptación cuando el acceso es limitado.
- 5.- Resistencia a la corrosión.

Telas elastoméricas.

- 1.- Fáciles de obtener.
- 2.- Adaptables en casos de poca altura.
- 3.- Peso ligero.
- 4.- Resistentes a la corrosión.

Aislamiento del sistema de almacenamiento.

El aislamiento del depósito impide que el calor se pierda hacia las áreas circundantes. Suponiendo que el tanque no se utilice para calentar espacio ocupado mediante su radiación superficial el aislamiento dependerá de su ubicación y de los factores económicos. Para diseñar correctamente el aislamiento de un tanque hay que hacer un análisis de las pérdidas de calor. Por ejemplo un cubo de 1.525 m. x 1.525 m. x 1.525 m. hecho de concreto de 0.0762 m. y que contenga 3,555.02 litros de agua sin aislamiento alguno las pérdidas de calor serán de 49.776 cal / hr / °C / cm² (497,760 cal / hr / °C / m²).

Si el tanque está a 93.3 °C y el aire circundante está a 18.3 °C el tanque perderá calor a razón de 3,733,200 cal / hora esto equivale a decir 89,596,800 calorías al día.

Desventajas.

- 1.- Peso de apoyo.
- 2.- Puede costar más que el acero o el concreto, tal como se producen en la actualidad.
- 3.- Poca capacidad en longitudes prácticas a menos que se coloquen en sentido vertical..

- 1.- Filtraciones por capilaridad a menos que se forre.
- 2.- No apta para usarse enterrada.
- 3.- Más fácil de agujerar.

- 1.- Más difíciles de aislar.
- 2.- Su resistencia a la temperatura puede ser limitada a menos que se fabriquen con el caucho sintético apropiado.
- 3.- Aplicaciones limitadas. No apta para usarse enterrada.

Un litro de agua pesa 1 kg.; 3,555.02 litros pesarán 3,552.02 kg. (3.55 toneladas). Para elevar un grado centígrado la temperatura del agua se requiere 1 cal / gramo, de manera que una pérdida de 3,552 cal hará bajar en 1°C la temperatura del tanque.

Por lo tanto el tanque perderá 3.168 °C de temperatura cada hora es decir 76.032 °C en un día.

Si se pone aislamiento R-20 alrededor del tanque la pérdida de calor será únicamente de 1,050 cal / hora, por un grado centígrado.

Con una diferencia de temperatura de 75 °C (93.3 - 18.3) la pérdida será de 255,276 cal / hora.

El tanque perderá únicamente 0.234 °C por hora o sea 5.616 °C al día.

Lo anterior dará una pérdida razonable de 5,905,872 calorías diarias lo que representa apenas el siete por ciento aproximadamente de lo que pierde el tanque no aislado.

Este análisis es esencial para diseñar el aislamiento del tanque. Una especificación que indique pérdidas aproximadas de menos de 1.67 a 2.78 °C por día será razonable. La elección del material para aislar el tanque de almacenamiento está en función de la economía la vida útil las condiciones de servicio y el valor R. De modo general:

- Las temperaturas de servicio en el tanque serán superiores a 7.2 °C e inferiores a 93.3 °C
- Las temperaturas de servicio fuera del tanque tendrán que variar dependiendo de su ubicación y de si está sobre o debajo del nivel del suelo o fuera de la construcción.
- El metal aislador debe de estar protegido contra la humedad los daños mecánicos el fuego el desplome o compactación y la pérdida de adherencia al tanque.
- El valor R deberá permanecer constante durante la vida útil del aislador.
- El aislante colocado debajo del tanque deberá soportar el peso muerto correspondiente.

La fibra de vidrio los uretanos espumosos (protegidos contra incendio) y la placa de fibra de vidrio han resultado aisladores excelentes para el tanque. La temperatura de servicio del poliestireno es demasiado baja (79.4 °C) mientras que los rellenos sueltos son propensos a absorber la humedad y volverse compactos, especialmente en el caso de la lana mineral, la perlita y la vermiculita. Los materiales celulósicos presentan problemas similares.

La decisión en materia de almacenamiento de la energía solar dependerá principalmente del tipo de sistema que se prefiera. Sin embargo, es conveniente estudiar el costo y el rendimiento de los métodos de almacenamiento.¹

¹ Montgomery, Richard H.; Budnick Jim.

“Energía solar” Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1986. pag 14.1 a 14.14. ills.



*CASO STUDIO: OPERA DEL
APO SIMONE BALI BABAN*

"El mito del Quinto Sol y la amenaza de un futuro cataclismo sirvió a los fines de la nobleza: el Sol debía ser mantenido vigoroso sobre el firmamento para que la especie humana no pereciera. La guerra era el medio por el cual se obtenía el alimento divino: la sangre y los corazones de los enemigos capturados en combate. Los ejércitos victoriosos e convertían así en los salvadores de la humanidad ya que con su esfuerzo nutrían al Quinto Sol.

El astro fue concebido también como un gran guerrero. Entre los mitos de los pueblos náhuas descuella el del dios patrono de los mexicas, el solar Huitzilopochtli. El dios había sido engendrado por el Cielo en el vientre de la Tierra (Coatlícue). Pero antes de que el Sol naciera, los otros hijos de Coatlícue fraguaron la muerte de su madre y de su hermano en gestación. Ellos eran los señores de la noche: las estrellas (los guerreros Centzonhuitznáhuah) y la Luna (Coyolxauhqui). Sus intentos fueron vanos y advino el parto, del que surgió Huitzilopochtli ya ataviado con los arreos de guerra y armado con la serpiente azul de su padre celeste. El recién nacido venció a los poderes nocturnos. Cayeron ante él sus hermanos estelares y Coyolxauhqui fue decapitada. Así aparece la imagen de la diosa lunar, desmembrada, frente al templo de su hermano victorioso.

Los mexicas veían la reactualización del relato mítico en cada amanecer. El Sol, como águila victoriosa, ascendía al cielo para vencer a los astros de la noche. En su lucha cotidiana era auxiliado por las almas de los hombres muertos en guerra quienes tomaban el disco solar desde el amanecer hasta el mediodía en donde lo dejaban en manos de las almas de aquellas mujeres muertas en el parto, y de aquí se dirigían hacia el sur en forma de quetzales; las almas de las mujeres muertas en parto tomaban el disco solar del mediodía y lo conducían al ocaso en donde lo depositaban para que de aquí se dirigiesen hacia el norponiente en forma de mariposas. Con esto las almas prolongaban su existencia gloriosa más allá de la vida terrenal".

*· Leyenda azteca del Quinto Sol
en "Dioses del México Antiguo"¹*

CASO DE ESTUDIO: CASA HABITACIÓN EN BOSQUES DE LA HERRADURA.

Helioarquitectura.

VENTAJAS DE UN TECHO SOLAR.

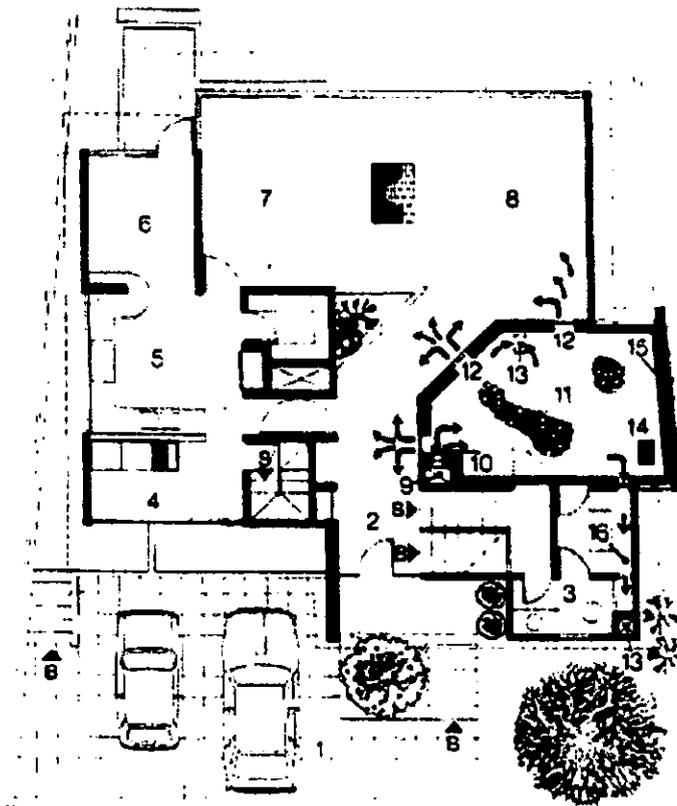
Elemento indispensable para que exista vida en la Tierra es la energía que se genera en el Sol, la estrella mas cercana a nuestro planeta.

Constituido por hidrógeno y helio su núcleo se encuentra sometido a grandes presiones y a millones de grados de temperatura, lo que da lugar a que los átomos de hidrógeno se combinen y formen átomos de helio con la emisión simultánea de un fotón de luz.

Estos fotones provenientes de la fisión termonuclear del hidrógeno son captados en la Tierra por los únicos seres vivos capaces de transformar la energía luminosa en energía química: las plantas, con lo que se inicia nuestro ciclo de vida..

¹ "Dioses del México Antiguo". Catálogo de la exposición realizada en el Antiguo colegio de San Ildefonso del 7 de diciembre de 1995 al 24 de marzo de 1996. 1a. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes y Departamento del Distrito Federal. Ciudad de México. México 1995. 200 pp. ill.

Las reacciones termonucleares generadas en el Sol convierten aproximadamente 400 millones de toneladas de hidrógeno en helio cada segundo. La humanidad en sus orígenes intuyó la vital importancia del Sol, por lo que no es de extrañar que la hayan deificado bajo distintos nombres y circunstancias.



Planta principal

- | | | |
|--------------------|---|---------------------|
| 1. Plaza de acceso | 7. Comedor | 12. Rejilla |
| 2. Vestíbulo | 8. Sala | 13. Ducto |
| 3. Baño | 9. Ducto vertical | 14. Rejilla en piso |
| 4. Lavandería | 10. Extractor | 15. Aislante |
| 5. Cocina | 11. Cisterna de piedras
(bajo sala familiar) | 16. Retorno |

El hombre en su proceso de civilización inventó máquinas para el progreso que demandaron una gran cantidad de energía para hacerlas funcionar. En principio fue suficiente la proveniente del carbón o del petróleo.

Más adelante en pleno siglo XX, en la década de los 70's, se manifiesta una crisis económica mundial a raíz del alza del costo del petróleo y es en ese momento que las naciones aceleran la sustitución de los hidrocarburos por energías alternativas.

En este contexto también se encuentra una arquitectura climática que tiene como meta el mejor aprovechamiento de los recursos que le ofrece el medio.

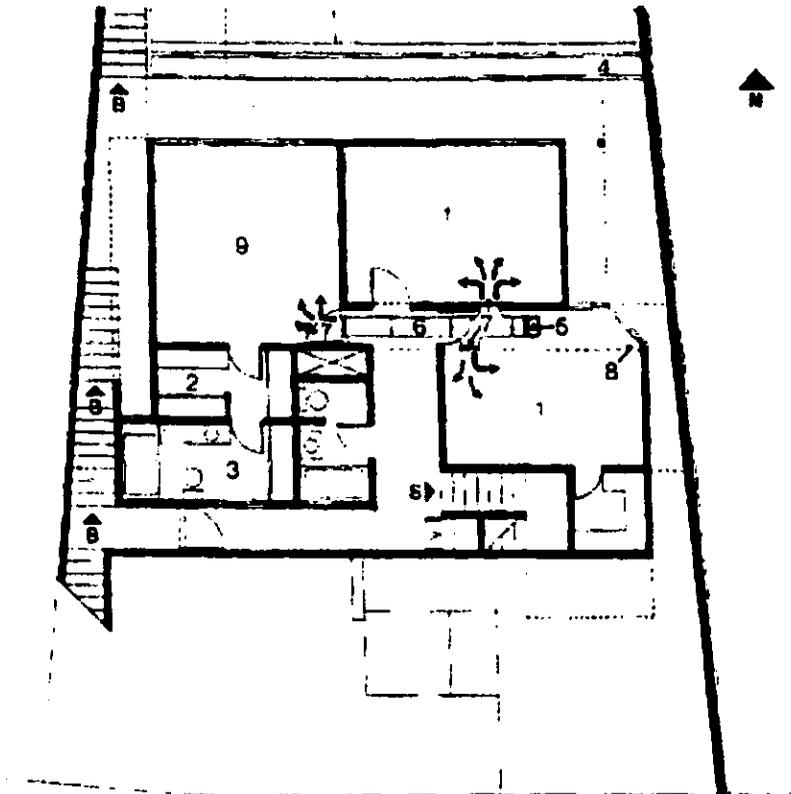
Ante esta tendencia generalizada, los arquitectos de México no podemos quedar al margen, máxime cuando en la ciudad capital del país cotidianamente se agravan los problemas de servicio que todos conocemos y teniendo como ventaja una radiación solar media anual de 3,729 kilocalorías por día.

La arquitectura climática se ha aplicado en ocasiones aisladas, siendo en la casa habitación donde se ha hecho con mayor frecuencia, como es el caso que ahora me ocupa.

“El terreno -explica el Arq. Simón Bali quien diseñara y construyera esta casa en Bosques de la Herradura- mantiene una fuerte pendiente con una agradable vista al norte. Para mantener esta panorámica se pensó en una orientación muy abierta al norte, lo que haría la casa muy fría.”

Por lo tanto desde el principio se planeó él dotarla de un sistema mixto de calefacción en base a gas y aprovechamiento solar pero independientes los dos.

La construcción tiene un total de 350 m² que se desarrollan en dos plantas.

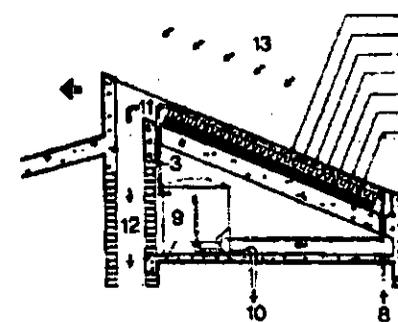


Planta baja

- | | | |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1. Recámara | 4. Jardinería | 7. Rejilla |
| 2. Vestidor | 5. Vase de la cisterna de piedra | 8. Proyección falso plafón |
| 3. Baño | 6. Ducto horizontal | 9. Recámara principal |

La idea ha sido utilizar la energía solar como un sistema de apoyo general -explica el Arq. Bali- buscando la amortización de la inversión con base al ahorro en el consumo de gas.

La amortización de las instalaciones solares se calcula en cinco años a precios constantes. El ahorro de gas es aproximadamente de 65% del consumo que se hubiera hecho sin el techo solar".



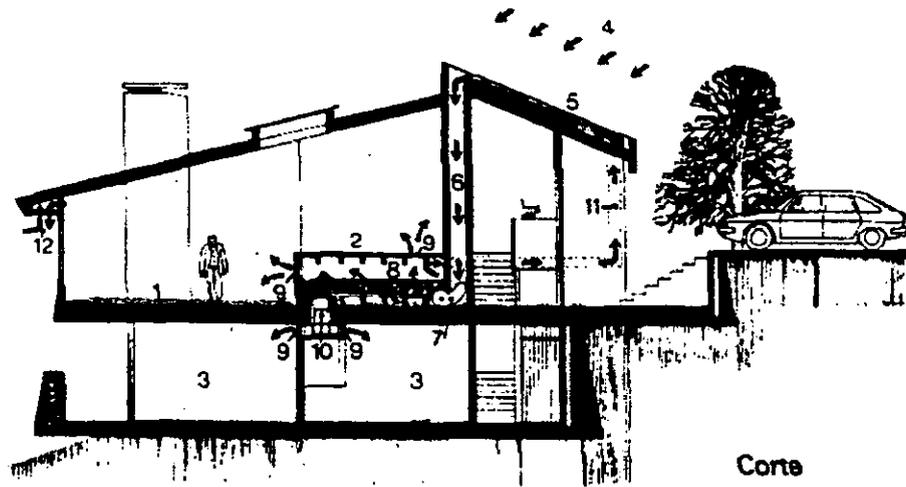
Detalle colector solar

Área colector solar 36 m²
 25 m² para calefacción a base de aire
 10 m² para calentamiento de agua

1. Cristal sellado
2. Cámara de aire
3. Tubo de cobre pintado de negro
4. Lámina de fierro pintada de negro y perforada
5. Cámara de aire
6. Aislante térmico sobre papel aluminio
7. Losa de concreto
8. Vase de travesa
9. Tanque térmico 200 lts.
10. Base a calentador de almacenamiento (apoyo) y consumo casero
11. Base aire caliente por extracción
12. Ducto vertical
13. Radiación solar

La captación solar

No siendo la energía solar utilizable para nuestros fines como tal se requiere transformarla en un tipo de energía asequible a nuestras necesidades, lo que se realiza a través de un captador y del almacenamiento, que se diseñan según el tipo de energía final que se desea obtener: térmica o eléctrica.



Corte

- | | | | |
|------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| 1. Comedor | 4. Radiación solar | 7. Extractor | 10. Ducto horizontal |
| 2. Sala familiar | 5. Colector solar | 8. Cisterna de piedras | 11. Retorno |
| 3. Recámara | 6. Ducto vertical | 9. Rejilla | 12. Ventilación natural |

Por tanto el captador, como su nombre lo indica, es el elemento que se encuentra expuesto a la radiación solar, por lo que se ubica en el techo de la construcción que tiene una inclinación de 20 grados al sur con una superficie de 30 metros cuadrados en el que se encuentran integrados los colectores de agua y de aire.

Los colectores y acumuladores se hicieron en obra con aislamientos y dispositivos para tener un arranque automático.

Acumuladores.

Los acumuladores de agua y de aire caliente utilizan como elemento de almacenamiento, respectivamente, el agua y la grava o piedra. Construido en el sitio tienen la ventaja de adaptarse a las necesidades de ubicación, no plantean problemas de corrosión, su tamaño se puede adecuar a las necesidades del usuario, sin tener que ajustarse a los módulos comerciales.

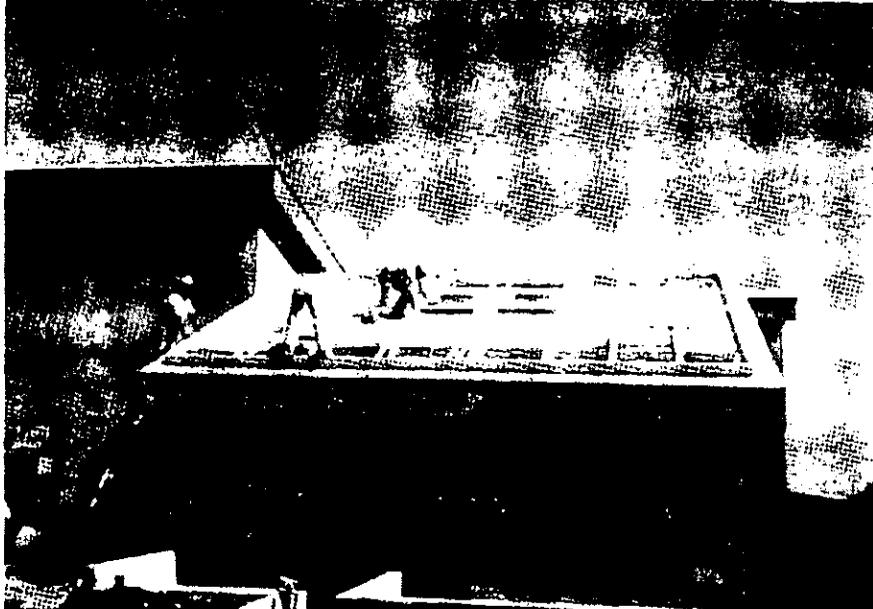
La captación de la energía solar se lleva a cabo en las horas del sol, que dependen de muchos factores tales como la latitud y la longitud del lugar, la estación del año, etc. Y oscila entre 4.6 y 8.6 horas al día.

Esto implica, que para utilizar un sistema de energía solar fuera de las horas de insolación, es necesario acumular el calor para disponerlo en los momentos en que se desea utilizar, evitando con ello la intermitencia y variabilidad de la radiación a lo largo del día.

Asimismo, el diseño de una instalación se calcula con los factores medios anuales para no sobredimensionarla excesivamente. Por tanto, habrá momentos en los que la energía sobra y otros, en los que falte.

“El almacenamiento de agua caliente –acota el Arq. Bali- se dio con un tanque de 200 litros que trabaja bajo el sistema de termosifón, en tanto que el almacenamiento de aire caliente se dio en base a una cisterna de piedras que se ubicó entre los dos pisos de la casa, la cual se aisló y se dotó de rejillas y ductos que permiten la distribución a casi toda la casa”.

El peso de los 12 metros cúbicos de esta cisterna se calculó en la losa intermedia que es la que soporta la carga.



Instalación de los colectores solares en la parte del techo.

“Se ha observado que aún en días nublados y fríos -menciona el Arq. Bali- el agua es por lo menos precalentada en los colectores, en la sección de agua, con lo que el calentador de gas trabaja muy poco.”

“En cambio -dice el Arq. Bali-, en la sección en que se manejó el aire, los días muy nublados obligan a encender la calefacción convencional.”

“La energía solar, con el tiempo, será tan cotidiana en nuestras viviendas e industrias como hoy lo es el agua o la electricidad y, algún día -concluye- llegaremos a dominarla obteniendo un buen y claro provecho de lo que abundantemente nos regala el Sol.”¹



Vista de la casa donde se puede apreciar el techo solar terminado.

¹ Artículo publicado en la revista “Obras” en Septiembre de 1988.

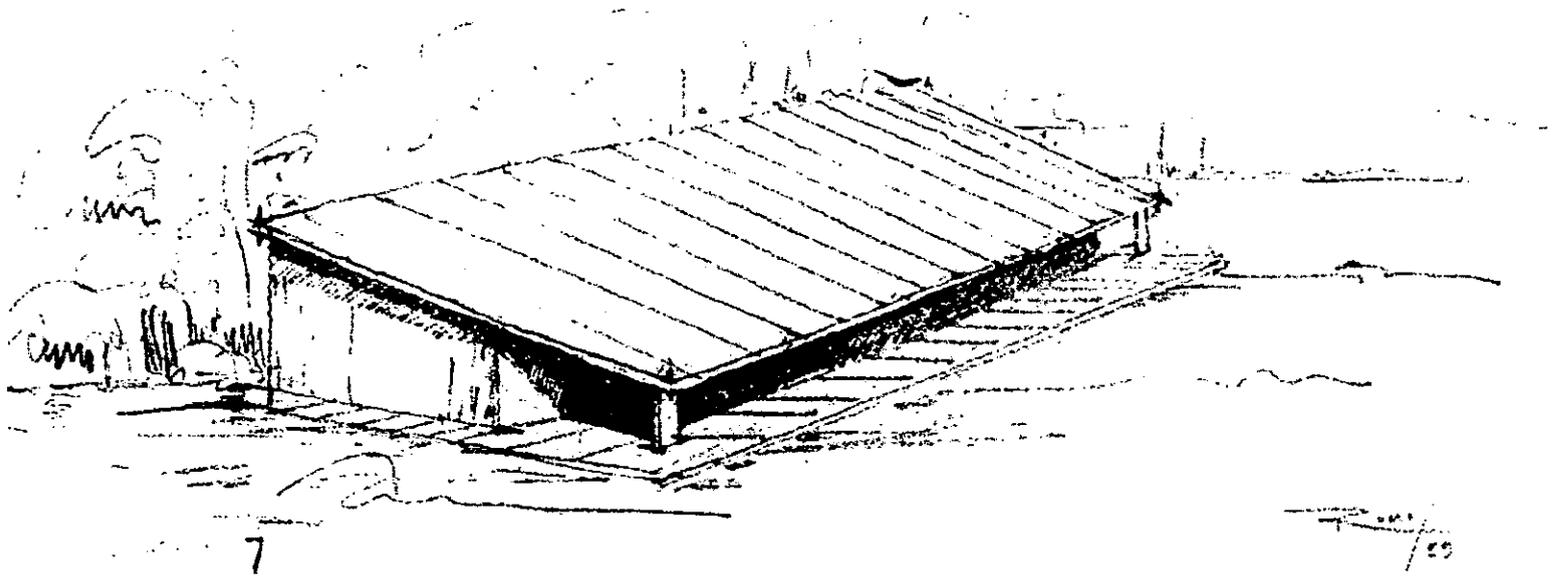


*INTEGRACION AL DISEÑO
ARQUITECTÓNICO.*

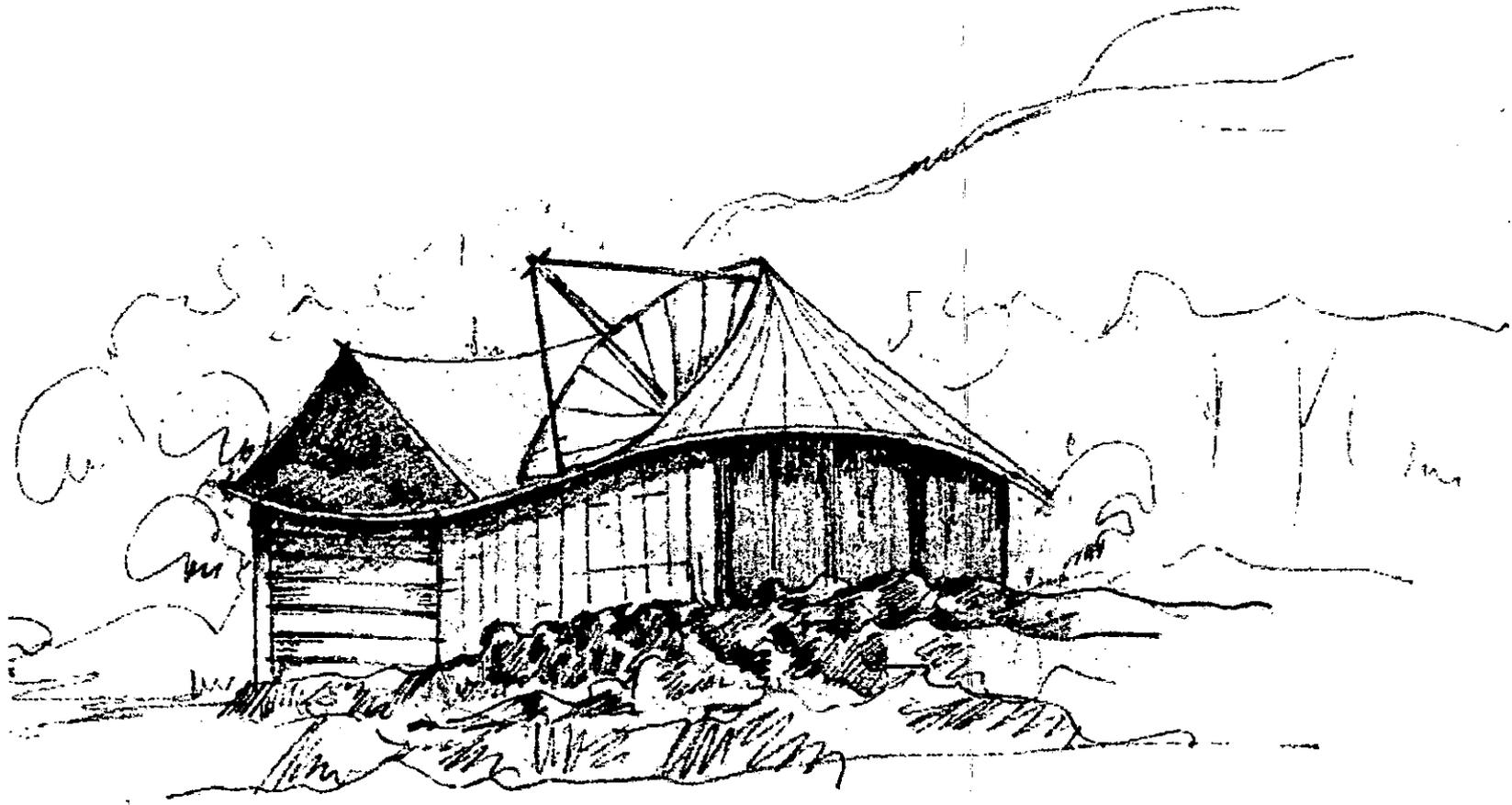
*"Grandes espíritus tienen siempre
oposiciones violentas encontradas de
mentes mediocres."*

Albert Einstein

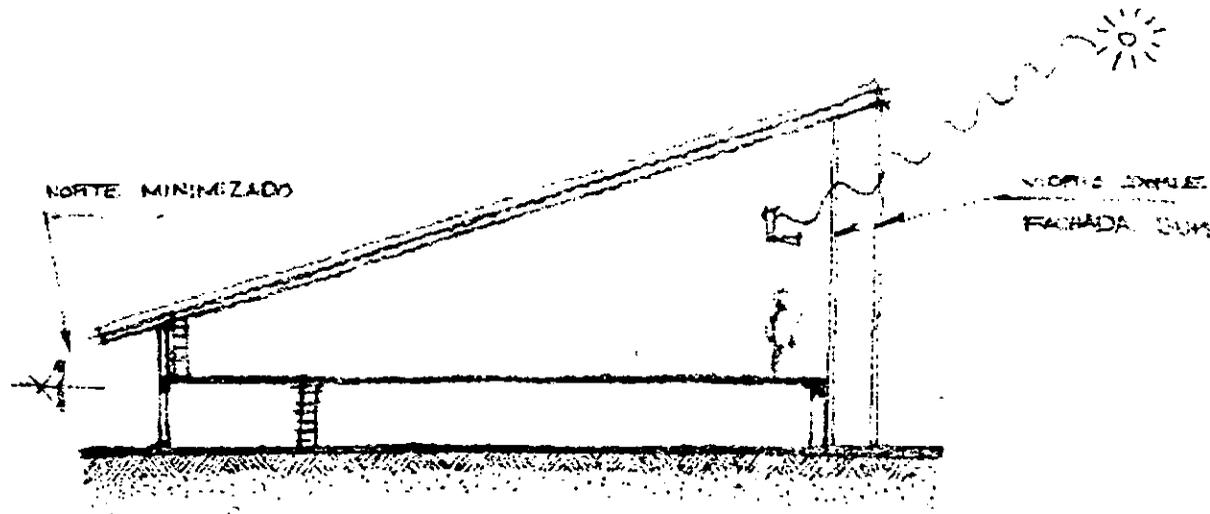
INTEGRACIÓN AL DISEÑO ARQUITECTÓNICO.



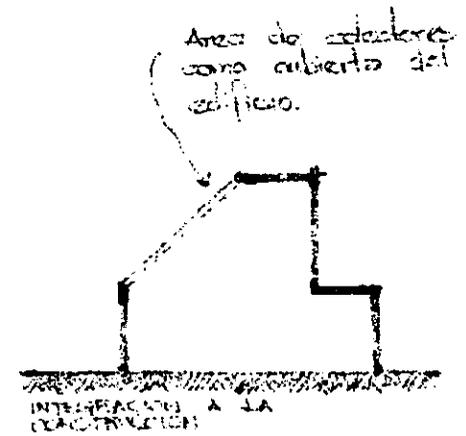
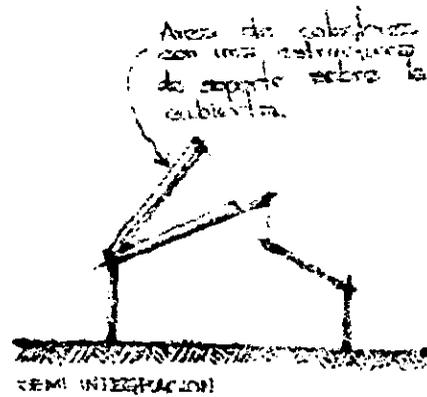
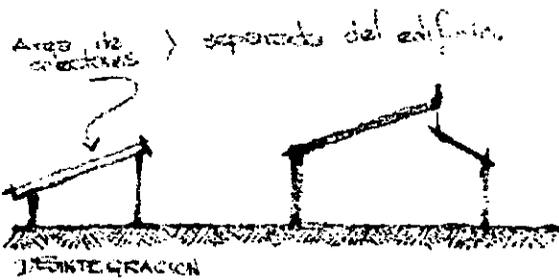
Cubierta con colectores planos

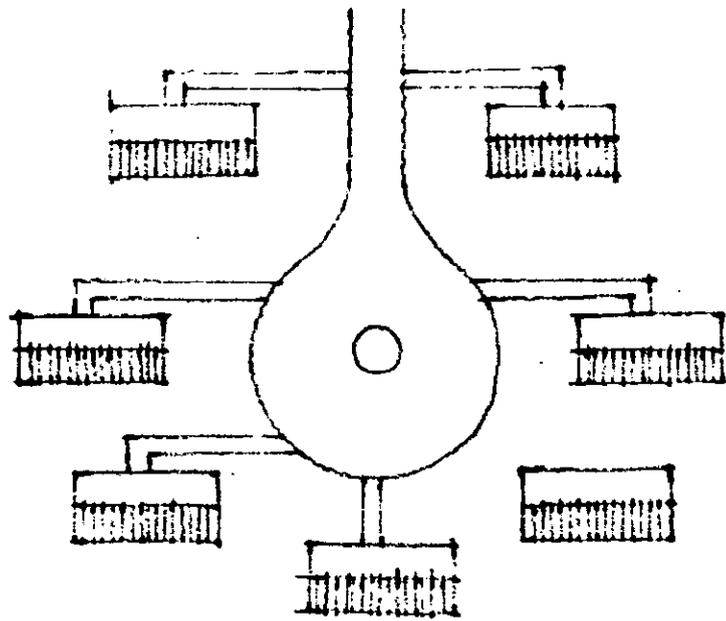


Cubierta con colectores parabólicos.

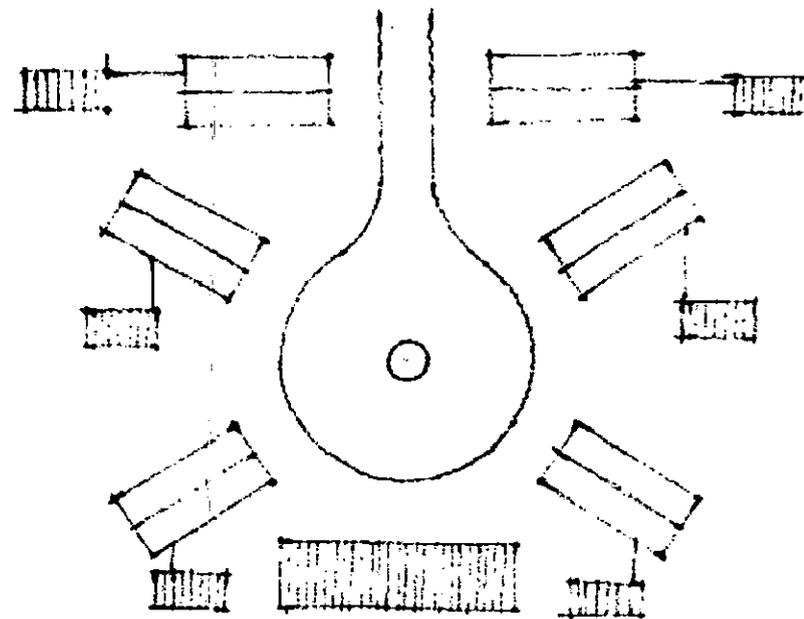


PROVEENAMIENTO PASIVO DE LA ENERGÍA SOLAR EN CLIMAS FRIOS



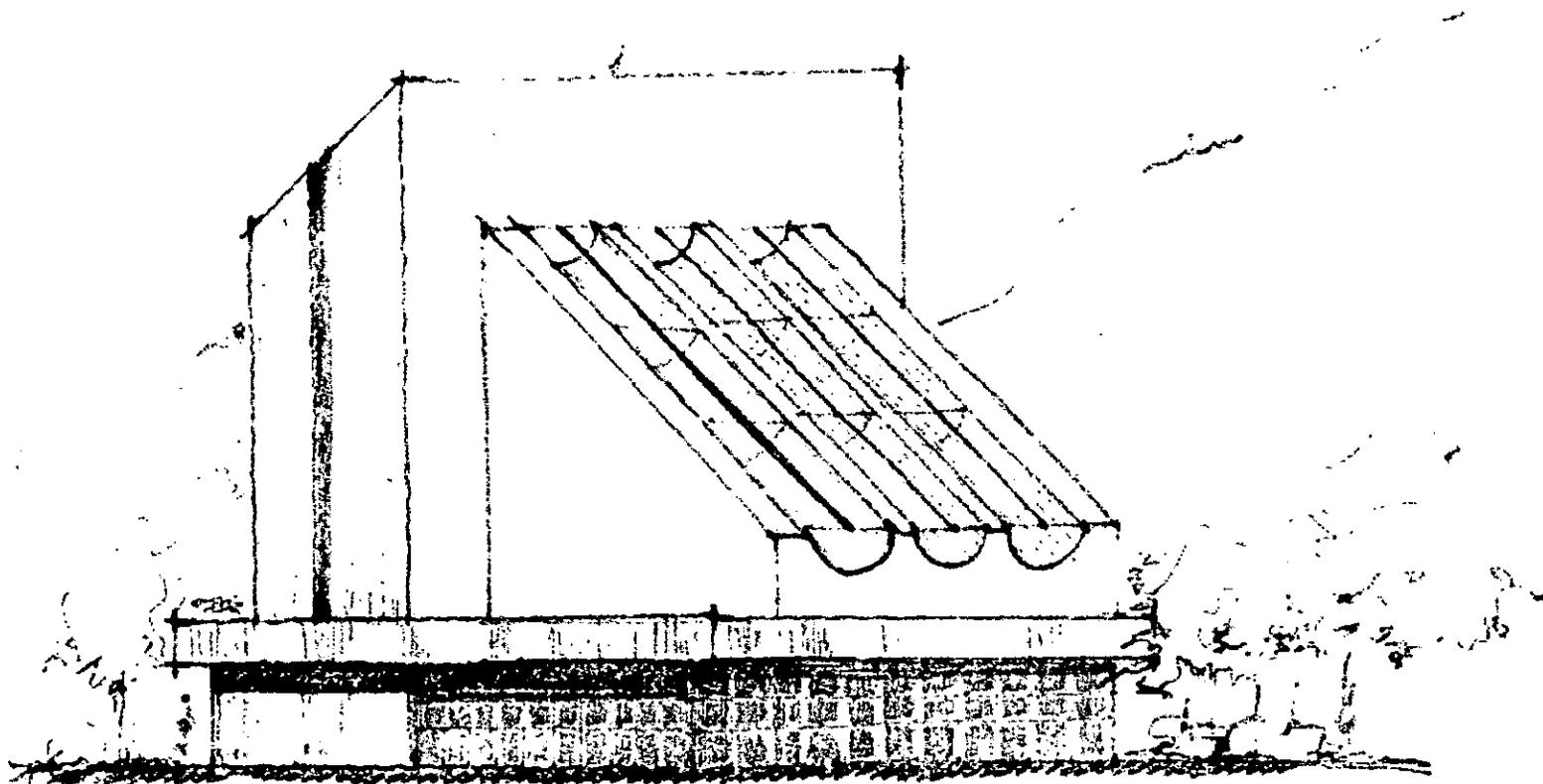


INTEGRACION DE COLECTORES SOLARES EN PROYECTOS DE DESARROLLOS URBANOS DE VIVIENDA EN ESTE CASO SE MANEJA UNA CASA TIPO CON LOS COLECTORES SOLARES ORIENTADOS AL SUR Y CADA VIVIENDA CUENTA CON SU PROPIO SISTEMA INDEPENDIENTE DE LAS DEMAS.

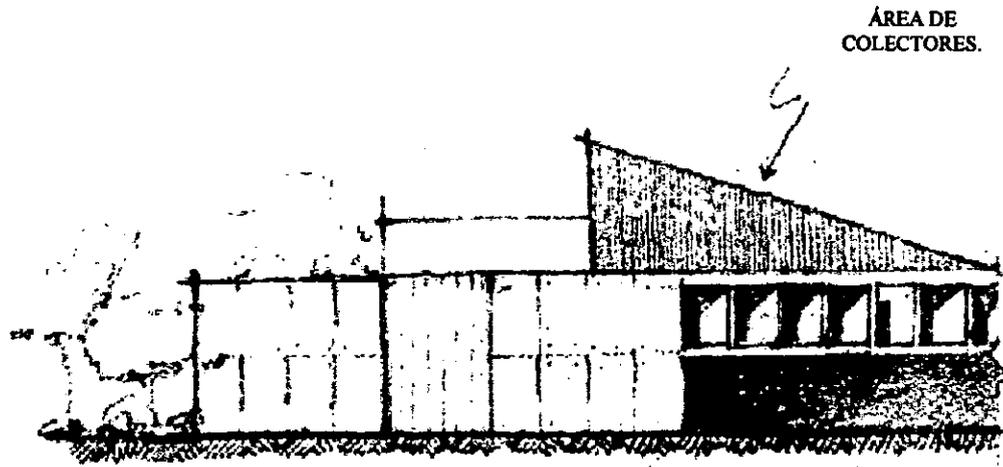


SI LOS PROYECTOS DE VIVIENDA SON DIFERENTES EN UN DESARROLLO URBANO POR ALGUNA RAZÓN DE DISEÑO COMO LA QUE SE MUESTRA, LOS COLECTORES SOLARES SERÍAN DESINTEGRADOS SI ES QUE CADA VIVIENDA CUENTA CON SU PROPIO SISTEMA O BIEN INTEGRARLOS EN UN SOLO FINEL ORIENTADO AL SUR DEL CONJUNTO PARA SERVICIO DE TODA LA COMUNIDAD.

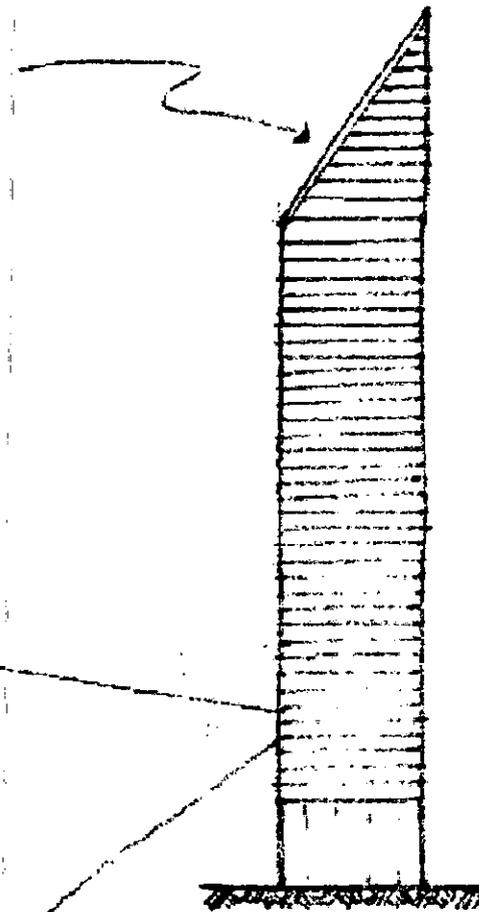
ENERGÍA SOLAR EN DESARROLLOS URBANOS DE VIVIENDA



COLECTORES CILÍNDRICOS O CONCENTRADORES PARA CALENTAMIENTO DE AGUA Y GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.

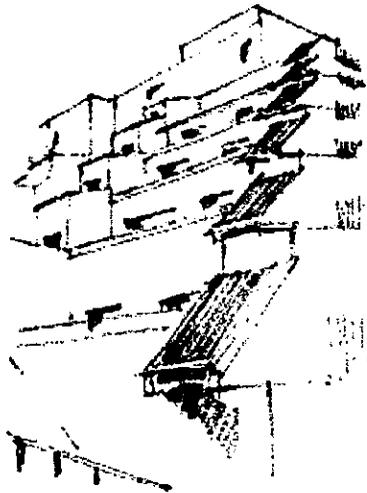


COLECTORES SOLARES PLANOS EN INSTITUTOS Y UNIVERSIDADES.

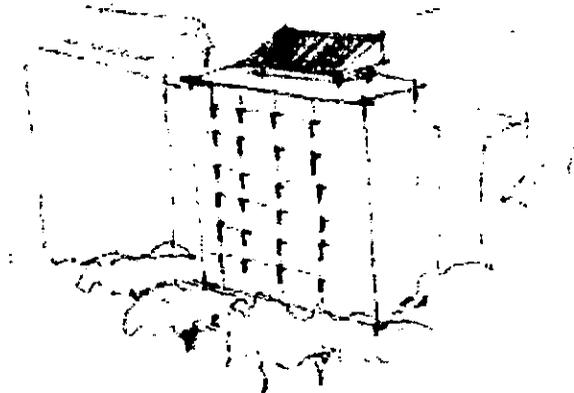


COLECTORES SOLARES EN AZOTEAS DE EDIFICIOS ALTOS.

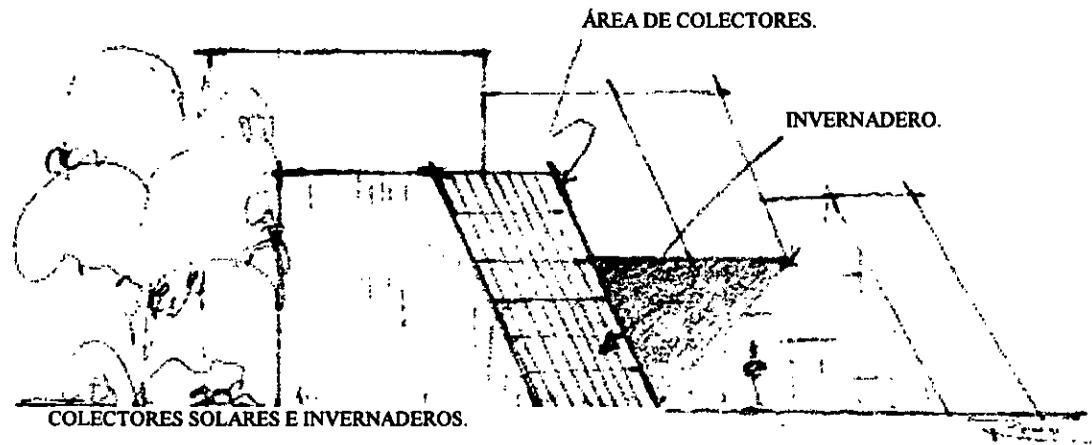
COLECTORES SOLARES EN FACHADAS DE EDIFICIOS ALTOS



COLECTORES SOLARES EN EDIFICIOS DE DEPARTAMENTOS.



COLECTORES SOLARES EN HOTELES.



COLECTORES SOLARES E INVERNADEROS.



Capitulo

MATERIAS DE CONSTITUCION

"Los antiguos lo sabían muy bien, tiene sentido reverenciar al Sol porque somos sus criaturas, somos hijos del Sol y de las estrellas, materia de estrellas contemplando a las estrellas."

Carl Sagan "Cosmos" 1981

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

En capítulos precedentes ya se ha hecho mención de los materiales de construcción, principalmente en lo que se refiere a los colectores planos y concentradores. (Véase el capítulo No. 6 "El Colector solar") así como de los materiales y procesos constructivos necesarios para el almacenamiento de la energía captada (Véase capítulo No. 11 "Almacenamiento de la energía").

Haciendo un resumen de los mismos tenemos entonces que los materiales necesarios son:

En los colectores planos:

- Cajas de metal
- Lámina pintada
- Aluminio
- Pamacón.- Viruta de madera prensada.- es un material ligero y sirve como aislante. Es resistente al clima y a la intemperie.

Los colectores están constituidos por tubos de cobre¹, aluminio, lámina galvanizada, polipropileno o hule de Ø 3/8", todos con un acabado negro o pintados de negro.

El acabado negro de los colectores tiene que ser especial y de alta calidad, la pintura acrílica o la de esmalte no sirve, ésta tiene que ser resistente a altas temperaturas², aunque es mucho más costosa. Empresas como Sherwin Williams o Comex tienen ya a la venta estas pinturas que generalmente las venden para hornos domésticos o industriales para soportar temperaturas de hasta 500 °C.

Al momento de aplicarla hay que limpiar muy bien la superficie que se ha de pintar para así garantizar al máximo la permanencia y durabilidad del acabado a los tubos que funcionarán como colectores.

Se debe de aplicar con una capa de primer para después aplicar la pintura ya sea con pistola y compresora o a mano con una brocha.

En lugar de pintura se pueden adquirir los colectores ya hechos y cuyo acabado final ya puede ser de:

- CROMO NEGRO.- A semejanza del anodizado en donde el colector se somete a procesos químicos en tinas en donde ya sale directamente de fábrica con el acabado negro y sin tener la necesidad de pintarlo.
- NIQUEL NEGRO.- Se utiliza para hornos, es un sistema electrostático para que se adhiera el níquel a la lámina de por vida.

¹ Romo Zamudio Carlos Eduardo. Tesis profesional Facultad de Arquitectura. Antología de Publicaciones. Catálogo general de conexiones Nibco y tubería de cobre. Iusa.

² Ibidem. Línea de productos Comex.

Se aplican también ácidos para oscurecer las láminas. Al final de cuentas, los colectores deben ser negros.

El polipropileno negro para los colectores son muy económicos y no requieren de aislamiento, se usan principalmente como colectores flexibles para albercas.

Para la cubierta a tapa del colector (Para lograr el efecto de invernadero) se emplea:

Vidrio templado desde 4 mm. , 5mm. y 6 mm. como máximo. Si es muy delgado, el vidrio puede llegar a romperse con algún agente atmosférico como puede ser una granizada o eventos accidentales como una pedrada, por ejemplo; por el otro lado si el vidrio es muy grueso menor será la facilidad de penetración de los rayos del sol, es más pesado y más costoso.

Es necesario de que este vidrio que se ha de utilizar en la cubierta de los colectores sea lo más transparente posible con la menor cantidad de hierro, para poder saber si un vidrio tiene mucho o poco hierro solo es necesario observar el canto de los mismos, a mayor cantidad de hierro. este canto se verá cada vez más verde.

La cubierta también puede ser de plástico:

Los policarbonatos, se pueden emplear de cualquier espesor dependiendo de las características del fabricante¹ o acrílico del que hay desde 1 mm. de espesor hasta 3 cm. es recomendable manejar el de 2 ó 3 mm.

El lexan es un plástico en forma de panel hueco, lo que le da mayor rigidez. Éste tiene las ventajas del vidrio y del plástico y es resistente a la radiación ultravioleta.

La fibra de vidrio y el polietileno no duran mucho y no son muy recomendables, se opacan y se vuelven quebradizos en poco tiempo, la fibra de vidrio es muy opaca y de muy mal aspecto.

Para la cama de aislamiento:

Se puede utilizar poliuretano (amarillo o azul), de alta o de baja densidad pero es excesivamente costoso, se recomienda utilizar el de baja densidad.

El poliestireno (conocido como unicel)

La lana mineral o fibra de vidrio (también en colores amarillo o azul), que también son costosos pero no tanto como el poliuretano.

El hule espuma y el corcho así como el neopreno son muy buenos aislantes pero también son muy costosos.

Se usa también el bajo alfombra o Polipad.

El bagazo de caña o Eucatex.

El papel triturado

¹ Romo Zamudio Carlos Eduardo. Tesis Profesional Facultad de Arquitectura. Antología de Publicaciones. Catálogo de productos. Marlon St. y Lexan.

El cartón corrugado

El poliuretano expandible o espuma de poliuretano que también sirve como aislamiento acústico, se vende en latas como las de la crema para rasurar.²

² Ver catálogos de colectores de Israsol, Sunway y Heliocol en Antología de Publicaciones.

Capítulo 14

CÁLCULO DE COLECTORES

"No puede existir un lenguaje más universal y simple, más carente de errores y oscuridades, y por lo tanto más apto para expresar las relaciones invariables de las cosas naturales [...] [Las matemáticas] parecen constituir una facultad de la mente humana destinada a compensar la brevedad de la vida y la imperfección de los sentidos".

Joseph Fourier,
"Théorie analytique de la chaleur".
Discurso preliminar (1822)

CÁLCULO DE COLECTORES.

Para agua caliente:

$$A = \frac{Q \times \Delta t}{I_s \times e}$$

en donde:

A = Área de colectores. ¿Cuántos m² de colector?

Q = Demanda de agua caliente. ¿Cuántos litros (gramos) de agua caliente?

Δt = Diferencial de temperatura. ¿Qué tan caliente en °C?¹

I_s = Radiación solar del lugar

e = Eficiencia en general. ¿Qué tan eficiente es el colector? y otras eficiencias.

Ejemplo: Casa habitación para 6 personas en el Distrito Federal.

Para uso en regadera, lavado de trastes y ropa.

≈ 15 galones de agua caliente al día, ≈ 50% del consumo diario de agua por persona en función de los requerimientos de agua marcados en el reglamento de construcciones para el distrito federal.

considerando 80 litros

Una regadera consume 19 litros de agua por minuto. entonces:

80 litros de agua caliente x 6 personas = 480 litros / día.

Q = 480 litros.

Δt = temperatura final - temperatura inicial.- El agua de la red en la ciudad de México es en promedio de 15 °C. La temperatura final será la que, en función de las actividades del habitador se vaya a emplear, así tenemos que:

regadera	= 42 °C	
lavado de ropa	= 50 °C	promedio = 45 °C
lavatrastes	= 50 °C	

¹ Una caloría es el calor necesario para levantar la temperatura de 1 gramo de agua 1 °C

$$\Delta t = 45 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C} = 30 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Radiación solar en la República Mexicana: (Véase energía solar capítulo 3)

Norte de la República = $500 \text{ cal / cm}^2 / \text{día} = 5,000,000 \text{ cal / m}^2 / \text{día}$

D.F. Centro, Pacífico = $400 \text{ cal / cm}^2 / \text{día} = 4,000,000 \text{ cal / m}^2 / \text{día}$

Golfo de México = $300 \text{ cal / cm}^2 / \text{día} = 3,000,000 \text{ cal / m}^2 / \text{día}$

Eficiencia buena = 70 %

regular = 50 %

económica = 30%

Eficiencia máxima = 75 % = Buenas condiciones atmosféricas y geográficas y un buen colector.

Eficiencia regular = 60 - 50% = Condiciones regulares.

Eficiencia económica = 40 - 30% = Malas condiciones y un colector barato.

Entonces:

$$A = \frac{(480,000 \text{ gramos}) (30 \text{ }^\circ\text{C})}{(4,000,000 \text{ cal / m}^2 / \text{día}) (50 \%)} = \frac{14,400,000 \text{ calorías}}{2,000,000 \text{ cal / m}^2} = 7.20 \text{ m}^2 \text{ de colector.}$$

Pero si las dimensiones de un colector comercial son de $1.01 \times 2.09^1 = 2.11 \text{ m}^2$ así que estaríamos necesitando:

$$7.20 \text{ m}^2 + 2.11 \text{ m}^2 = 3.41 \text{ colectores, es decir 4 colectores.}$$

Ejemplo No. 2

Motel en Saltillo, Coahuila.

20 cuartos.

1 cafetería.

1 lavandería.

$Q = 2 \text{ personas} \times \text{cuarto} = 40 \text{ personas.}$

personal del motel = 5 personas.

45 ————— 9,000 litros.

¹ Romo Zamudio Carlos Eduardo. Tesis profesional. Facultad de Arquitectura. UNAM. Antología de publicaciones. Catálogo de especificaciones de colectores SUNWAY.

Lavado de ropa de cama al día
cafetería y lavado de trastes @ huésped y empleados \approx 200 litros / persona.

Δt = temperatura final = 50 °C
temperatura inicial = 25 °C $\Delta t = 50 \text{ °C} - 25 \text{ °C} = 25 \text{ °C}$
 $I_s = 5,000,000 \text{ cal} / \text{m}^2 / \text{día}$.

$e = 70 \%$.

$$A = \frac{(9,000,000 \text{ gr.})(25 \text{ °C})}{(5,000,000 \text{ cal} / \text{m}^2 / \text{día})(0.70)} = 64.29 \text{ m}^2 = 30.45 \text{ colectores} = 31 \text{ colectores.}$$

Ejemplo No. 3

Lavandería automática con 15 máquinas lavadoras en Acapulco, Guerrero.

1 máquina comercial consume 400 litros de agua caliente al día, entonces:

400 litros x 15 máquinas = 6,000 litros x 1,000 = 6×10^6 gr. de agua.

Δt = temperatura final = 45 °C para lavado de ropa
- temperatura inicial = 30 °C
= 15 °C

$I_s = 4,500,000 \text{ cal} / \text{m}^2 / \text{día}$.

$e = 40\%$

$$A = \frac{(6 \times 10^6 \text{ gr.})(15 \text{ °C})}{(4,500,000 \text{ cal} / \text{m}^2 / \text{día})(0.40)} = 50 \text{ m}^2 = 23.7 = 24 \text{ colectores.}$$

Ejemplo No. 4

Casa habitación en Monterrey, Nuevo León (6 personas) residencial x 80 litros de agua caliente = 480 litros = 480,000 gr de agua caliente.

$Q = 480,000 \text{ gr}$ de agua.

$$\Delta t = (\text{temperatura final} = 41 \text{ }^\circ\text{C}) - (\text{temperatura inicial} = 20 \text{ }^\circ\text{C}) = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_s = 5,000,000 \text{ cal / m}^2 \text{ / día (promedio anual)}$$

$$e = 70 \%$$

$$A = \frac{(480,000 \text{ gr}) (21 \text{ }^\circ\text{C})}{(5,000,000 \text{ cal/m}^2\text{/día})(0.70)} = \frac{10,080,000 \text{ cal}}{3,500,000 \text{ cal/m}^2} = 2.85 \text{ m}^2 = 2 \text{ colectores.}$$

Ejemplo No. 5

Casa en el Distrito Federal 8 personas, 80 litros por persona = 640 litros de agua caliente = 640,000 gramos de agua caliente.

$$\Delta t = \text{Temperatura final} - \text{temperatura inicial} = 40 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_s = 4,000,000 \text{ cal / m}^2 \text{ / día}$$

$$e = 60 \%$$

$$A = \frac{(640,000)(25)}{(4,000,000)(0.60)} = \frac{16,000,000}{2,400,000} \quad 6.6 \text{ m}^2 / 2.11 \text{ m}^2_{\text{colector}} = 3.13 \text{ colectores} = 4 \text{ colectores.}$$

Ejemplo No. 6

Casa en Acapulco, Guerrero. 8 Personas, 60 litros de agua caliente x persona = 480 litros = 480,000 gramos de agua caliente.

$$\Delta t = \text{Temperatura final} - \text{temperatura inicial} = 40 \text{ }^\circ\text{C} - 25 \text{ }^\circ\text{C} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$I_s = 4,500,000 \text{ cal / m}^2 \text{ / día}$$

$$e = 40 \%$$

$$A = \frac{(480,000)(15)}{(4,500,000)(0.40)} = \frac{7,200,000}{1,800,000} = 4.00 \text{ m}^2 / 2.11 \text{ m}^2_{\text{colector}} = 1.90 = 2 \text{ colectores.}$$

Ejemplo No. 7

Motel en Chiapas con 20 cuartos, cafetería y lavandería. 60 personas a 3 personas por cuarto, lleno al 100%. El consumo de agua caliente es de 100 litros por persona = 6,000 litros

$Q_{\text{huéspedes}} = 6,000,000$ gr de agua caliente

En la cafetería

El 50% de los huéspedes asiste a la cafetería, así 30 personas x 20 lts/persona = 600 litros = 600,000 gr

Lavandería para 60 personas a 25 litros por persona = 1,500 litros = 1,500,000 gr

$Q_{\text{total}} = 8,100,000$ gr de agua caliente

$\Delta t = \text{temperatura final} - \text{temperatura inicial} = 42\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$

$I_s = 3,500,000$ cal / m² / día

$e = 40\%$

$$A = \frac{(8,100,000)(22)}{(3,500,000)(0.40)} = \frac{178,200,000}{1,400,000} = 127.28 \text{ m}^2 / 2.11 \text{ m}^2_{\text{colector}} = 60.30 = 60 \text{ colectores.}$$

Ejemplo No. 8

Club de tenis con gimnasio, regaderas, alberca (cálculo aparte), en Cuernavaca.

10 regaderas para hombres y 10 para mujeres + 1 cafetería y cada regadera se usa 10 veces al día

200 regaderas x 90 litros por regadera = 18,000 litros = 18,000,000 gramos de agua caliente.

Cafetería para lavado de trastes fundamentalmente + servicios se consumen 2,000 litros al día = 2,000,000 gr de agua. Entonces:

$Q = 20,000,000$ gr de agua para calentar.

$\Delta t = \text{temperatura final} - \text{temperatura inicial} = 45\text{ }^{\circ}\text{C} - 12\text{ }^{\circ}\text{C} = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Un colector solar plano calienta en promedio hasta 50 ó 60 °C)

$I_s = 4 \times 10^6$ cal / m² / día

$e = 75 \%$ (la fábrica de colectores Módulo Solar se encuentra en Cuernavaca y sus equipos ofrecen estas eficiencias)

$$A = \frac{(20,000,000)(33\text{ }^{\circ}\text{C})}{(4,000,000)(0.75)} = \frac{660,000,000}{3 \times 10^6} = 220 \text{ m}^2 / 2.11 \text{ m}^2_{\text{colector}} = 104.22 = 105 \text{ colectores para un club de tenis.}$$

Cálculo para albercas

Alberca en Cuernavaca, Morelos.

Si se tiene una alberca de 10 x 6 m. con una profundidad de 1.20 m. y si sabemos que 1 m^3 de agua = 1,000 litros, entonces con las dimensiones dadas de la alberca tenemos una cantidad total de agua de $72 \text{ m}^3 = 72,000 \text{ litros} = 72,000,000 \text{ gramos}$ de agua. y sabemos también que a cada gramo de agua se necesita una caloría para elevar su temperatura $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$\Delta t =$ Temperatura final $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Usual en albercas) $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (aguas termales)
 - Tempertura inicial $12\text{ }^{\circ}\text{C}$
 = $16\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$A = \frac{(72,000,000 \text{ gr})(16\text{ }^{\circ}\text{C})}{(4,000,000 \text{ cal / m}^2 / \text{ día})(0.50)} = 576 \text{ m}^2 \div 10 \text{ días} = 57.6 \text{ m}^2 + \text{radiación directa y el cobijo nocturno.}$$

Pero tendríamos que esperar 8 días cuando se calienta la alberca por primera vez = $576 / 8 = 72$ metros cuadrados para calentamiento de agua de la alberca.

Si la alberca se ubica en el Distrito Federal, el diferencial de temperatura sería de $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pero en las albercas no se manejan los altos diferenciales de temperatura, sólo se consideran 2° ó 3° C y evitar que se pierda esta ganancia en la noche, cubriendo la alberca con plástico burbuja o mantas. Entonces si $\Delta t = 2$ ó 3°C en albercas, entonces:

$$A = \frac{(72 \times 10^6 \text{ gr})(2.5\text{ }^{\circ}\text{C})}{(4 \times 10^6 \text{ cal / m}^2 / \text{ día})(0.50)} = 90 \text{ m}^2 \quad \text{que es aproximadamente una vez y media la superficie de la alberca.}$$

Si se tienen colectores de alta eficiencia entonces estaríamos hablando de una superficie de colectores de 65 metros cuadrados, que es prácticamente la superficie de la alberca, entonces podemos decir que el área de colectores, como un criterio de diseño en el momento de estar efectuando un anteproyecto arquitectónico es igual al área de la alberca.

Si se quiere aprovechar aún más la energía solar para el calentamiento del agua de una alberca, es conveniente emplear colores oscuros en el fondo de las mismas para captar mayor radiación solar.

Si esta misma alberca se encuentra en Cuernavaca y se considera un diferencial de temperatura de 2 °C, se necesitarían solamente 100 metros cuadrados de colectores, y se ubica en Puerto Vallarta con una radiación de 4,500,000 calorías por metro cuadrado por día y un diferencial de temperatura de 1.5 °c, solo se requerirán de 48 metros cuadrados de colectores.

Resumiendo:

En casas habitación se requieren 50 litros por persona (50,000 gr) de agua caliente al día.

En departamentos se requieren 60 litros por persona (60,000 gr) de agua caliente al día.

En hoteles se requieren de 70 a 80 litros y de 90 a 100 litros de agua caliente al día.

Proyectos especiales se llegan a requerir hasta más de 100 litros de agua caliente al día.

El diferencial de temperatura puede ser:

Poco: 15 °C

Regular: 20 °C

Mucho: 30 °C

Máximo: 50 °C

La radiación solar en cal/m²/día puede ser dependiendo de la posición geográfica:

Al norte de la república: 5,000,000

En el pacífico 4,500,000

En el centro y Yucatán 4,000,000

En el golfo de México 3,500,000

La eficiencia de los colectores puede ser

Muy buena 70 - 75 %

Buena 50 - 65 %

Regular	40 %
Baja	30 %

Cálculo para calefacción

Una casa habitación requiere 200,000 cal / m² si es un buen diseño con buena orientación, muchos muros gruesos al exterior, poca altura y no hay ventanas al norte, si tiene varias orientaciones y hay mucho cristal entonces es un regular diseño y se requerirán 300,000 cal / m², pero si tiene mucha altura, orientación norte y muchos tragaluces, entonces es un mal diseño y se requerirán hasta 400,000 cal / m²

Ejemplo 1.

Casa Habitación, 200 m² construidos, diseño regular, en Pachuca, Hidalgo.

$$(200 \text{ m}^2) (300,000 \text{ cal / m}^2) = 60,000,000 \text{ calorías.}$$

Se necesitan 60 millones de calorías. El Sol otorga 4,000,000 cal / m² / día.

dividiendo las calorías necesarias entre el producto de las calorías que otorga el sol y la eficiencia del colector

$$A = Q / I_s e \quad A = \frac{60,000,000 \text{ cal}}{(4,000,000)(0.50)} = 30 \text{ m}^2 \text{ de colectores.}$$

Para una casa habitación se requieren de 30 metros cuadrados de colectores para que funcionen por medio de agua o aire caliente. Si esta misma casa está en Toluca, y está mal orientada, mucho vidrio, muros delgados, entonces:

$$A = \frac{(200 \text{ m}^2)(400 \text{ cal / m}^2)}{(4,000,000 \text{ cal/m}^2/\text{día})(0.50)} = \frac{80,000 \text{ cal}}{2,000,000} = 40 \text{ m}^2$$

Cálculo del almacenamiento.

1 m³ de piedra bola almacena 2,000,000 de calorías. Entonces si se requieren 60,000,000 de calorías (dato obtenido de las necesidades de calefacción) entre la capacidad de almacenamiento de la piedra bola tenemos:

$$\frac{60,000,000 \text{ calorías necesarias}}{2,000,000 \text{ cal/almacenamiento de la piedra bola.}} = 30 \text{ m}^3 \text{ de piedras.}$$

Entonces podemos decir que se requieren tantos metros cúbicos de piedra bola como tantos metros cuadrados de colector.

Si se almacena el calor con agua entonces:

1 m^3 de agua a $40 \text{ }^\circ\text{C} = 1,000,000 \text{ gramos} \times 40 \text{ }^\circ\text{C} = 40,000,000$ de calorías almacenadas.

Así: $60,000,000$ calorías necesarias / $40,000,000$ calorías de almacenamiento con agua = 1.5 m^3 de agua que es aproximadamente un tinaco y medio.

Con sales de cambio de fase solo se necesita un closet de 1.20 m de ancho x 0.60 m . de profundidad x 2.5 m . de alto..

Cuando se trata de un muro trombé se toman en consideración cuantos metros cuadrados de sol entran por los muros, considerándolos como tanques de piedras, por metro cuadrado



*AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN
SOLAR*

"Hay quienes... creen que el número de [granos] de arena es infinito... Otros, aún sin considerarlo infinito, piensan que todavía no se ha mencionado un número lo bastante grande [...]. Pero voy a tratar de mostrarte [números que] superen no sólo el de una masa de arena equivalente a la Tierra [...] sino el de una masa igual en magnitud al Universo".

Arquímedes (h. 287 - 212 a. de C.)

"El arenario".

AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN SOLAR.

Considerando el dólar al tipo de cambio promedio de \$10.00

Si se tiene un colector de 1.90 m ² que cuesta	\$ 237.00 USD x 10.00 = \$ 2,370.00 M.N.
el metro cuadrado de colector está en:	\$ 124.00 USD x 10.00 = \$ 1,240.00 M.N.
Un tanque termo de 115 litros (con resistencia eléctrica)	\$ 211.00 USD x 10.00 = \$ 2,110.00 M.N.
Válvula anticongelante	\$ 80.00 USD x 10.00 = \$ 800.00 M.N.
Termostato diferencial con sensor	\$ 65.00 USD x 10.00 = \$ 650.00 M.N. ¹

Ejemplo para casa habitación (6 personas)

3 colectores (5.7 m ²)	= \$1,240.00 x 3 = \$3,720.00
Tanque termo	= \$2,110.00 x 1 = \$2,110.00
Instalación de plomería	\$ 936.00
Válvula anticongelante =	\$ 800.00
Termostato con sensor =	\$ 650.00
Total =	\$8,216.00

Ahorro en el Distrito Federal.

Gasto promedio de gas \$ 420.00 al mes y considerando un 66% de días soleados

\$420.00 al 66% = \$277.00 de ahorro utilizando los colectores, por mes

Al año tendremos entonces \$3,324.00

Al año siguiente, considerando 20% de inflación, de los 420 iniciales que teníamos al 120% = \$504.00 mensuales al 66% de días soleados =

\$332.64 x 12 meses = \$3,991.68 + 3,324.00 del primer año = \$7,315.68

Al tercer año:

\$504.00 x 120% = \$604.80 al 66% = \$399.17 x 12 meses = \$4790.02 + 7315.68 = 12,105.70 > \$8,216.00 de la inversión inicial.

Es decir, si restamos el ahorro al término del segundo año de la inversión inicial y la dividimos entre el ahorro mensual durante el tercer año tenemos:

$\$8,216.00 - \$7,315.68 = \$900.32 / \$399.17 = 2.26$ lo que equivale a 2 meses y ocho días.

Por lo tanto la inversión se amortiza en un tiempo de 2 años, 2 meses y ocho días. Un tiempo aproximado de dos años con dos meses y medio.

¹ Romo Zamudio Carlos Eduardo. Tesis profesional. Facultad de Arquitectura UNAM. Antología de publicaciones. Catálogo y características técnicas de colectores Sunway de México.

Capítulo

ASPECTOS PSICOLÓGICOS

"El dilema fundamental de la humanidad, el problema que subyace a todos los demás y que destaca por encima de ellos, es precisar que puesto corresponde al hombre en la naturaleza y cuál es su relación con el Cosmos. El origen de nuestra especie, los límites que condicionan nuestro influjo sobre la naturaleza y el de ésta sobre nosotros, el objetivo que pugnamos por alcanzar, son problemas que se presentan una y otra vez, con indeclinable vigor, a todos los seres vivos de la Tierra."

T.H. Huxley, 1863.

ASPECTOS ECOLÓGICOS.



Una barcaza llena de basura pasa frente al edificio de la ONU en su camino al vertedero. Nueva York produce diariamente 30,000 toneladas de desperdicios sólidos.

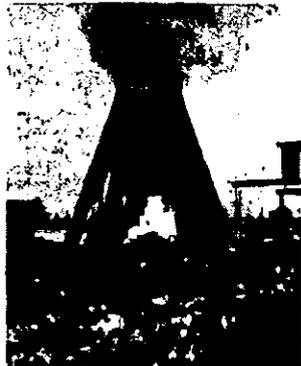
LA BASURA

Quizá los historiadores del futuro recuerden 1973 como el año en que la Sociedad del Desperdicio comenzó a enmendarse. Aunque la mayoría de las poblaciones aún no sabían aún no sabían que hacer con las hediondas montañas de basura, algunas tomaban medidas para una solución lógica: aprovechar de nuevo los recursos parcialmente consumidos que se encuentran en el cubo típico de la basura. No sólo se proponían contribuir a conservar la limpieza del ambiente, sino también convertir una molestia social en un bien lucrativo.

El norteamericano común desecha cada año no menos de una tonelada de desperdicios sólidos, nombre que dan los ingenieros a los desechos no líquidos para distinguirlos de las aguas cloacales de retretes y fregaderos. A las autoridades municipales les ha resultado difícil deshacerse de las crecientes cantidades de desperdicios sólidos sin contaminar el aire o el agua o sin desquiciar el presupuesto del municipio. Además, se ha hecho evidente que la costumbre de usar algo una sola vez -como una botella desechable de refresco o una lata de cerveza - y descartarlo después representa un desperdicio suicida de los recursos naturales limitados. Entre las comunidades progresistas que han decidido atacar ambos problemas a la vez figuran poblaciones como Hempstead (Long Island), ciudades como Nueva Orleans y San Luis, y estados enteros como Connecticut. Sus métodos varían, pero el principio fundamental es el mismo: han dejado de mirar la basura como algo de lo que hay que deshacerse y comienzan a considerarla como un recurso valioso.

En 1973, por ejemplo, Nueva Orleans celebró un contrato de 10 años con una empresa privada y el Centro Nacional de Recuperación de Recursos, fundación no lucrativa, para construir un aparato que extraerá el metal y el vidrio aprovechables de 600 a 1,200 toneladas diarias de basura de la ciudad. En Hempstead se invitó públicamente a presentar un sistema completamente automatizado que podría llamarse línea de desmontaje de la basura; después

de que se hubieran extraído de ella todos los materiales sólidos, el residuo combustible se quemaría para generar electricidad, que se vendería a una empresa local de servicio público. En San Luis, durante casi dos años una central eléctrica ha estado usando como combustible complementario la basura tratada. Y según el ambicioso plan a largo plazo adoptado en 1973 en Connecticut, los 169 municipios del estado explotarán la basura convirtiéndola en combustible para su uso tanto en la industria como en los servicios públicos.



Del incinerador tipo "tepee" en Picayune, Misisipi, se eleva una columna de humo de unos 20 metros sobre el suelo. A pesar de ello, contamina el aire tanto como la incineración abierta, y se ha prohibido su uso.

Aunque la tecnología que se necesita para tratar y usar la basura podría parecer un obstáculo importante, la mayoría de la maquinaria puede tomarse o adaptarse de las industrias existentes, sobre todo de la fabricación de papel y de la minera, y ya se han probado muchas de las aplicaciones en pequeña escala. Lo novedoso en la envergadura de las propuestas y el apoyo que han recibido. Los crecientes gastos han persuadido a muchos funcionarios públicos de que deben examinar las ventajas de aprovechar la basura; y la industria, husmeando las probables ganancias, se está interesando en los desperdicios sólidos. Inevitablemente, el hincapié va pasando del aprovechamiento de la basura en el hogar a las grandes instalaciones para tratarla. Quizá las soluciones a largo plazo tengan que incluir la reducción de la cantidad de desechos en su fuente, comprendiendo algunas limitaciones en los envases, incentivos para el uso de materiales aprovechables y adopción de procedimientos que den productos más duraderos y menos desechos industriales. Mas todo parece indicar que el problema de los desperdicios sólidos es tan grande y urgente que no puede esperar estas solas soluciones.



Lo repulsivo de este basurero municipal afea el paisaje cerca del monte Shasta en el norte de California. Estos basureros, además de feos, albergan animales e insectos que transmiten enfermedades.

Las estadísticas son asombrosas. Según un estudio reciente, la producción de desperdicios sólidos en los Estados Unidos aumenta cinco veces más deprisa que la población. El recoger la basura y deshacerse de ella cuesta a las ciudades norteamericanas 6,400 millones de dólares, cifra que se cree ascenderá a 7,800 millones. Las 48 ciudades más grandes están gastando ya en los desechos sólidos la mitad de su presupuesto para el mejoramiento del ambiente, y el resto se dedica al tratamiento de las aguas cloacales y al control de la contaminación del aire. Hasta ahora, en gran parte ha sido un derroche de dinero: sólo se recupera el 1% de los desechos, aunque el valor de los metales de desperdicio se calcula en 5,000 millones de dólares al año. Mas grave aún es la circunstancia de que la mitad de los municipios estudiados dijeron que en los próximos cinco años se les acabará la tierra apropiada para arrojar los desperdicios. ¿Qué sucederá entonces? Después de examinar los monumentales problemas de eliminación de los desechos de Nueva York, un consejero urbanístico dijo: "Si se dice que ser alcalde de esta ciudad es el segundo cargo más difícil del país, entonces el primero es ser comisionado de salubridad".

Hasta hoy, según parece, todo intento de resolver el problema de la basura no ha hecho más que provocar nuevos problemas. Cuando las primeras familias primitivas se unieron para ayudarse mutuamente, todos sus desperdicios se arrojaban al basurero común. Con el tiempo, el basurero crecía tanto o era tal su hedor que la tribu se iba a residir a otro lugar. En casi todas las ciudades antiguas, los desperdicios se lanzaban desde la ventana a la calle, donde la consumían los cerdos y algunos seres humanos: era una manera de aprovecharla, aunque no muy higiénica. Incluso los atenienses de la época de Pericles lanzaban así los desechos, hasta que la suciedad era tal que se hacía necesario llevarse todo a los basureros al aire libre fuera de la ciudad.



Un paso más hacia la aceptabilidad ambiental es un relleno higiénico en Washington. Difiere del basurero abierto en que los desperdicios de cada día se extienden y cubren con una delgada capa de tierra.

No fue sino hasta fines del siglo XIX cuando las ciudades más grandes de Europa y los Estados Unidos descubrieron una manera más higiénica de deshacerse de la basura: comenzaron a quemarla. En comparación con el basurero abierto y en putrefacción, la incineración de la basura se consideró un gran adelanto. Pero los incineradores lanzaban negras nubes de humo, y era necesario arrojar en otro lado el carbonizado residuo y grandes cantidades de desechos que no se podían quemar. Entonces, a principios del siglo XX, se produjo un nuevo adelanto: el relleno de tierra, en que la acumulación diaria de desperdicios se enterraba bajo una capa de tierra limpia.

Este procedimiento no sólo reducía el hedor y los peligros para la salud, sino que ofrecía otra ventaja: ampliación de la propiedad. En Boston, Nueva York, Chicago y San Francisco, extensas porciones de las zonas ribereñas se construyeron sobre esos viejos rellenos.

Durante mucho tiempo se pensó que el relleno era un método ideal de eliminación. Pero un estudio reciente de la Agencia Federal de Protección del Ambiente reveló que el 94% de los rellenos escogidos al azar para su examen no satisfacía las normas federales, ya porque no se les cubriera al terminar el día o porque estuviesen contaminando las aguas freáticas. La contaminación del agua es más insidiosa cuando el relleno es un pantano, un ambiente que es necesario conservar porque suele ser de gran importancia para el ciclo vital de toda suerte de animales, desde los caracoles y las almejas hasta las aves migratorias. Pero quizá la mayor dificultad estribe en que un número cada vez mayor de municipios va descubriendo que, al igual que a Nueva York, se les están agotando los sitios donde puedan hacer los rellenos. El precio de la tierra apropiada es demasiado alto para el presupuesto municipal o no es posible llegar a un acuerdo sobre el lugar que debe rellenarse: un muladar, llámesele como se le llame, no es una cosa que todo el mundo quiera tener cerca.

EL ASPECTO LUCRATIVO.

Conforme los funcionarios municipales y los hombres de negocios calculan el costo real de la eliminación de los desechos, recurren a la alternativa evidente: aprovechamiento de la basura. El estado de pérdidas y ganancias de una planta de aprovechamiento no es como el de una empresa comercial ordinaria: los desperdicios sólidos, a diferencia de una mina de hierro o un bosque de pinos, tienen lo que se conoce por valor negativo. Un municipio no puede dejar la basura en cualquier lugar; ha de gastar dinero para deshacerse de ella. Así, cuando estudia si vale la pena aprovecharla, debe tomar en cuenta el costo de los métodos comunes de eliminación, que puede variar desde un dólar por tonelada en las poblaciones pequeñas hasta ocho dólares por tonelada en las grandes metrópolis como Nueva York. Si cuesta diez dólares, por ejemplo, tratar una tonelada de desperdicios sólidos en una planta de recuperación, y si ésta puede extraer un total de tres dólares de energía y metales de cada tonelada, debe compararse el costo neto de siete dólares con lo que la comunidad habría tenido que gastar en la incineración o el relleno. Si la comunidad estuviera gastando, con los viejos métodos, siete dólares o más por tonelada, por lo menos no ganaría ni perdería con la recuperación, y reduciría la contaminación.

Estos cálculos indujeron a Hempstead (Long Island), con una población de 830,000 habitantes, a aceptar en 1973 una planta que podría costar hasta 30 millones de dólares. Según la proposición, lo único que tendría que hacer la ciudad sería entregar los desechos a la planta y pagar a sus operadores entre 5 y 9 dólares por tonelada: cuanto más basura se entregue, menor será la tasa. Pero incluso con la tasa mayor, el aprovechamiento de la basura parecería una buena solución. Hempstead pagaba ya diez dólares por tonelada para enterrar la basura en un relleno, y si se veía obligada a abrir un nuevo sitio, los cálculos del costo ascenderían a 15 dólares por tonelada. Además, la ciudad podría participar de las utilidades de casi dos millones de dólares por la venta de electricidad, hierro, acero, aluminio y vidrio que se recuperarían en la planta.

A otras comunidades, usando sistemas menos completos, no les iría económicamente tan bien. Por una parte, la inversión inicial de capital en el aprovechamiento de la basura puede ser muy elevada. Nueva Orleans, por ejemplo, espera gastar tres millones de dólares en su nueva planta de recuperación de metal y vidrio. Para compensar este costo, empresas como la Reynolds Aluminium, la U.S. Steel y la Owens-Illinois han convenido ya en comprar todos los materiales recuperados; la ciudad creyó que en 1975 la venta de los desechos resarciría el 56% del costo de manejo de la planta. Pese a su eficacia, el método de Nueva Orleans no representó más que un paso hacia el aprovechamiento total. En general, los metales y el vidrio recuperables sólo constituyen una quinta parte de los desperdicios de una ciudad, y quedan cuatro quintas partes de las que hay que desascer de alguna manera. Sencillamente, Nueva Orleans se hundirá en un relleno higiénico.

La ciudad de San Luis ha encontrado ya una solución más completa: la incineración de los desperdicios orgánicos para producir electricidad. En este sistema, unos grandes electroimanes extraen el hierro y el acero para verterlo como chatarra, mientras que la mayor parte de los otros desperdicios se tritura y desgarran en tiras, los cuales se llevan a la planta de Meramac de la Union Electric Company, donde se usan como combustible para una caldera que suele calentarse con carbón pulverizado. La caldera, adaptada con la ayuda de una subvención de dos millones de dólares de la Agencia Federal de Protección del Ambiente, puede usar una mezcla de carbón y basura en tiras en una relación de 4 a 1. La basura tratada es un combustible mucho menos eficaz que el carbón; se necesitan dos toneladas para dar el mismo calor que una tonelada de carbón. Pero, a diferencia de éste, casi no produce emisiones de azufre, que constituyen la principal contaminación del aire en las centrales comunes de energía eléctrica. La caldera de la Union Electric tiene capacidad para consumir 300 toneladas de desperdicios sólidos cada ocho horas. En sus primeros meses de operación, hubo algunos fallos. Grandes pedazos de vidrio, cucho, plástico y metales, como cobre y aluminio - que el separador magnético no podía sacar de la basura-, atoraban los mecanismos que llevaban las tiras de desperdicios a la caldera. La ciudad ha obtenido ahora 570,000 dólares adicionales de la Agencia de Protección del Ambiente para costear la construcción de un "clasificador de aire" que sacará esos materiales durante la operación.

Este separador usa un chorro de aire para separar la materia pesada de las partículas más ligeras, de manera muy parecida a como el viento separa de la paja los granos pesados de trigo. En el aparato que se está construyendo en San Luis, las tiras de basura caerán en una tolva vertical, donde una corriente de aire enviará las partículas ligeras -plástico, papel y varios desechos orgánicos destinados al horno- por un conducto separado. Esta separación automática de la basura en fracciones incinerables y no incinerables deberá aumentar notablemente la eficacia del sistema.

Ver imagen 1-230 y 1-231-2

EL MÉTODO DE HEMPSTEAD.

Mientras Nueva Orleans prefiere recobrar la basura aprovechable y San Luis convierte la basura en energía eléctrica, Hempstead espera combinar las mejores características de ambos métodos. Para lograrlo se creó una técnica ingeniosa en asociación con la Black Clawson Company, que hace máquinas para convertir la madera de árbol en pulpa de madera y la pulpa de madera en papel. El método de Hempstead, en vez de usar el desecado de las tiras y chorros de aire para separar la basura, como en el sistema de San Luis, emplea un procedimiento de separación "húmeda" (ilustración entre las páginas 250-251) que se basa en la maquinaria para hacer papel y usa una máquina llamada Hydrapulper para batir la basura bruta hasta convertirla en una pasta viscosa, después de lo cual la separa primero una centrífuga, luego unos transportadores magnéticos, un clasificador de aire y un separador óptico que separa el vidrio por su color. Cuando por una correa transportadora llega cada pedazo de vidrio al clasificador, pasa frente a bombillas provistas de lentes de diferentes colores; si es del mismo color que la lente, la luz pasará por él, manteniendo el contacto con una fotocélula al otro lado. Pero si es de color diferente, la luz se interrumpe, se abre el circuito y sale un chorro de aire que lo arroja a un compartimento de fragmentos del mismo color.

Mientras se separan todos los metales y vidrios, la restante pasta aguada se bate y se deseca. Aunque el producto final está todavía un poco húmedo, consiste casi enteramente en desperdicios orgánicos y es muy combustible. Su destino es el tanque de combustible de una caldera de vapor conectada a una turbina que puede generar 50,000 kilovatios de electricidad por hora, suficientes para mover la maquinaria de la planta y satisfacer un quinto de las necesidades de electricidad de Hempstead.

Según lo imaginan los diseñadores de este sistema, la "línea de desmontaje" de la basura ser muy eficaz: el 97% de todos los desperdicios sólidos que entren en la planta se convertirá en materiales aprovechables o en energía. Del 3% restante -ceniza de la caldera y pequeños fragmentos de material rechazados en las diversas etapas del sistema- será necesario desacerse arrojándolo a los rellenos. Si los planes resultan como se espera la ciudad hubiera tenido, en 1975, orgullosamente la planta más grande del mundo para el aprovechamiento de los desperdicios sólidos. Y no será demasiado pronto, pues los dos lugares de que se dispone para los rellenos llegaron a su capacidad máxima a fines del mismo año.

La convicción de Hempstead de que ha encontrado una solución práctica al problema de la basura se basa en el hecho de que cuenta con mercados para la energía y los materiales aprovechables que producía la planta. Pero no es fácil encontrar clientes para los desperdicios aprovechables. Así, por ejemplo, Atlanta recupera la mayoría de las latas de "estaño" (en realidad, acero recubierto de estaño) que se desechan en la ciudad, y las vende a la industria del cobre, donde se funden y usan para precipitar el cobre de los minerales de calidad inferior. (Debido a que su contenido de estaño debilitaría al acero recién fundido, las latas no pueden usarse directamente con este fin, aunque se están experimentando métodos para extraer el estaño.)

DESVENTAJAS DE LOS DESPERDICIOS.

Pero estos éxitos son las excepciones. En la mayoría de los casos, su aprovechamiento en el mercado de "materiales secundarios" parece dudoso. No solo las condiciones del mercado varían mucho de un lugar a otro, sino que las reglamentaciones del gobierno, la política de las grandes empresas y las actitudes del consumidor suelen combinarse en favor del uso de materias primas vírgenes, por escasas que sean. Muchas de las leyes que afectan hoy

al comercio fueron redactadas cuando los Estados Unidos eran todavía una nación de frontera, y la meta estribaba en abrir el país al desarrollo industrial. A las compañías mineras, petroleras y madereras se les permite reducir el pago de impuestos mediante las exenciones llamadas rebajas por agotamiento, que, en realidad, subsidian la exploración en busca de petróleo, gas y minerales, y la recolección de troncos de árbol y madera de pulpa. Además, los fletes de ferrocarril establecidos por la Comisión Interestatal de Comercio suelen ser más elevados para los materiales de desecho que para los vírgenes; cuesta dos veces y media más, por ejemplo, embarcar una tonelada de hierro. Aun cuando las tasas fuesen equitativas, los desechos se encontrarían en desventaja. En la mayoría de las industrias, las plantas de tratamiento y los talleres se encuentran cerca de la fuente de materias primas, así que los minerales y la pulpa se embarcan sólo distancias cortas, mientras que a los productos terminados se les puede transportar mayor distancia con un flete que deja utilidad. Los materiales secundarios, en cambio, se recuperan de los desperdicios en centenares de ciudades, casi todas alejadas de los centros industriales, y es costoso su embarque. Esta es la razón de que ciertas clases de papel hechas con desperdicios cuesten de 20 a 30 dólares más por tonelada que un papel parecido hecho con pulpa, y que el acero de desperdicios pueda costar hasta 5 dólares por tonelada que el de mineral de hierro. El aluminio es una excepción; como el mineral de bauxita de que se hace se envía a los Estados Unidos desde América del Sur, el aluminio de desecho puede competir favorablemente con el producto recién fundido.

De los recursos recuperables de los desperdicios sólidos, quizá el más valioso será la energía. La manera más fácil de aprovechar la energía contenida en la basura estriba en quemarla y producir vapor. Ya en 1889, en Nueva York funcionaba una caldera que se calentaba con desperdicios. El principio en que se basa es muy aceptado en Europa; gran parte de la calefacción de París proviene de plantas incineradoras de basura sostenidas por la ciudad. Pero pocas ciudades norteamericanas han centralizado los sistemas de calefacción, pues prefieren las calderas de edificios individuales.

Pero como el vapor puede usarse también para generar electricidad, parece probable que a una planta de recuperación no le costará trabajo vender toda la electricidad que produzca. En todo caso, esa es la conclusión a que ha llegado el estado de Connecticut después de analizar el problema dentro de sus fronteras. La General Electric Company, que sirvió como consultoría del proyecto y espera concursar para su construcción, resumió los resultados en una frase: "*El mayor valor de venta de la basura es la energía, que aún no se ha aprovechado.*" Basándose en los precios del nordeste industrializado, la General Electric calculó que la energía encerrada en una tonelada de desperdicios vale 5 dólares; en cambio, el hierro y acero de la misma tonelada valen 3 dólares, el aluminio vale 1.50 y el vidrio 1.20. Para decirlo de otra manera, cada año una familia de cinco personas produce basura casera con un valor calorífico igual a 530 litros de petróleo combustible. Para aprovechar este recurso, Connecticut pretende construir diez plantas de tratamiento de los desperdicios y una red estatal de recolección de basura, y de puestos de almacenamiento y traslado. Casi todo lo que se desecha en Connecticut acabará siendo enviado a una de las diez instalaciones principales. La primera, que comenzó a funcionar en el área de Bridgeport en 1976, incineraba basura en tiras junto con carbón pulverizado. Pero las dos plantas siguientes proyectadas en Nueva Haven en 1977 y Hartford en 1978, hicieron uso de un procedimiento tecnológico más complicado llamado pirólisis.

La pirólisis se produce cuando se aplican temperaturas elevadas a un material combustible sin que haya oxígeno; en el material se producen cambios químicos sin que parezcan llamas. Es la pirólisis, por ejemplo, la que convierte la madera en carbón, y el carbón en coque. En los últimos años, los investigadores del gobierno y de la industria privada han ideado varios procedimientos para pirolizar los desperdicios sólidos. Uno de ellos convierte la basura casera común en petróleo combustible de baja calidad; otro la convierte en gas de calefacción de calidad inferior. La gran ventaja de los dos procedimientos comparados con el de San Luis, estriba en que el petróleo o el gas pueden almacenarse con relativa facilidad hasta que se necesiten. Y, cosa quizá más importante aún, pueden quemarse sin la adición de combustibles fósiles, como el carbón. Según los planes actuales, la planta de Nueva Haven pirolizará 1,700 toneladas de desperdicios al día para convertirlos en gas, y el plan Hartford pirolizará 2,100 toneladas al día para convertirlos en petróleo; esto permitirá que el estado compare los dos sistemas antes de iniciar la construcción de las otras siete plantas.

En la actualidad, Connecticut recupera menos del 5% de los recursos que hay en una tonelada de desperdicios sólidos, separándolos a mano en su origen, en la década de los ochenta la recuperación ascendió a más del 60%. En 1985, todas las comunidades de Connecticut, salvo algunas áreas rurales, serán parte de la red nacional, y se esperaba que varias plantas de tratamiento estén produciendo gas igual al 36% de las necesidades del estado, el 33% de las necesidades de petróleo combustible, suficiente energía para satisfacer 10% de sus necesidades eléctricas, así como 406,000 toneladas de hierro y acero, 276,000 de vidrio y 23,000 de aluminio.

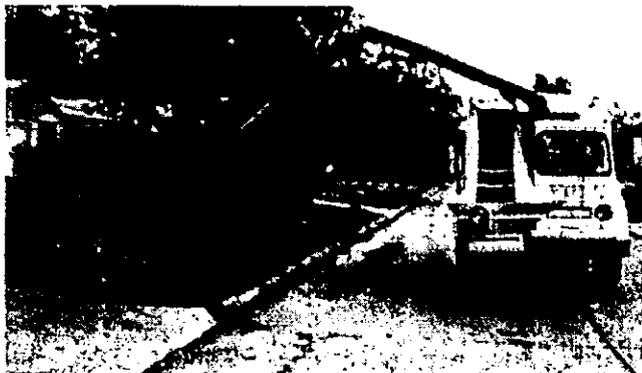
LA FUSIÓN: ¿ÚLTIMO PROCEDIMIENTO?

La pirólisis parece ser la manera más eficaz para convertir en energía los desperdicios orgánicos sólidos. Pero los científicos comienzan ya a hablar del procedimiento de recuperación que usa la fusión termonuclear controlada, la reacción nuclear de la bomba H. Por el momento, esta idea es poco más que una idea fantástica, ya que nadie ha logrado producir una reacción sostenida de fusión mas que dentro de una bomba, donde la temperatura requerida -22,000 °C- la da la explosión de un pequeño artefacto de fisión.

Si se puede tomar la fusión termonuclear, según teorizan algunos científicos, quizá sea posible librarse de todos nuestros desperdicios sólidos aplicándoles una "antorcha de fusión". Haría que el material de desecho regresara a sus átomos componentes: oxígeno, carbono, hidrógeno, hierro, cobre, etc. Los elementos básicos que se recuperaran de este modo, podrían venderse entonces, en tanto que la energía liberada sería suficiente para dar luz y calor a ciudades enteras.

Pero mientras la antorcha de fusión no sea una realidad, los planes actuales para la eliminación de la basura constituyen la mejor esperanza de transformar la Sociedad del Desperdicio. Se necesitará bastante esfuerzo, pues hoy incluso la Luna está llena de desechos: según la última cuenta, el programa espacial norteamericano ha dejado en su otrora pristina superficie todas estas cosas no retornables: tres vehículos lunares, seis vehículos de descenso, seis cámaras de televisión, 600,000 dólares de instrumentos, seis banderas norteamericanas, dos pelotas de golf y dos yoyos.

RECOLECCIÓN AUTOMÁTICA.



El brazo de este camión especial centra la puntería en una bolsa de basura en un barrio de Houston. El conductor trabaja desde su asiento manejando el cucharón de almeja para trasladar la carga al camión.

De los 6,400 millones de dólares anuales que se gastan en los Estados Unidos para deshacerse de la basura, el 80% corresponde a su recolección. Y en cuanto al costo para la salud humana, después de la explotación de los bosques, es la industria más peligrosa: sus trabajadores pierden el 20% del tiempo por afecciones de la espalda y hernias por cargar grandes pesos, infecciones contraídas de los desperdicios y accidentes causados por el tráfico, las caídas y los mecanismos para comprimir la basura.

Pero existe la tecnología para reducir los costos monetarios y humanos. En el camión mecanizado de al lado, un solo operador puede recoger la basura rápida y seguramente sin tan siquiera bajarse de él. Se espera que resarcirá su costo, de 40,000 dólares, en cinco años. Otros camiones parecidos de Scottsdale, Arizona, tienen unas pinzas de acero para recoger, vaciar y dejar en su sitio los botes muy grandes de la basura, a razón de cien por hora, muchas veces más rápidamente que a mano.

En un sistema ideado en Suecia, el ama de casa mete los desperdicios en una bolsa y la arroja por un conducto vertical que va directamente a un disco de acero, el cual es una válvula de acceso a un ancho tubo que actúa como la manguera de una gigantesca aspiradora de polvo. La válvula se abre periódicamente y entran las bolsas en un tubo subterráneo, donde el vacío creado por una bomba las arrastra a 35 kilómetros por hora hasta un horno central situado a un kilómetro de distancia, equipado con depuradores de gases para impedir la contaminación; en él se quema la basura para dar calor y agua caliente a los residentes del edificio.

Ya se han instalado sistemas centralizados semejantes en el mundo de Walt Disney, en Florida; en la Aldea Olímpica de Munich, en el conjunto de viviendas de Roosevelt Island para 5,000 familias, en Londres, y en un complejo de viviendas de 4,000 unidades de Grenoble, Francia.

BASURA PARA UN ERIAL.

La creciente marea de basura y aguas negras que amenaza con inundar tantas ciudades puede ser la clave de la supervivencia de Odessa, Texas. Situada en una región árida, depende económicamente del petróleo extraído de la Tierra circundante, pero se espera que los pozos se agoten en un período de 15 a 20 años. Previsoramente, Odessa ha adaptado una sugerencia de Geoffrey Stanford, de la Universidad de Texas, que prorrogaría la vida de la ciudad usando basura para transformar el desierto que la rodea en rica tierra de labranza, de bosques y pastos.

El elemento decisivo en el plan es la celulosa del papel de desperdicio y los recortes de hierba, alimento básico de los microorganismos que enriquecen el suelo. Stanford propuso mezclar la basura cargada de celulosa con la arena, enriquecerla luego con el residuo de las aguas negras tratadas y, por último, humedecerla con el agua descontaminada de la planta de tratamiento de las aguas cloacales.

Se proyectó una prueba a gran escala en principios de 1974; Odessa dejó de arrojar sus 250 toneladas diarias de basura en costosos rellenos y empezó a introducirla en una máquina de 600,000 dólares que recupera el metal y el vidrio y machaca el material orgánico para formar bolitas (La máquina no le cuesta nada a Odessa: su dueño, Alton Newell, calcula recuperar su dinero con la venta del metal y el vidrio, después de lo cual se la venderá a la ciudad en un dólar). Las bolitas, con 15 m³ de residuos de las aguas negras y 1,900 de aguas cloacales, se introducen en 260 hectáreas de desierto.

Aunque las pruebas den buen resultado, hubo otros obstáculos, como una ley de Texas que prohíbe la venta de alimentos cultivados en las aguas negras. Pero Stanford confía en que en un período de cinco años Odessa será un emporio agrícola y prevé el día en que las ciudades europeas enviarán su basura con celulosa a la Arabia Saudita a cambio de petróleo y gas.¹

Tenemos así que en Europa y Norteamérica se selecciona la basura, en México se tienen también plantas de selección. La basura llega a estos lugares en donde en grandes patios se pone en unas bandas transportadoras donde la gente empieza a seleccionarla sacando lo que todavía se puede aprovechar. Aun en este nivel en el camión recolector ya se ha seleccionado parte de la basura como bolsas de plástico de donde se obtiene material aislante para la construcción, botellas y vidrios separados por colores, latas de aluminio y hojalata, todo se almacena en costales par que sea comprado por industrias. Lo que se gana es aprovechado para sufragar los gastos y la nómina de la misma planta. El excedente de la selección termina en los rellenos sanitarios.

¹ Escalona, Eduardo "Anuario Científico y de la Naturaleza" 1a. edición. Ed. Offset Multicolor. México 1974. 192 pp. ill. Colección científica de Time Life.

Reciclaje papel.- Para producir cartón de huevo.
 Cartón.- materiales de construcción.
 vidrio.- vidrio molido seleccionado.- botellas.
 plásticos.- plástico molido para aislantes y botellas de refrescos.
 botellas.
 latas de aleación de fierro
 metales puros
 chatarra
 partes de automóvil
 polietileno
 llantas viejas de automóvil.- pavimentación de carreteras
 desechos orgánicos.- compost.
 desechos de comida.
 parrillas alambradas.

Basura Rehusar
 Reducir Lo mas que se pueda. con posibilidades de seguir usando.
 Reciclar

El último recurso es incinerar la basura tóxica y venenosa, como la de los hospitales.

Proyectar en casas y edificios con botes de basura seleccionada en tres categorías con recipientes cerrados:

 papeles y cartones
 metales
 basura orgánica

En grandes proyectos, es conveniente un basurero grande con la misma clasificación.

EL AGUA.

El agua en México es un recurso muy preciado. El Valle de México se hizo antes del asentamiento de las tribus nahuas, en la zona lacustre el agua no era potable, era turbia y salada y no existía la contaminación de nuestros tiempos. Las necesidades fisiológicas se realizaban en letrinas, esta era la forma en que se contaminaba por los seres humanos y los animales. No había grandes ríos dulces ni grandes lagos, el gran lago de Texcoco era salobre. Sólo se tenía agua del lago de Chapultepec, de las Fuentes Brotantes y de Xochimilco.

El agua del subsuelo no es potable ya que contiene muchos desechos acarreados durante la filtración, se tiene que extraer solo grandes profundidades. Los grandes ríos están al sur de la República Mexicana y los grandes lagos están alejados de los centros de población y de las grandes ciudades del país además de que no se cuenta con grandiosos recursos acuíferos.

Casi el 65% del agua que se utiliza en el Distrito Federal proviene de pozos dentro y fuera del Valle, algunos están en desuso por haberse secado y otros muchos aún están activos.

Otra parte del agua que se utiliza proviene del sistema Lerma y de Xochimilco, en donde grandes mantos y depósitos subterráneos recuerdan aquellos lagos que antes se comunicaban con el lago de Texcoco y con el Centro de la Ciudad. Con 35 pozos grandes situados estratégicamente se abastece a toda la ciudad provocando con ésto el enpantanamiento de los canales de Xochimilco.

Se busca traer agua de otros lugares, como el sistema Cutzamala de Valle de Bravo y de la presa Victoria, llegando así a un abastecimiento del 15% de las necesidades de la ciudad. El 20% restante proviene de otras fuentes para poder dar un abasto de 60 m^3 por segundo. Tenemos entonces en resumen:

Del 60 al 65% del agua Proviene del sistema de pozos Lerma-Xochimilco.

Del 15 al 20% del agua proviene del sistema Cutzamala.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) es la comisión encargada de traer el agua a la Ciudad de México y es la que aprueba los proyectos que requieran agua fuera de lo común, ellos determinan si hay la suficiente cantidad de agua en donde se quiere construir en función de la demanda del proyecto para poder así otorgar la acometida, si se aprueba la solicitud entonces aplica lo que se conoce como:

Artículo 57. "Todo constructor de obra nueva tendrá que pagar una cuota por derechos de introducción de agua al D.F. que va de \$15.00 a \$60.00 por metro cuadrado construido dependiendo de la zona y del género del edificio.

Después se paga la toma

$\frac{1}{2}$ " - 13 mm. \$1,200.- Doméstica. Abastece de 15 a 20 litros por minuto, en promedio 17 litros por minuto con una presión de 1 kg/cm^2 a ciertas horas del día y cuando mucho durante un tiempo de 8 horas diarias.

Una toma de $\frac{3}{4}$ - 19 mm. abastece 60 litros por minuto.

1" -25 mm. abastece 150 litros por minuto y tomas de $1\frac{1}{2}$ " ó 2" solamente se otorgan por decreto presidencial.

Por ejemplo, si se tiene un edificio de 5 pisos, con una superficie de 500 m^2 por piso en la colonia Roma, con una tarifa por derechos de introducción de agua de \$30.00, tenemos entonces:

$2,500 \text{ m}^2$ construidos totales x \$30.00 = \$75,000 por derechos de agua.

Por otro lado, si se tiene una obra de un hospital de especialidades de $60,000 \text{ m}^2$ construidos con una tarifa de \$60.00 / m^2 tenemos:

$\$60,000 \text{ m}^2 \times \$60.00 / \text{m}^2 = \$3,600,000$ por derechos de agua.

PLANTAS DE TRATAMIENTO¹

60 metros cúbicos de agua se van a los drenajes de la ciudad cada segundo, esta agua tiene una contaminación química (plomo, mercurio, desechos hospitalarios, etc.). Una planta de tratamiento ubicada en el Cerro de La Estrella emplea lirio acuático en lagunas controladas para purificar el agua en donde de una manera sensacional se absorbe el mercurio y todos los metales del agua, para pasar posteriormente a los procesos de filtración por medio de mallas o redes cada vez más finas y cerradas para que toda el agua turbia se filtre. Luego se purifica por oxigenación y cloración.

El agua tratada en el cerro de la Estrella se devuelve a los canales de Xochimilco en un lugar conocido como zona lacustre del Rescate Ecológico de Xochimilco.

Una planta de tratamiento puede ser utilizada en grupos de casas o edificios, mismas que oscilan entre 5,000 y 40,000 pesos, que se pueden repartir entre los vecinos para minimizar los gastos.

El tratamiento se realiza por medio de microbios aerobios, que producen gas metano al descomponer la materia orgánica, y anaerobios que producen nitritos que es un lodo fertilizante. Los microbios aerobios también se pueden tener directamente en el agua, así que podemos poblar el agua con sistemas digestores.

Las plantas de tratamiento no operan en géneros industriales, solamente para aguas residuales residenciales.

El tratamiento con lirio acuático en donde aún con impurezas químicas el agua sale con una limpieza que solo requiere de cloración y potabilización. Para el agua de los excusados se requieren sistemas de filtrado más precisos

La distribución del agua debe ser eficiente por medio de diámetros correctos. cada vez más se hace hincapié en la separación del agua de lluvias para riego y para los inodoros (aunque en estos últimos casi siempre hay que evitar la formación de sarro en el espejo de agua del mismo) con una cisterna exclusiva para este fin con las mismas características que una cisterna convencional, pero que por lo general se llaman algibes cuando son abiertas, aunque así son muy peligrosas. Las aguas grises también pueden ser reaprovechadas para riego y para el lavado de los automóviles.

El agua de lluvias se hace pasar por una serie de coladeras y mallas cerradas para quitarle turbiedad. Para obras grandes es requisito dejar una cisterna de lluvias aunque éstas deben contar con un rebosadero para el excedente y ésta puede ser utilizada también por las pipas para el riego de los jardines urbanos. Un metro cuadrado puede almacenar hasta 80 cm. de agua de lluvia que cae en un año ya que la precipitación pluvial promedio en México es de 800 mm. , es decir, 800 litros. Por ejemplo, si se tiene una construcción de 30.00 x 100.00 m., estaríamos hablando de 3,000 metros cuadrados x 0.80 m de precipitación = 2,400 metros cúbicos x 1,000 litros / metro cúbico = 2,400,000 litros. En sólo en un aguacero pueden caer hasta 5 litros por metro cuadrado. La cuestión ahora es en donde almacenarla (ver ilustraciones de la página siguiente)

DRENAJE.

Superficial

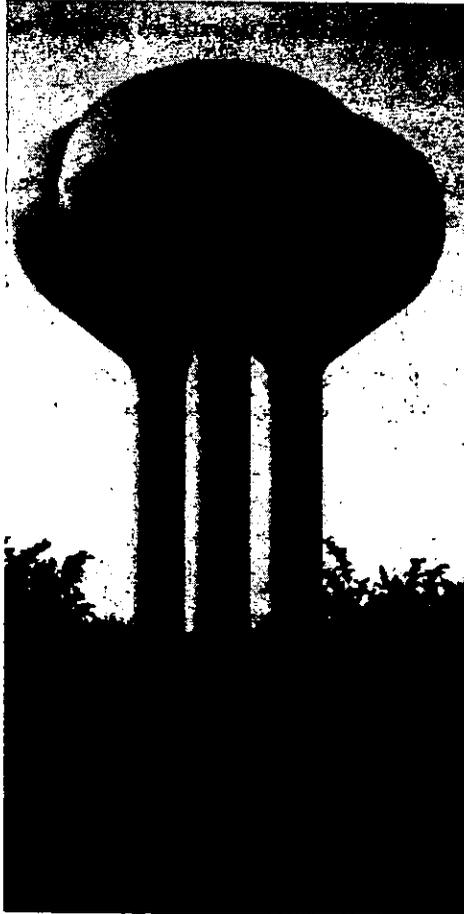
Profundo.- Sale al Estado de México con tubos de hasta 6.00 m de diámetro. y baja a una profundidad de 200 a 250 m para lo cual se es necesario el uso de escaleras y hasta montacargas.

Es conveniente el manejo en el diseño de obras exteriores de superficies permeables para la recarga de los mantos acuíferos y el desahogo de los drenajes. La conexión promedio es de 15 ó 20 cm. y para obras grandes se pueden solicitar dos o tres conexiones de 15 cm. , esto es valido, se pueden solicitar mas conexiones de drenaje para una sola obra, a diferencia de la cometida de agua en la cual solo se otorga una por obra.

¹ Ver Antología de publicaciones, catálogos de plantas de tratamiento y ficha técnica de plantas de tratamiento propuestas para la Obra del Centro Médico de Rehabilitación, Tlalpan

La naturaleza tiene maneras de limpiar las impurezas de su sistema pero hasta cierto límite, cuando se rompen estos límites las defensas dejan de actuar y el daño se hace irreversible

ALMCENAMIENTO DEL AGUA.



Nuevo estilo de almacenamiento.

Depósitos esféricos para agua, con una capacidad total de casi tres millones de litros, se elevan a 25 metros de altura en las afueras de Carbondale (Illinois). Con su forma esférica, almacenan mas agua que los depósitos cilíndricos de iguales proporciones.

Reservas de agua potable.

Estanques en un parque al que sirve de fondo Portland (Oregon); son parte del sistema de cisternas de esa ciudad (ocho lagos, unos 60 depósitos y seis represas). Llevar agua a Portland es fácil: la ciudad está abastecida por una cuenca que se encuentra en la base del cercano monte Hood.



REFORESTACIÓN

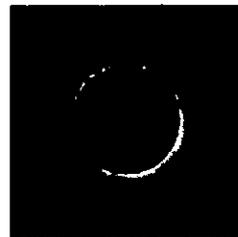
Que no quede solo en manos de las autoridades, debe de ser un factor para la regeneración verde, el jardín, las jardineras, los árboles, los arbustos, ir sembrando a medida que se construye a falta de lotes. olvidar las plazas que por lo general nada mas son explanadas de concreto y hacer áreas verdes.

Los árboles nobles se pueden replantar como la jacaranda y el colorín cuando son grandes, el fresno, la yuca, el árbol del hule, el laurel indio, el pirul, el eucalipto cuando es una vara aún, el bambú verde o amarillo crece con gran rapidez aunque tira mucha basura, rompevientos de carrizos para dar una imagen rápida de verdor, y los cactus que se distinguen por su gran nobleza.

¡Y si no hay espacio! Usemos las azoteas

En toda obra hay que sembrar árboles. Debe de haber una congruencia con el hombre y con la sociedad hambrienta de verdor. hay países en donde en todas las casas hay jardines. cada arquitecto debe de pensar en sembrar por lo menos un árbol para que la apariencia interior sea mas agradable. Debe de haber una educación ambiental desde la infancia, y esto me recuerda una noticia que escuché en la televisión de que en las visitas que realizan los niños por parte de sus escuelas a los museos, les inculcan una conciencia ecológica con un respeto a los árboles y a la Naturaleza, si está bien, pero creo que con el paso del tiempo y con el crecimiento de éstos niños, ese conocimiento se les olvida, desconozco la causa de semejante amnesia que es sumamente grave tanto en los jóvenes como en los adultos.

Cuando hay terrenos arbolados se debe presentar a la delegación un levantamiento de los árboles, en donde es posible cortar los arbustos, pero los árboles grandes requieren permiso por la delegación hasta por el simple hecho de podarlos. Se permite tirar árboles siempre y cuando se siembren hasta 10 árboles



BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

☞ Selecciones del Reader's Digest

"Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. edición. De. Selecciones del Reader's Digest. México 1983. 368 pp. ills.

Guía alfabética de los hitos que han jalonado la evolución de la humanidad desde la edad de piedra hasta la era espacial.
Destino: Capítulo 2 y 3 Plantas hidroeléctricas, termoeléctricas, energía nuclear, energías de las olas y energía solar. capítulos 2, y 3

☞ Sagan, Carl

"Cosmos" Una evolución cósmica de quince mil millones de años que ha transformado la materia en vida y conciencia. 1a. edición. Editorial Planeta, Barcelona 1980. 366 pp. ills.

Un viaje de autodescubrimiento de la especie humana a través del universo en el espacio y en el tiempo para la mayor comprensión del mundo en que vivimos.

Destino: Factores del clima: Contaminación ambiental. Espectro electromagnético.

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim

"Energía solar" Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. Edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega.

Aprovechamiento de la energía solar en una secuencia correcta de los pasos necesarios para construir o adquirir un sistema de calefacción por energía solar.

Destino: Capítulo 2. Fuentes convencionales de energía

Plantas hidroeléctricas.

Capítulo 3 Fuentes no convencionales de energía

Capítulo 5-10 Sistemas de aprovechamiento de energía solar.

☞ Cartas climáticas para la ciudad de México del Observatorio Meteorológico Nacional, Tacubaya, México, D.F.

Destino: Datos del clima y determinación de los días de diseño. Capítulo 1

☞ Apuntes de la clase del Arq. Simón Bali Babani de Tecnologías ambientales Avanzadas con el tema central de Energía solar.

Destino Capítulos 1-16

☞ Miguel de Bertrán de Quintana

“El Sol en la mano” Estudios de iluminación orientación y relojes solares. 3a. edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México 1987. 281 pp. ills.

Descripción detallada desde el punto de vista astronómico y geométrico del movimiento aparente del sol alrededor de la tierra y del correcto aprovechamiento de la dirección de los rayos del sol en aplicaciones urbanas y arquitectónicas.

Destino: Capítulo 3. La energía solar: gráfica solar y orientaciones.

☞ Wilson, Mitchel; et. al.

“Energía” Introducción de Glean T. Seaborg. 1a. edición. Editorial Lto Offset Latina. México 1976. 200 pp. ills.

Colección científica de Time Life.

El Universo se compone fundamentalmente de dos elementos: materia y energía. Se explica el papel de la energía en el universo, describe los tipos básicos de energía, calor, luz y electricidad y nos hace saber como las estrellas y los artefactos nucleares hechos por el hombre convierten la materia en energía.

Destino: Capítulo 1, 2 y 3

☞ Luna B. Leopold, Kenneth S. Davis; et. al.

“El agua” Introducción de Abel Wolman. 1a. edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1973. 198 pp. ills.

Colección científica de Time Life.

La historia del agua es en muchos aspectos, la historia de la vida misma. Es la sustancia más importante de los seres vivos en la Tierra. El hombre no solo depende de ella para apagar su sed, sino para obtener energía, transporte y riego. A medida que la moderna tecnología exige más agua, hay que idear maneras de aprovechar los nuevos recursos a fin de hacer aprovechable el agua que el hombre ha contaminado.

Este libro nos habla de la naturaleza del agua, lo que puede hacer y cómo la usa del hombre. cada capítulo de texto se complementa con un ensayo gráfico que puede leerse independientemente.

Destino: Capítulo 16

☞ Escalona, Eduardo;

“1974 Anuario científico y de la naturaleza”. (Versión en español) 1a edición. editorial Lito Offset Latina. México 1974. 192 pp. ills.

Colección científica de Time Life.

Este libro sintetiza los acontecimientos logrados, descubrimientos y adelantos en la ciencia y en la naturaleza en el año de 1974 muchos de ellos como lo que respecta a la recolección y reciclaje de basura y la búsqueda de vida extraterrestre entre otros temas aún se siguen investigando en la actualidad

Destino: Capítulo 16

- ☞ Davis & Schubert (Albert J. Davis & Robert P Schubert)
 “Alternative Natural Energy Sources in Building Design” 1a edición. Editorial van Nostran Reinhold Company. Estados Unidos. 1974. 252 pp. ills
 Recopilación de recursos energéticos alternativos.
 Detalles constructivos para la elaboración de equipos para captación y aprovechamiento de energía solar.
Destino: Capítulo 5-10
- ☞ Scientific American
 John Renie editor en jefe. Septiembre 1998 pp 68-73
 “Termopholtaics”.
Destino: Fuentes de energía alternas. Capítulo 3
- ☞ Johanna Broda, et. al
 “Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 1991. 574 pp. ills.
 La arqueoastronomía es una nueva disciplina que se introduce en el ámbito de los estudios mesoamericanos en las últimas dos décadas. Investiga las observaciones exactas que se hicieron en el mundo prehispánico sobre la astronomía, así como su relación con la cosmovisión.
Destino: Capítulo 4 “Aspectos astronómicos y geográficos”
- ☞ **“Muy Interesante”**
 Octubre 1998.
 “Regreso a biosfera 2”
Destino: Invernaderos.
- ☞ “Obras”
 Vol XVI. No. 190. Octubre 1988. México.
 “Helioarquitectura. Ventaja de un techo solar”. pag. 22, 24 y 27.
Destino: Capítulo 11: La obra del Arq. Simón Bali Babani.

☐ Manrique, José A.

“Energía Solar”. Fundamentos y aplicaciones fototérmicas. Preámbulo editorial del Ingeniero Francisco Paniagua B. 1ª. Edición. Editorial Harla. México 1984. 225 pp. Ills.

En esta obra se presentan los fundamentos y algunas de las aplicaciones más importantes de la conversión fototérmica de la energía solar considerando la naturaleza, la medición y el cálculo de la radiación solar que incide sobre un colector -parte fundamental de todo sistema de conversión fototérmica así como el análisis y diseño de los colectores mismos y algunas de sus aplicaciones.

Destino: Capítulo 3 Fuentes no convencionales de energía.- Energía solar.

Capítulo 5 Aplicaciones solares.

☐ Casanova Colas, José. et. al.

“Curso de Energía Solar”. 1ª edición. Secretariado de publicaciones universidad de Valladolid. Valladolid, 1993. 606 pp. ills.

Esta obra está dedicada al estudio de la radiación solar en diversos aspectos por medio del posicionamiento del Sol durante el transcurso del año y a diferentes horas del día y esta dedicada con un estudio de los sistemas de colectores y concentradores para que la Arquitectura se vea beneficiada por ser un gran consumidor de energía y así poder definir una Arquitectura Solar.

Destino: Capítulo 8 y 9 “Sistemas pasivos y activos de uso de la energía solar”

☐ Instituto Mexicano del Seguro Social

“Criterios de adecuación bioclimática en Arquitectura”. 1ª edición. IMSS - Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. 1992. 420 pp. ills

Esta obra compila y determina los parámetros para una agrupación climatológica de localidades de acuerdo a sus requerimientos de diseño identificando con facilidad los requisitos bioclimáticos generales

Muestra las condiciones climáticas, rangos de confort y asoleamiento para diferentes ciudades de la República Mexicana.

Destino: Capítulo 1 “Aspectos climatológicos”

☐ Salvat Mexicana de Ediciones.

“Enciclopedia Salvat del Estudiante” 1ª edición. Editorial Salvat. México 1984. Tomo 13 pag. 102 - 107 “La energía Solar”

Compilación de temas de cultura general en una obra de 16 tomos, en este artículo en particular se visualizan las perspectivas que tiene actualmente la energía solar y sus diferentes procedimientos para su aprovechamiento con una visión hacia el futuro próximo.

Destino: Capítulo 9 “Sistemas activos de uso de la energía solar”

Nota: Se han procesado fichas técnicas de materiales constructivos obtenidos en la visita a la exposición internacional de la construcción. Expocihac en el World Trade Center en octubre de 1998, los catálogos de proveedores de colectores solares: Israsol, Sunway y Heliocol, y de fotoceldas eléctricas de Condumex.

CREDITOS DE ILUSTRACIONES

Portada:

La gran cadena del Ser. Entre átomos y copos de nieve a la escala de lo muy pequeño, y soles y galaxias a la escala de lo muy grande, los hombres estamos tomando conciencia de nuestro lugar en el Cosmos (Pintura de Jon Lomberg)

☐ Sagan, Carl

“**Cosmos**” Una evolución cósmica de quince mil millones de años que ha transformado la materia en vida y conciencia. 1a. edición. Editorial Planeta, Barcelona 1980. 366 pp. ills.

Un viaje de autodescubrimiento de la especie humana a través del universo en el espacio y en el tiempo para la mayor comprensión del mundo en que vivimos.

Pag. 319

Pag. 39

☐ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. edición. De. Selecciones del Reader's Digest. México 1983. 368 pp. ills.

Guía alfabética de los hitos que han jalonado la evolución de la humanidad desde la edad de piedra hasta la era espacial.

Pag. 222.

Pag. 40 (izquierda)

☐ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim

“**Energía solar**” Selección del equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. Edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega.

Aprovechamiento de la energía solar en una secuencia correcta de los pasos necesarios para construir o adquirir un sistema de calefacción por energía solar.

Pag. 4-12

Pag 40 (centro – derecha)

☐ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. edición. De. Selecciones del Reader's Digest. México 1983. 368 pp. ills.

Guía alfabética de los hitos que han jalonado la evolución de la humanidad desde la edad de piedra hasta la era espacial.

Pag. 222.

Pag 43

☐ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” Ibidem. Pag 40 (centro-derecha)

Pag. 147

Pag 44

☐ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” op cit Pag 40 (centro – derecha)

Pag. 146

Pag 45

☐ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” op. cit pag 40 (centro - derecha)

Pag. 147

Pag 46

☞ Wilson, Mitchel; et. al.

“**Energía**” Introducción de Glean T. Seaborg. 1a. edición. Editorial Lto Offset Latina. México 1976. 200 pp. ill.

Colección científica de Time Life.

El Universo se compone fundamentalmente de dos elementos: materia y energía. Se explica el papel de la energía en el universo, describe los tipos básicos de energía, calor, luz y electricidad y nos hace saber como las estrellas y los artefactos nucleares hechos por el hombre convierten la materia en energía.

Pag 156

Pag 47

☞ Wilson, Mitchel; et. al.

“**Energía**” Ibidem pag 46

Pag 157

Pag 50

☞ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” op. cit. pag 40

Pag. 142

Pag 54

☞ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” op. cit. pag 40

Pag. 140-141

Pag 58

☞ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” op. cit. pag 40

Pag. 141

Pag. 59

☞ Selecciones del Reader's Digest

“**Inventos que cambiaron el mundo**” op. cit.

Pag. 150

Pag. 65 (derecha)

☞ Sagan, Carl

“**Cosmos**” Ibidem portada.

Pag. 93

Pag 82

☞ Johanna Broda, et. al

“**Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.**”

Primera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 1991. 574 pp. ill.

La arqueoastronomía es una nueva disciplina que se introduce en el ámbito de los estudios mesoamericanos en las últimas dos décadas. Investiga las observaciones exactas que se hicieron en el mundo prehispánico sobre la astronomía, así como su relación con la cosmovisión.

Pag. 418

Pag 83

☞ Johanna Broda, et. al

“**Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.**” Ibidem pag. 82

Pag. 419

Pag 84

☞ Johanna Broda, et. al

“**Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.**” op. cit. pag 82

Pag. 421

Pag 85

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 423

Pag 86

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 424

Pag 87

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 425

Pag 88

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 428

Pag 89

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 429

Pag 90

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 432

Pag 91

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 433

Pag 92

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 434

Pag 93

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 435

Pag 94

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 438

Pag. 95

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 439

Pag 96

☐ Johanna Broda, et. al
“Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
Pag. 440

Pag 97

☞ Johanna Broda, et. al
 “Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Mesoamerica.” op. cit. pag 82
 Pag. 441

Pag. 108

☞ Selecciones del Reader's Digest
 “Inventos que cambiaron el mundo” op. cit. pag
 40(centro)
 Pag. 151

Pag 110

☞ Wilson, Mitchel; et. al.
 “Energía” op. cit. pag. 46
 Pag 182

Pag. 111

☞ Wilson, Mitchel; et. al.
 “Energía” op. cit. pag 46
 Pag 183

Pag 118

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” Ibidem pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-2

Pag 119

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-3

Pag 120

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-4

Pag 121 (izquierda)

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-5

Pag 121 (derecha)

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-6

Pag 122

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-6

Pag 123

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-7

Pag 124

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-8

Pag 126 (izquierda)

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-10

Pag 126 (derecha)

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 10-9

Pag 127

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
“Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
Pag. 10-12

Pag 128

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
“Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
Pag. 10-12

Pag 132

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
“Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
Pag. 10-16 / 10-17

Pag 133

☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
“Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
Pag. 10-18

Pag 140

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” 1ª. Edición.
Editorial Reventé, España 1982. 699 pp. ills
En esta obra se presentan los fundamentos y algunas de las aplicaciones más importantes de la conversión fototérmica de la energía solar considerando la naturaleza, la medición y el cálculo de la radiación solar que incide sobre un colector -parte fundamental de todo sistema de conversión fototérmico así como el análisis y diseño de los colectores mismos y algunas de sus aplicaciones.
Pag. 6 fig. 1.1 y Fig 1.2

Pag 141

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” Ibidem pag 140.
Pag 7 fig. 1.3

Pag 142

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
Pag. 8 fig. 1.4

Pag 143

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
Pag. 8 fig. 1.5

Pag 145

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
Pag. 12 fig. 1.6

Pag 146 (arriba)

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
Pag. 13 fig. 1.7

Pag 146 (abajo)

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
Pag. 14 fig. 1.8

Pag 147

☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
“Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
Pag. 14 fig. 1.9

Pag 152

- ☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
 “Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
 Pag. 21 fig. 1.10 y fig. 1.11

Pag 163

- ☞ Aden B. Meinel, Marjorie P. meinel
 “Aplicaciones de la energía solar” op cit pag 140.
 Pag. 36 fig. 1.12

Pag 181

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” 1ª edición.
 Editorial Salvat. México 1984. Tomo 13 pag. 102 - 107 “La
 Energía Solar”
 Compilación de temas de cultura general en una obra
 de 16 tomos, en este artículo en particular se visualizan las
 perspectivas que tiene actualmente la energía solar y sus
 diferentes procedimientos para su aprovechamiento con una
 visión hacia el futuro próximo.
 Pag 102

Pag 183

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” Ibidem Pag.
 181.
 Pag 103

Pag 184

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 103

Pag 185

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 104

Pag 186

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 104

Pag 187

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 104

Pag 188

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 105

Pag 189

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 106

Pag 190

- ☞ Salvat Mexicana de Ediciones.
 “Enciclopedia Salvat del Estudiante” op. cit 181.
 Pag 107

Pag 197 (izquierda)

- ☞ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 14-3 fig. 14-2
 (Derecha)
 Pag 14-3 fig 14-1

Pag 198 (izquierda)

- ☐ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 14-4 fig 14 - 3
 (derecha)
 Pag 14-4 fig 14 - 4

Pag 201

- ☐ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 14-8 fig 14 - 5

Pag 202

- ☐ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 14-10 fig. 14 - 7

Pag 203

- ☐ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 14-10 fig 14 - 8

Pag 204 (izquierda)

- ☐ Montgomery, Richard H., Budnick, Jim
 “Energía solar” op. cit pag 40 (izquierda)
 Pag. 14-12 fig. 14 - 10.
 (derecha)
 Pag 14 - 12 fig 14 - 9

Pag 212

- ☐ “Obras”
 Vol XVI. No. 190. Octubre 1988. México.
 “Helioarquitectura. Ventaja de un techo solar”. pag. 22, 24 y
 27.

Pag 213

- ☐ “Obras”
 Vol XVI. No. 190. Octubre 1988. México.
 “Helioarquitectura. Ventaja de un techo solar”. pag. 22, 24 y
 27.

Pag 214

- ☐ “Obras”
 Vol XVI. No. 190. Octubre 1988. México.
 “Helioarquitectura. Ventaja de un techo solar”. pag. 22, 24 y
 27.

Pag 215

- ☐ “Obras”
 Vol XVI. No. 190. Octubre 1988. México.
 “Helioarquitectura. Ventaja de un techo solar”. pag. 22, 24 y
 27.

Pag 251

- ☐ Escalona, Eduardo;
 “1974 Anuario científico y de la naturaleza”. (Versión en
 español) la edición. editorial Lito Offset Latina. México 1974.
 192 pp. illis.
 Colección científica de Time Life.
 Este libro sintetiza los acontecimientos logrados,
 descubrimientos y adelantos en la ciencia y en la naturaleza en
 el año de 1974 muchos de ellos como lo que respecta a la
 recolección y reciclaje de basura y la búsqueda de vida
 extraterrestre entre otros temas aún se siguen investigando en
 la actualidad.
 Pag 58

Pag 252

☞ Escalona, Eduardo;
 “1974 Anuario científico y de la naturaleza”. Ibidem pag

251

Pag 60 – 61

Pag 253

☞ Escalona, Eduardo;
 “1974 Anuario científico y de la naturaleza”. Op cit pag 251
 Pag 60 – 61

Pag 255

☞ Escalona, Eduardo;
 “1974 Anuario científico y de la naturaleza”. Op cit pag 251
 Pag 64 – 65

Pag 258

☞ Escalona, Eduardo;
 “1974 Anuario científico y de la naturaleza”. Op cit pag 251
 Pag 66

Pag 263

☞ Luna B. Leopold, Kenneth S. Davis; et. al.
 “El agua” Introducción de Abel Wolman. 1a. edición.
 Editorial Lito Offset Latina. México 1973. 198 pp. ill.
 Colección científica de Time Life.

La historia del agua es en muchos aspectos, la historia de la vida misma. Es la sustancia más importante de los seres vivos en la Tierra. El hombre no solo depende de ella para apagar su sed, sino para obtener energía, transporte y riego. A medida que la moderna tecnología exige más agua, hay que idear maneras de aprovechar los nuevos recursos a fin de hacer aprovechable el agua que el hombre ha contaminado.

Este libro nos habla de la naturaleza del agua, lo que puede hacer y cómo la usa del hombre. cada capítulo de texto se

complementa con un ensayo gráfico que puede leerse independientemente.

Pag 180 – 181

Anexo Metodológico.

Pag 4

☞ Sagan, Carl
 “Cosmos” op cit portada.
 Pag. contraportada.



ANEXO METODOLÓGICO

PREAMBULO

Reseña biográfica de Carl Sagan.

Astrónomo estadounidense investigador y divulgador de la ciencia, difundió los misterios del Universo alrededor de todo el mundo a través de la famosa serie de televisión, trabajó en áreas como la exploración espacial, la vida en el Cosmos, la educación científica y las ciencias ambientales.

Fue director del Laboratorio de estudios planetarios en la Universidad de Cornell, conocido por su libro y serie de programas de televisión "Cosmos" con los que acercó el Universo a más de 60 millones de personas en más de 60 países del mundo.

Su increíble capacidad para explicar las complejidades del espacio y de la exploración espacial han inspirado a la gente para que dirijan sus miradas al Firmamento.

Carl Sagan nació el 9 de noviembre de 1934 en Brooklyn, Nueva York, recibió grados de licenciatura y maestría en Física, y un doctorado en Astronomía y Astrofísica en la Universidad de Chicago entre 1955 y 1960. Luego de impartir cátedra en la Universidad de Harvard, se estableció como profesor titular en Cornell en 1971.

Sus trabajos de investigación abarcaron temas como el efecto de invernadero en Venus, las tormentas de polvo como causa de los cambios estacionales en Marte, los aerosoles orgánicos en Titán -satélite de Saturno-, las consecuencias ambientales de largo alcance de una guerra nuclear y el origen de la vida en la Tierra. Fue además pionero en el campo de la exobiología - disciplina que estudia el origen, evolución y distribución de la vida en el universo; tuvo papeles importantes en las misiones Mariner, Vikingo, Voyager y Galileo de la NASA.

Junto con un colega en la Universidad de Cornell fueron responsables de las placas colocadas en las naves exploradoras Pioneer 10 y 11, como tarjetas de presentación para otras civilizaciones, que incluían información sobre la localización de la Tierra en la Vía Láctea y las ilustraciones de un hombre y una mujer desnudos.

Además de su producción científica - que comprende más de 600 artículos técnicos y populares -, fue autor, coautor o editor de más de 20 libros, y editor por 12 años, de *Icarus*, la revista profesional líder en el área de la investigación planetaria.

Fue cofundador de la Sociedad Planetaria que agrupa a más de 100 mil miembros y es considerada el mayor grupo de interés en cuestiones espaciales. La sociedad financia programas de investigación en la búsqueda radial de inteligencia extraterrestre, de asteroides cercanos a la Tierra, y, junto con las agencias espaciales de Francia y de Rusia, el desarrollo de sistemas robóticos de exploración del planeta Marte.

En 1978 ganó el premio Pulitzer por "Los dragones del Edén" una exploración de la Inteligencia Humana, publicó en 1996 "El mundo y sus demonios. La ciencia como una vela en la oscuridad" y en 1999 salió a la venta en México su último libro "Miles de Millones".

En colaboración con su esposa Ann Druyan, estaba coproduciendo la versión cinematográfica de su novela "Contacto" nominada a un Oscar de la Academia en 1998.

Carl Sagan muere el 20 de diciembre de 1996 a los 62 años de edad a consecuencia de una neumonía después de haberse practicado dos trasplantes de médula ósea en 1995 como tratamiento para la mielodisplasia, una condición antecedente de la Leucemia.

Entre sus libros publicados están:

- Cosmos.
- El Cometa.
- Los dragones del Edén.

- Sombras de antepasados olvidados.
- El mundo y sus demonios.
- La conexión cósmica.
- Contacto.
- Los planetas.- de la colección científica de Time Life.
- El Cerebro de Broca.
- Comunicación con inteligencias extraterrestres
- Miles de millones.¹ Entre otros.

Una de sus máximas preocupaciones fue el calentamiento de la Tierra provocado por la contaminación industrial, de aquí su investigación sobre el efecto invernadero en Venus, por lo que planteó el estudio y utilización de fuentes de energía alternas, principalmente la **Energía Solar** siendo éste mi punto de partida para continuar con esta investigación y su aplicación en el campo de la Arquitectura que es la que está más beneficiada de tales investigaciones y de donde se pueden obtener mayores logros.



¹ Colección particular

ENTREVISTAS

ENTREVISTAS

14 de septiembre

Se tuvo una plática con el Arq. Antonio Musi Afif en donde comentó que el tema debe ser justificado y respaldado con una profunda investigación para que la respuesta también sea profunda, dando mayor impulso a una universalidad a la investigación. El programa arquitectónico no es sólo el programa de necesidades, contempla también aspectos históricos, urbanos, de sitio y de clima que no deben quedar fuera de la investigación, hitos sociales, económicos y políticos.

A nivel urbano, arquitectónico y técnico (saber hacer el oficio), éstos son los tres niveles que contempla el programa:

Nivel urbano:	El sitio	
	El clima	
	La orientación, las vistas y los accesos.	
	La historia, sociedad, economía y política.	
Nivel arquitectónico:	Forma y carácter	Programa arquitectónico.
	Forma y función	Estudio de áreas.
	Forma y estructura	Analogías.
Nivel Técnico	Diseño Estructural	
	Diseño de instalaciones	
	Diseño de materiales y acabados.	

Cuando se empieza a leer el programa arquitectónico es cuando se empieza a proyectar porque se requieren arquitectos críticos no solo proyectistas.

El concepto arquitectónico requiere tener las ideas claras en el tema, no basta con el listado de necesidades del cliente. Saber cuando empezar a proyectar es difícil, sólo la vida y la experiencia lo determinará.

Para definir el concepto, el espíritu, delinea todas las acciones, es la luz para resolver el problema arquitectónico, es como un salto al vacío. Se propone de tal o cual manera, pro decisión, por que se da la gana. Es la intención decidida, por querella, evitando el capricho ya que tiene la justificación de la lectura del lugar.

La forma y el carácter deber ser congruentes con el sitio, el contraste por ejemplo en el centro Pompidou había pleno conocimiento de ese cambio de imagen, cambio de significado a la forma. Considerando el nivel arquitectónico. Ligereza, transparencia o pesadez que vienen desde el nivel urbano, todo esto se dice antes de dar la solución arquitectónica. Así nunca se puede decir cuando inicia el concepto por la cantidad de información que constantemente se está recibiendo. Un punto de los tres niveles definirá el concepto arquitectónico.

La forma arquitectónica, puede surgir del nivel técnico. La Torre Latinoamericana surgió del diseño sísmico. Los materiales de una región determinan también el diseño arquitectónico como sucede en la arquitectura vernácula. El concepto deberá estar ligado y evitar el solitario mensaje de la forma siendo así soluciones incompletas.

Es conveniente ver analogías formas y funcionamientos haciendo un estudio de áreas previo para diferir el programa arquitectónico distinguiendo espacios característicos, complementarios y de servicios.

Apoyado con el funcionamiento por analogías, en su defecto el estudio de áreas sería estéril, tomar áreas análogas y razonar lógicamente, metros cuadrados, cúbicos, modulación en pie y pulgada (1.22, 0.915 o 9 módulos de 1.22) que se puede partir y proporcionado las áreas con una noción de escala, ORDEN! y modulación para la estructura y las partes que contiene.

Prohibido desechar cualquier punto de estudio. Impulso sensible apoyado con todo el estudio preliminar, capacidad de síntesis adecuado y lógico.

Proyecto: Aplicación y aprovechamiento de la energía solar al diseño arquitectónico.

Problema: Deficiencia en los combustibles fósiles y de las fuentes convencionales de energía e incremento de sus costos.

tema: Arquitectura bioclimática.

El seguimiento de esta tesis será asesorada por el Dr. Álvaro Sánchez González, el Arq. Jorge Quijano Valdez y como asesor externo, el Arq. Simón Bali Babani.

En una perspectiva a un nivel ecológico, el edificio deberá ayudar a reducir la contaminación, con el ahorro de energía, reducción de desechos y reutilización de los mismos por medio de dispositivos e instalaciones así como la programación de los equipos y plantas generadoras.

Evitar y concientizar acerca del calentamiento del planeta y de la urgente necesidad de reforestación y conservación de los árboles durante sus primera etapa de crecimiento.

Septiembre 23 de 1998

Arq. Jorge Quijano Valdez

En la reunión del consejo técnico celebrada el día de ayer (22/septiembre/1998) se informó por el coordinador de exámenes profesionales (Arq. Camacho) que el requisito para poder desarrollar una tesis y sustentar el examen profesional "tesis teórica" el alumno debe tener 8.5 de promedio general y 8.0 de promedio en las materias del área del tema

Septiembre 25 de 1998

Dr. Álvaro Sánchez González.

Bitácora de Investigación (Agregada a la investigación)

1.- Documentos que se procesan.- Autor. Título y destino en el documento

2.- Destino a entrevistas con especialistas. fecha y temas tratados (incluir también las de los sinodales)

3.- Visitas de campo a los casos de estudio y propuestas de aplicación desarrollados de manera propia con maquetas. Visita al fraccionamiento de Tlalpuente, sobre la Carretera federal México-Cuernavaca y hacer un reporte. Vía para entrevistar vecinos (punto 2) Evaluación de la entrevista, relación de fabricantes de equipos de energía solar (Expocihac) en México y entrevistas con agentes de ventas.

4.- Apéndice o anexo. Consulta por Internet a Institutos y organismos que estén investigando la energía solar, universidades o empresas.

Se solicita ordenar documento por capitulado de acuerdo al formato propuesto incluyendo documentos señalados como referencia y anexos (fuentes) mas la bibliografía. Síntesis del contenido de cada referencia.

29 de septiembre de 1998

Arq. Simón Bali Babani.

Se definió la visita al Club campestre Ecológico Asturiano en Cuautla, Morelos. Obra realizada con conceptos de aprovechamiento de energía solar por el Arq. Díaz Infante como caso de estudio. Otra obra es una casa habitación en Bosques de la herradura, se facilitará posteriormente la dirección de la misma y el permiso para entrar.

30 de septiembre de 1998.

Dr. Álvaro Sánchez González

Solicitud de discos para bajar sitios de la red mundial de computadoras

Casos de estudio

Institutos y equipos de energía solar, energía fotovoltaica en Scientific American (revista de octubre de 1988)

4 de octubre de 1998.

En la visita realizada al Club Campestre Ecológico asturiano tuve la oportunidad de conversar con el vigilante del centro y con el chofer del taxi de nombre Noé Gomora que me condujo hasta el sitio, debido a que yo desconocía la dirección de la misma, ahora sé que se localiza en el kilómetro no. 53.5 de la carretera federal Cuautla - Chalco - México en Atatahucan, Morelos. Al tratarse de un club por membresía era un tanto cuanto restringido el acceso pero con la carta que presente solicitando la entrada dieron aviso al Arq. Leonel Gutiérrez de la Torre Gerente de del Club para que me pudiera atender el día Jueves 8 de octubre de 1988 a las 10:00 de la mañana.

6 de octubre de 1998.

Estuve platicando con el Arq. Simón Bali y me mencionó dos proveedores de equipos solares:

Heliocol.- Quienes realizaron las instalaciones de aprovechamiento de energía solar en el Deportivo Israelita de la Ciudad de México (Me recomienda buscarlo en el directorio) y Módulo Solar en Cuernavaca quienes realizaron la instalación del Club Campestre Ecológico Asturiano, su dirección me la dará cuando le llame por teléfono a su despacho.

En lo que se refiere a Tlalpuente se trata de un centro de investigación del medio ambiente a cargo de la Dirección General del Medio Ambiente localizada en la Carretera al Ajusco. Se aplicaron fundamentalmente luminarias que funcionan por medio de fotoceldas solares y colectores solares para calentamiento de agua.

8 de octubre de 1998.

De regreso al Club Campestre Ecológico Asturiano en donde se me había asegurado la entrada a las instalaciones, en esta ocasión el secretario del gerente del club me informó a través del radio del vigilante de la puerta de entrada que el permiso lo tenía que tramitar en el Parque Asturias con domicilio en la calle de Cáliz No. 118. Col. El Reloj. Del. Coyoacán o al teléfono 617 54 17 y la carta debe estar dirigida a la Junta Directiva del mismo parque.

9 de octubre de 1998.

Me encontré con el Arq. Daniel Reyes Bonilla, quién fue mi profesor de Tecnologías Ambientales III, de hecho el me enseñó varios aspectos de Arquitectura bioclimática, estuvimos hablando acerca del fundamento de mi tesis con orientación arquitectónica, de hecho esa ha sido mi idea inicial, me preguntaba si consideraba en los temas aquellos aspectos de capacidad térmica de los materiales de construcción, la respuesta fue que sí. En el capítulo de materiales de construcción planteado en el temario. Me preguntaba también cuál sería el criterio para el diseño de unos edificios habitacionales cuyo terreno está ubicado atrás del hospital de Pemex, porque pensaba dividirlos en tres zonas:

Fachadas protegidas por vegetación del nivel de banqueta hasta tres niveles.

Fachadas expuestas a la radiación solar - 4 niveles

Fachadas del último nivel con radiación solar y ganancia de calor por conducción en la azotea

Niveles totales = 8

Observamos el sembrado de los edificios y su influencia entre ellos mismos visualizando sombras y la incidencia de los vientos dominantes en el conjunto.

10 de octubre de 1998.

Asistí al fraccionamiento residencial de Tlalpuente a solicitud del Dr. Álvaro Sánchez González. Siendo las 8:30 de la mañana, el personal de vigilancia me recomendaron que esperara al administrador quién llegó una hora después. Su respuesta fue de que ningún edificio y ninguna casa utiliza la energía solar, aparte de que su recibimiento no fue muy cordial que digamos, le pregunté si por lo menos empleaban a la energía solar en el alumbrado público, su respuesta fue negativa también, no puede ser que ni por medios pasivos empleen la energía solar?!

Dadas las circunstancias y de que aún era muy temprano aproveche el tiempo que solicité en mi trabajo con el fin de realizar esta visita para entregar la solicitud de acceso al Club Campestre Ecológico Asturiano de Cuautla a la Junta Directiva del Parque Asturias en la Col. El Reloj, Coyoacan, D.F. En este lugar la Srta. Angélica Ortiz recibió mi solicitud y la hará llegar a la reunión de la junta directiva que se llevará a cabo el día de hoy; sólo resta hablarle por teléfono para tener el resultado de la solicitud. (se anexa carta de permiso).

1 de noviembre de 1998.

Durante la visita a la Casa Ecológica Autosuficiente ubicada en el Parque Ecológico de Loreto y Peña Pobre, en Tlalpan, el Fis. José Eduardo Vergara me otorgó junto con otras personas que realizaban también la visita una exposición del funcionamiento de la casa solar, sus diferentes componentes y fuentes de energía alterna que utiliza. La casa solar o casa ecológica autosuficiente como también se le llama emplea sistemas constructivos que procuran, en la medida de lo posible no alterar el medio ambiente que le rodea, entre los que se encuentren los materiales empleados como la piedra volcánica o basalto para la cimentación y el rodapie, el tepetate para los muros de carga y la madera para la estructura y la cubierta.

Emplea un biodigestor en lugar de la fosa séptica con cuatro comportamientos:

- sedimentador
- sembrado de bacterias que producen gas metano para ser empleado en la cocina
- dos filtros físicos para que el agua sea reaprovechada en el inodoro

Tiene también un filtro de aguas pluviales a base de dolomita, arena de mar desalinizada o arena de río y carbón activado, el producto que es el agua puede ser utilizada para beber.

Usa un equipo de colectores solares planos para el calentamiento del agua instalados por medio del sistema de termosifón. El proveedor de los colectores es Sunway del cual podemos encontrar los catálogos en la antología de publicaciones. Las 7 fotoceldas solares producen la electricidad necesaria para la casa, el equipo tiene un costo de \$ 35,000 con un promedio de vida útil de 25,000 años, sin tomar en cuenta el costo de las baterías de almacenamiento de la energía. La empresa que instaló las fotoceldas en la división de energías alternas de Condumex, de éste también se encuentra la ficha técnica de las luminarias solares y del equipo necesario para proveer electricidad a una casa en la antología de publicaciones de esta tesis de investigación.

Se produce también composta para los cultivos de las acelgas, cebollas y fresas entre otros cultivos.

En lo que se refiere al sistema de termosifón empleado se puede estudiar en el capítulo 8 sistemas pasivos, la electricidad por fotoceldas lo podemos ver en el capítulo 3 en el tema de energía solar y en aplicaciones solares

4 de noviembre de 1998.

Revisión del documento preliminar con el Dr. Alvaro Sánchez González.

- Para el documento final se deberá insertar el logotipo de la UNAM en la carátula
- Aplicación al proyecto
- Análisis de casos y diseño de un curso de energía solar con la Antología de Publicaciones
- Hojas capitulares que pueden sustituir al localizador digital
- Encabezados y números de página
- Tema, capítulo y empaginado progresivo o por capítulo para referencia de los mismos.
- Iniciar captura de los capítulos restantes

Anexo metodológico

Incluir:

- Entrevistas
- Descripción del proceso de investigación:
 - Reseña bibliográfica por capítulos.
 - Entrevistas e informantes calificados
 - Análisis de casos de estudio (10º semestre)
 - Visitas de campo
- Referir entrevistas a capítulos

- Análisis de productos y proveedores
- Mencionar capítulos que hagan mención en cada uno de los subíndices
- Tesis como reporte de investigación
- Sitios de internet referidos por capítulos relacionados

Antología de publicaciones

- Copias de libros y artículos de revistas que servirá como material didáctico para el curso
- Se considerará como un volumen aparte
- Incluir catálogos y fichas técnicas con especificaciones

18 de noviembre de 1998.

Desde que entregué la solicitud del permiso para tener acceso al Club Campestre Ecológico Asturiano el 10 de octubre de 1998 en el Parque Asturiano de Coyoacán asistía cada semana para obtener respuestas de dicho permiso, desgraciadamente siempre me decían que la Junta Directiva no había leído mi solicitud hasta el día de hoy en que en lugar de atenderme la Srta. Angélica Ortiz, me atendió una señora representante de la Junta Directiva quién leyó mi carta que ya habían archivado y me preguntó cuando quería ir, le dije que esa fecha estaba en función del permiso que ellos me dieran pero que fuera entre semana, mañana mismo si es posible. -"Muy bien, yo le doy el permiso para mañana, a que hora y cuanto tiempo vas a estar allá"- me contesto. "Desde temprano, las 9:00 o 10:00 de la mañana y estaré allá medio día, o lo que necesite para la visita y las entrevistas". Entonces mandó mi carta vía fax a Cuautla con el permiso otorgado y diciéndome que me esperan mañana en las instalaciones de Cuautla.

Fue una gran sorpresa para mí que me hayan dado el permiso, ahora tenía que obtener el permiso de mi jefe para faltar medio día de mañana por cuestiones de investigación de la escuela, permiso que me dieron sin ningún problema, espero que así sea en el transcurso del desarrollo de toda la tesis.

19 de noviembre de 1998.

Visita al Club Campestre Ecológico Asturiano. Atatahucan, Morelos.

Entrevista con el Sr. Fernando García quien es el técnico encargado de la casa de máquinas de los sistemas solares para calentamiento de agua de la alberca de olas y de las regaderas. y con el Arq. Leonel Gutiérrez de la Torre, gerente del Club

En la casa de máquinas se encuentran dos bombas de 100 H.P., tres calderas de vapor también de 100 H.P., un intercambiador de calor y dos filtros de arena y grava para el agua de la alberca de olas de 30 x 45 m. de superficie y con una profundidad que va desde los 0.00 m. hasta 1.80 m.

El mantenimiento que se requiere es de pintura de alta temperatura a los colectores solares 1 ó 2 veces al año.

rendimiento del sistema: El agua se calienta en 2.5 ó 3 horas elevando la temperatura de 24 a 26°C con ciclos de 3 minutos cada uno en cambio las calderas tienen que encenderse desde las 5:00 de la mañana para que a las 10:00 AM que empiezan a llegar los socios el agua tenga la temperatura necesaria y recomendable.

El área de los colectores para la alberca es de 250 x 40 m. = 10,000 metros cuadrados y funciona independientemente de las calderas. Esto es que si se quiere que el agua sea calentada por medio del sol entonces se cierran las válvulas de las calderas y se abren las del "solar", si no hay suficiente

radiación solar y se requieren las calderas, entonces se cierra el "solar" y se encienden las calderas, El Sr. Fernando García no me pudo contestar el porque no podían funcionar ambos sistemas en estos casos.

La compañía que instaló este sistema fue Módulo Solar y la persona encargada fue el Ing Octavio García (Tel. 12 36 07 y 14 08 82 de Cuernavaca, Morelos) (mismo que es conocido amigo del Arq. Simón Bali)

Por el ahorro de combustible la inversión se puede recuperar en un período de seis años desde 1992 que se inauguró el centro.

Los colectores para los vestidores están complementados con 2 tanques termo de 5,000 litros de capacidad cada uno y auxiliado con calderas, el agua se calienta a 45 °C con los colectores y con la caldera alcanza hasta los 60°C para una afluencia de 1500 personas en un sábado y un consumo promedio de 100 litros por regaderazo. Los colectores abarcan una superficie de 600 metros cuadrados para los 1,500 regaderazos en que funcionan sin problemas cuando hay muy buena radiación solar aún considerando los 120 metros lineales de tubería galvanizada y aislada

Simultáneamente están funcionando 50 regaderas.

Se tiene también ahorro de energía eléctrica para alumbrado del estacionamiento por medio de fotoceldas que proveen 3 horas de luz durante la noche.

El agua se somete a las plantas de tratamiento para riego y reabastecimiento del manto acuífero debido a que el agua que se emplea proviene precisamente de esos mantos extrayéndola de pozos profundos.

25 de noviembre de 1998.

Platiqué con Nabab García Landeros, quien está realizando su tesis de licenciatura y está interesado en emplear los colectores solares en su proyecto de vivienda en el centro Histórico de la ciudad de México de interés medio. La opción está en colocar los colectores solares como cubierta del cubo de las escaleras en la azotea del edificio integrando ambos volúmenes, debido a que estaba planteando una estructura independiente para la instalación de los equipos (véase integración al diseño arquitectónico capítulo 12 del marco teórico).

26 de noviembre de 1998.

Asistí al despacho del Arq. Simón Bali y me consiguió una cita en Israsol, además de que seleccionamos algunas fotografías de la visita realizada al Club Campestre Ecológico Asturiano para sacar diapositivas que se integrarán a la colección del arquitecto que han servido y lo seguirán haciendo como apoyo audiovisual de la clase de energía solar en la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

2 de diciembre de 1998.

En la entrega final del documento de investigación de tesis que incluye la síntesis bibliográfica, el anexo metodológico y la antología de publicaciones, se definió un cuarto volumen para la entrega del décimo semestre y consistirá en los estudios de caso de los compañeros de grado, además se contemplarán aspectos constructivos en materiales, cálculo de colectores, inversión y amortización de la energía solar. El Dr. Álvaro Sánchez González me recomendó dormir tranquilo o irme al cine acompañado de una persona muy importante. Mejor preferí irme al concierto de la Orquesta Filarmónica de la UNAM en la Sala Nezahualcoyotl con la interpretación de la Séptima Sinfonía de Ludwig van Beethoven.

4 de diciembre de 1998.

Cita en Israsol

Lic. Leopoldo Klachky .- Director General

Sr. Rafael López (ayudante)

Características de los colectores planos

Eficiencia de hasta un 90% con temperaturas de 60 a 90°C en días muy soleados, en donde se requiere de 8 horas para captar la radiación solar, esto difiere de los vistos en el Club Campestre Asturiano. Los colectores son a base de cajas de lámina pintada de negro y tubos de cobre a semejanza del radiador de un automóvil, el sistema de la patente israelí conocido como heat tramp (trampa de calor), un vidrio de 6 mm. templado y sellado con hule.

Se tienen también colectores a base de tubos de cobre en cajas de aluminio, el agua asciende de igual manera hasta los 90°C pero el inconveniente está en que no se encuentra sellado por lo que pierde la radiación ganada, aunque este problema se puede solucionar precisamente sellando con hule la junta existente entre el vidrio y la caja.

El ahorro de combustible es de hasta un 90%.

Los tanques termo son de 120 litros de capacidad con un recipiente interno de acero aislado con espuma de poliuretano y un acabado exterior de lámina porcelanizada.

Tienen también colectores de plástico negro ideales para albercas.

Los sistemas funcionan por gravedad (termosifón) (cap. sistemas pasivos) en donde se requieren por ejemplo 1 metro cuadrado de colector por metro cuadrado de alberca pero haciendo cálculos:

Si se tienen 2,000 metros cúbicos de agua, se requerirían 530 colectores solares de 3.8 metros cuadrados cada uno (1.00m x 3.80m) colocados horizontalmente.

Una fosa de clavados, por ejemplo requeriría solamente 100 colectores colocados de la misma manera y con las mismas medidas pero siempre orientados hacia el sur.

Para las regaderas en donde se llegan a utilizar hasta 5,000 litros de agua caliente van a ser necesarios 32 colectores "Lordan" con la Trampa de calor o 50 colectores Cel Sol ya que son menos eficientes.

El colector Lordan funciona por medio de tubos de cobre y aletas de aluminio

El colector Celsol está fabricado con aletas y tubos de cobre.

El costo oscila entre 85 y 90 dólares por metro cuadrado de colector para la alberca mas el costo por flete y supervisión de la instalación.

para los colectores Lordan el costo está en 280 dólares el metro cuadrado de colector, aproximadamente \$23,500 USD de todo el equipo para la alberca usando la marca Lordan.

Si se emplea la marca Celson el costo viene siendo el mismo porque aunque son mas baratos se requieren de mas colectores.

Las eficiencias son las siguientes:

Lordan: 82%

Solar Energy: 78%

Celsol: 68 -70%

Las eficiencias de Módulo Solar y Sun way están alrededor del 50%.

Se utiliza aislamiento Armaflex para los tubos de distribución y esta tubería debe ser toda de cobre, como cualquier instalación hidráulica.

Obras realizadas por Israsol: Deportivo en Santa Apolonia teacalco, Tlaxcala. A la salida de Tlaxcala rumbo a Cacaxtla.

Parque Deportivo de Apizaco en el centro de Apizaco, Tlaxcala.

Destino: Capítulos El Colector solar, Materiales de construcción, Cálculo de colectores y Amortización de la Inversión solar

9 de diciembre de 1998.

Dr. Álvaro Sánchez González

En la revisión de los alcances de la Tesis para el 10º semestre se tocaron los siguientes puntos:

Vol 1.- Marco Teórico documental.

Vol 2.- Anexo metodológico que incluirá un formato de información básica de los proyectos de los compañeros de tesis y otro formato con las recomendaciones otorgadas por la consulta solar.

Vol 3.- Antología de publicaciones que servirá de apoyo para el diseño del curso de especialización en energía solar en la Facultad de Arquitectura.

Vol 4.- Análisis de los Casos de Estudio de las tesis de grado como aplicación del proyecto de energía solar integrada al diseño arquitectónico.

El Dr Álvaro Sánchez me hizo el comentario de que la tesis que estoy realizando tiene el nivel de un doctorado, que si le presentaba el mismo documento en la unidad de posgrado, podría pasar son ningún problema, el inconveniente está en que aún no he realizado la maestría.

10 de diciembre de 1998.

Como uno de los puntos a desarrollar en el diseño solar es la representación del proyecto, un aspecto a considerar va a ser la representación del proyecto así que para el próximo semestre será requisito indispensable que el alumno presente el proyecto al cual se le integrarán los equipos de energía solar desde la 2a. clase para poder irlo desarrollándolo en el transcurso del semestre y poder tener un trabajo final de excelente calidad a nivel profesional.

1 de febrero de 1999.

Este día me mandaron a las oficinas centrales de la empresa en la cual presto mis servicios profesionales: Arquinteg S. A. con domicilio en Av. Las Águilas No. 1842, col Axomiatla. para realizar una memoria descriptiva de la obra a la cual estoy asignado: El Centro Médico de Rehabilitación, en calz. Mexico Xochimilco No. 289. Col Arenal de Guadalupe, Tlalpan. y mientras estaba cortando unos papeles para elaborar la pasta del documento entró el gerente general del despacho, el Arq. Sergio Mejía Ontiveros y me preguntó sorprendido que si yo estaba dando clases en la Universidad. "Sí, ahora soy adjunto del Arq. Simón Bali" -le contesté- "pero tarde o temprano yo seré el titular de la clase cuando el arquitecto se retire", en fin le comenté a grandes rasgos la historia que había detrás de esa plaza docente. "Y de que es la clase-" me preguntó. Se llama tecnologías Ambientales Avanzadas, y se ve en un 90% conceptos de Energía Solar; le brillaron los ojos al Arq. Mejía y me dice que si sabía como calcular el asoleamiento de un lugar determinado. ¿Que quieres saber? respondí, pregúntame lo que quieras, podemos hablar si quieres hasta de refrigeración solar. Se interesó tanto en el

tema que ya me estaba dando un proyecto de una clínica en ciudad Juárez Chihuahua para que hiciera mis comentarios al respecto acerca de las fachadas diseñadas tomando en consideración los días de diseño que habían empleado y los sistemas constructivos empleados. Con mucho gusto, le respondí y estoy en espera de que me mande las copias para hacerle el estudio solar. pero en mi interior me decía que no iba a realizar ningún estudio solar a esta empresa por el mismo precio que me están dando por el momento porque no hay muchos asesores en energía solar y muchos menos que sean arquitectos a la vez, de hecho lo he podido constatar entre los proveedores.

15 de febrero de 1999.

En la lectura global que realizó el Arq. Jorge Quijano del documento de la Tesis en lo que se refiere al Marco teórico, hay algunos puntos que se revisaron como la secuencia sucesiva de los listados temáticos. Debe de haber una secuencia lógica en la organización de la información así como sus encabezados y redacciones. En conveniente utilizar un lenguaje más apropiado y acorde con el tema.

En el apartado de calefacción solar es conveniente utilizar el intercambiador de calor pero este punto será analizado en el capítulo No. 8. El formato debe prever la inserción de imágenes y gráficos.

17 de febrero de 1999.

Plática de criterios básicos para diseño de plantas tratadoras de aguas servidas en edificios presentada por el Ingeniero químico Humberto Venegas de la compañía Simapro. Se trataron las preparaciones en cimentaciones en base a las dimensiones en función de la capacidad de la planta, las preparaciones para la extracción de lodos y la ventilación, las preparaciones para reutilizar el agua tratada en la red de WC y riego y las preparaciones para el mantenimiento de la planta.

El proceso microbiológico que aprovecha los microorganismos que están acondicionados para digerir hasta el detergente y los tintes para el cabello así como otros productos de limpieza por lo que el volumen de agua es enormemente grande.

Las bacterias son aerobias, anaerobias y facultativas. Las bacterias toman la materia orgánica como los estreptococos. En el reactor anaerobico el 40% de los residuos orgánicos se elimina y ya lleva lodos activados en el agua negra. Las bacterias en contacto con la materia orgánica producen enzimas y el aire con oxígeno quema y oxida la materia orgánica terminando de degradarla produciendo dióxido de carbono. El oxígeno es la energía requerida por la bacteria.

Todos los tanques son de fondo plano.

En el sedimentador se depositan los lodos y con un eructor se depositan los lodos y se reciclan hacia el reactor para tener la menor salida de lodos. Así el agua pasa a la desinfección con cloro, hipoclorito de calcio de donde pasa a un filtro de arena saliendo el agua transparente aunque aún contiene materiales orgánicos suspendidos e incoloros mismos que son retenidos en el filtro de arena; si el agua tiene color se hace pasar por carbón activado y luz ultravioleta para así reintegrarla a la red hidráulica de riego.

El único equipo que se requiere son dos bombas de aire, un tablero eléctrico, dymers y un flujo de aire continuo. El sistema actúa por medio de un procedimiento muy natural, lo que se hace es acelerar el proceso en estas plantas.

Los lodos se pueden aprovechar después de dos años lanzándolos a las áreas verdes para que funcionen como acondicionadores de suelos.

Los criterios de dimensionamiento por estadística de consumo de agua, quienes más utilizan el agua son las amas de casa..

La cantidad de materia orgánica se estima en función de la demanda de oxígeno biológico-químico para degradarla misma que oscila en 6 litros por minuto.

Todos los tanques están al descubierto, el único es el reactor aerobio y como el agua esta en continuo movimiento no existe el mal olor. Las dimensiones aproximadas son menores a las de una cancha de basquetball. Todos los tanques están conectados a tierra con un ánodo de magnesio.

Momentos previos a la platica de plantas tratadoras, El Dr. Álvaro Sánchez me comentó que mi tesis estaba terminada, y que solo era necesario que en el momento en que yo lo decida citaba al jurado para que le den el visto bueno al documento y poder graduarme antes y esperar el momento de acreditar el taller y quedar liberado para los primeros días de junio del año en curso.

3 de marzo de 1999.

Hay días en que las circunstancias sociales en las que uno se desenvuelve son totalmente inhóspitas y se cae en una profunda depresión, así me encontraba este día por la mañana pero al asistir a la universidad y después de buscar un disco de una colección de música sacra que estoy realizando y no encontrarlo por ningún lado me entero por un cartel colocado en el vestíbulo de la dirección de la Facultad acerca de un curso de especialización en Energía Solar en el Centro de Investigaciones en Energía Solar en Temixco, Morelos del 19 al 23 de abril de 1999. Esto me levantó el ánimo y dije ahí tengo que estar yo, tomé mi coche y al llegar a mi trabajo me puse primero a llamar a los proveedores que me estaban haciendo falta por consultar que eran Sunway, heliocol y Condumex, hable también a Pullman de Morelos para ver cuanto costaba el transporte a Temixco a la Unidad de Posgrado de la facultad de Arquitectura para preguntar por el precio del curso., Al Arq. Bali para comentarle que quería asistir “-No hay problema, ve y so sostengo la clase en esa semana-” me aconsejo el Arq. Simón y desde ese momento empecé a buscar el financiamiento por parte de la Facultad para que pudiese asistir al curso (Se anexan las cartas emitidas y el fax con el triptico de la programación del curso que me hicieron favor de mandarme de la Coordinación de Posgrado en Energia Solar de la Unam.

5 de marzo de 1999.

Cita en Sunway de México con el C.P. Jorge Dávila a las 8:00 AM.

Especificación de colectores planos, cálculo recomedado para casas habitación, albercas y centros hospitalarios, le compre un pequeño volumen con las características, los procedimientos y detalles constructivos para la instalación de los equipos así como las recomendaciones de mantenimineto y supervisión de los colectores solares con un costo de \$10.00 que fueron el costo de las copias, este documento está integrado en la Antología de publicaciones y empleado para el calculo de colectores en el capítulo 14 del marco teórico y en amortización de la inversión solar capítulo 15 del documento de la tesis.

10 de marzo de 1999.

Cita en heliocol de México S. A.

Entrevistas con El Arq. Iñaqui Oliva y el Lic Moisés Dichi Cohen.

Se habló de las características de los colectores solares fabricados en Israel con una garantía de 10 años, estas características, las obras realizadas y los catálogos con las características de los equipos se encuentran en el documento otorgado por esta empresa integrado a la Antología de Publicaciones que respalda toda la información manejada en esta tesis.

Además de que en ese momento me invitaban a un recorrido de obra al deportivo Israelita pero la reunión se prolongaba cada vez más así que mejor opté por llamarle por teléfono al Arq. Oliva para asistir en una visita guiada conjuntamente con los alumnos de la materia, además de que yo no llevaba cámara para poder obtener fotografías y diapositivas para el curso.

12 de marzo de 1999.

Exposición de la tesis ante el grupo del seminario de Titulación a las 9:30 de la mañana. se aclararon dudas sobre el enfoque que tiene la tesis y sobre los equipos necesarios para los proyectos del centro histórico.

15 de marzo de 1999.

Cita en Condomex para recoger las fichas técnicas y los catálogos de fotoceldas solares (Ver Antología de Publicaciones). Todo lo comentado con el Ing. Víctor Hernández Aguilera.

23 de marzo de 1999.

Este día después de haber solicitado el apoyo económico para el curso de energía solar en Temixco, la Secretaria del director me dijo que podía pasar a la Unidad Administrativa para recibir el cheque, que el director de la facultad, el Arq. Felipe Leal le había dado el visto bueno a mi solicitud. La secretaria de la Lic. Leda Duarte me preguntaba sobre que tipo de comprobante me iban a dar para poder demostrar el gasto en la facultad, por lo que tuvo que hablar a la Coordinación de Posgrado en Energía Solar en Ciudad Universitaria. Después de aclarar la situación el resultado fue que en lugar de hacer la reservación por medio de un depósito bancario, iba a ser con esa llamada, mi lugar estaba reservado y que me presentara el primer día del curso con el cheque para pagar allá mismo. Así que podría pasar por el cheque una semana antes de salir a Temixco, alrededor del día 15 de abril del presente.

14 abril de 1999.

Jonadab García Landeros. Me entregó los datos necesarios para el cálculo y los costos para la colocación de un sistema solar en su proyecto de tesis sobre vivienda en el Centro Histórico de la Ciudad de México, además de que comentamos sobre algunas recomendaciones del funcionamiento de este sistema complementado con el equipo convencional de calentamiento de agua y de su relación con el equipo hidroneumático de abatecimiento del agua a los diferentes departamentos.

VISITAS



Fachada poniente de la Casa Ecológica Autosuficiente o Casa Solar en el Parque Ecológico de Loreto y Peña Pobre en la delegación de Tlalpan, D.F.

Actualmente esta casa funciona como las oficinas de la sede de la Fundación Ecológica El Manantial y como casa muestra a manera de museo ecológico.

Se pueden ver los tres materiales fundamentales

empleados en la construcción: piedra, tepetate y madera, piedra utilizada en la cimentación y en el rodapie, tepetate en todos los muros de carga y madera en la estructura y en la cubierta.

En los techados se observa el uso de domos y tragaluces, mismos que son ejemplo del uso de la energía solar por métodos pasivos como se puede analizar en el capítulo ocho del marco teórico de esta investigación; estos domos son utilizados para la iluminación cenital de la vivienda. El tinaco que sobresale de la construcción abastece de agua potable a la red hidráulica de la casa y al equipo de aprovechamiento de energía solar mismo que consiste en un termosifón.

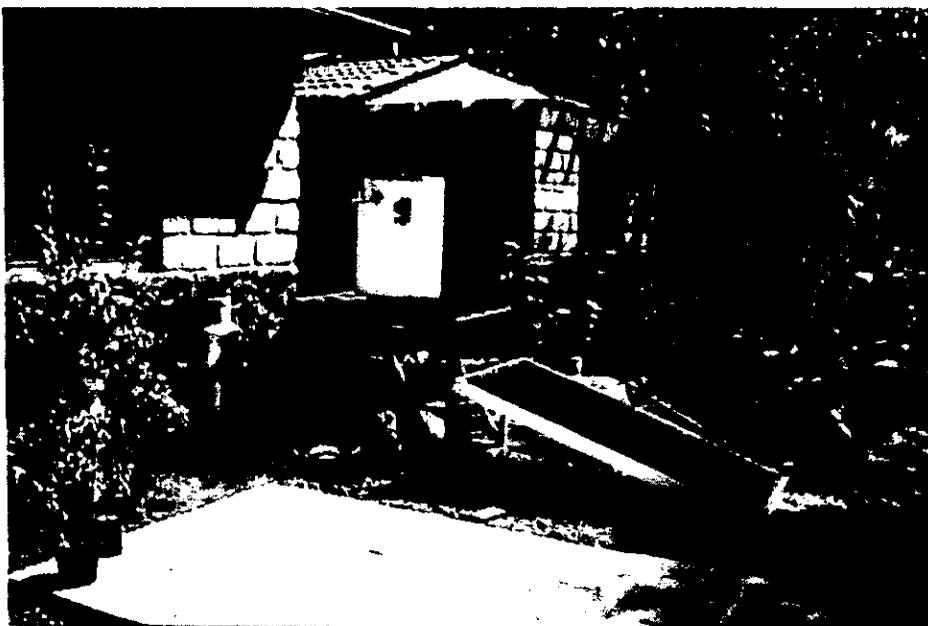


El equipo de termosifón localizado en la cubierta de la casa solar constituido por un panel o colector plano y un tanque de almacenamiento del agua calentada en color verde.

Debido a la instalación de este sistema pasivo de captación de energía no se colocó el acabado a la cubierta como en otras áreas del proyecto aunque estos equipos no deben presentar estos problemas, la solución radica en un sistema de fijación

que libere el tejado o que permita obtener un solo paño en la cubierta integrando de esta manera los colectores para agua o para aire, las fotoceldas solares y el acabado final de la techumbre.

Para análisis de integración al diseño véase el capítulo 12 del marco teórico de esta investigación.



El equipo de termosifón que consta de colectores planos a base de caja de aluminio, tubos de cobre pintados de negro y cubierta de vidrio templado (lamentablemente el vidrio lo habían roto la semana anterior y lo único que podemos apreciar son los restos dejados en el suelo junto al extremos en donde se apoya el colector). El cilindro en color blanco es el tanque termo de almacenamiento de agua caliente.

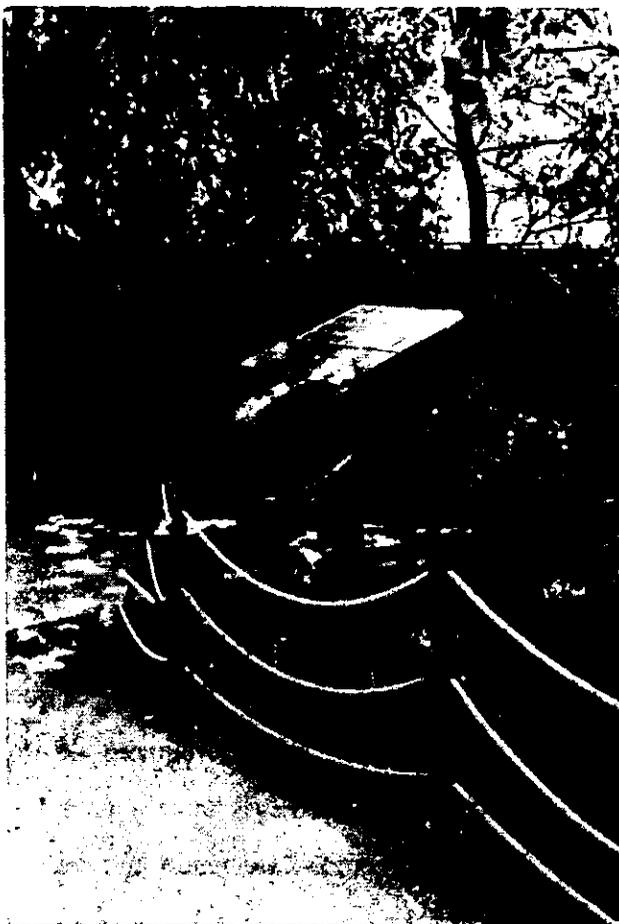
La losa blanca en la parte inferior de la fotografía es un biodigestor, para el tratamiento de las aguas servidas que pasan por varias celdas para su descomposición aerobia, anaerobia (con producción y aprovechamiento de gas metano) y su filtrado final para ser aprovechada para el riego de una pequeña huerta y para el servicio en los inodoros.

Véase fuentes de energía alternas, energía de la biomasa capítulo 3 del marco teórico y sistemas pasivos de energía solar en el capítulo número ocho.



Vista de la fachada norte desde donde se observa en la cubierta el tanque de almacenamiento del sistema de captación de energía solar (en color verde) y a la izquierda se tiene un juego de paneles fotovoltaicos, conocidas también como fotoceldas solares para el alumbrado exterior.

Estas fotoceldas presentan el grave error de estar orientadas hacia el norte, lo que afecta en un funcionamiento óptimo, además de que constantemente reciben la sombra de los árboles aledaños localizados en el costado sur de la construcción.



Juego de fotoceldas solares para alumbrado público. En la caja de acrílico se guardaba la batería para el almacenamiento del escaso voltaje que se produce (cada fotocelda genera 1 watt). Este juego junto con otras tres fotoceldas ubicadas en la cubierta de la casa junto al equipo de termosifón tienen un costo de 35,000 pesos y un período de vida útil de 25 años. Aún así cuando la vivienda se podría independizar de la Compañía de Luz y Fuerza durante todo este tiempo no se lograría amortizar la inversión en un período que no sea inferior a 15 años.



Baterías de almacenamiento del panel solar de la cubierta, éstas están localizadas en un rincón de la cocina siendo que aquí no es muy recomendable por estar al alcance de los niños se pusieron en este lugar por ser un lugar fresco en el interior de la casa. Otro inconveniente es que el panel solar produce energía directa por lo que se requiere de un alternador para convertir la energía directa a energía alterna para los equipos y luminarias empleadas en el proyecto encareciendo aún mas el costo de todo el equipo de electricidad solar.



Fachada sur del edificio de administración y gobierno, vestidores y servicios del Club Campestre Ecológico Asturiano en Atatahucan, Morelos. Las cubiertas longitudinales están resueltas por medio de colectores planos para el calentamiento de agua que será utilizada en las regaderas y que suman un área de 600 m².



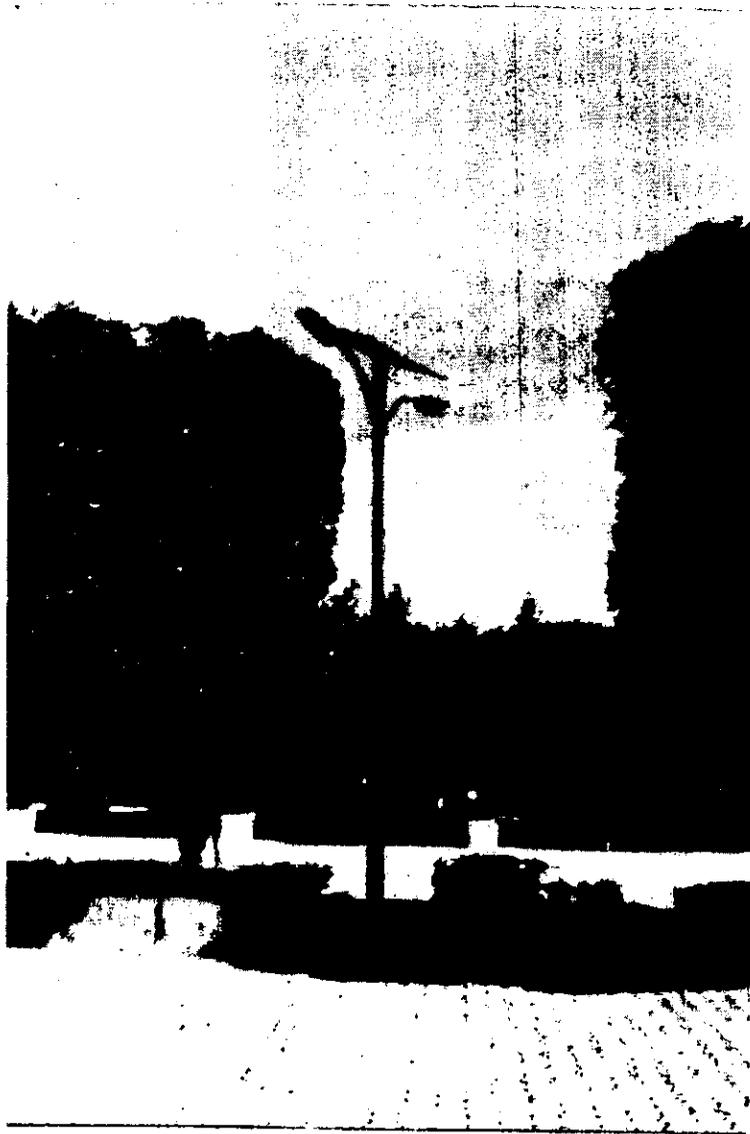
Plano esquemático del Club Campestre Ecológico Asturiano. El volumen en gris en la esquina superior derecha del plano mayor es el edificio principal mostrado en la fotografía anterior, y en la esquina inferior derecha se puede leer "Paneles solares" para el calentamiento del agua de la alberca de olas. Mismos que están colocados aprovechando el relieve natural del terreno en un talud de 19° de inclinación.

El proyecto fue realizado por el Arq. José Díaz Infante, autor de los edificios de la Bolsa Mexicana de valores y el edificios de la Marina Mercante, entre otros, ambos en la Ciudad de México



En esta fotografía observamos la alberca de olas del club,

Tiene unas dimensiones de 30 x 45 metros, lo que nos da una superficie de 1350 m² y representa un volumen de agua de 1 215 m³ que se requieren calentar a una temperatura promedio de 28°C con un sistema combinado a base de paneles solares y calderas pero que funcionan independientemente el uno del otro, a diferencia de lo analizado en la investigación documental en donde es recomendable complementar ambos sistemas: el solar y el convencional.



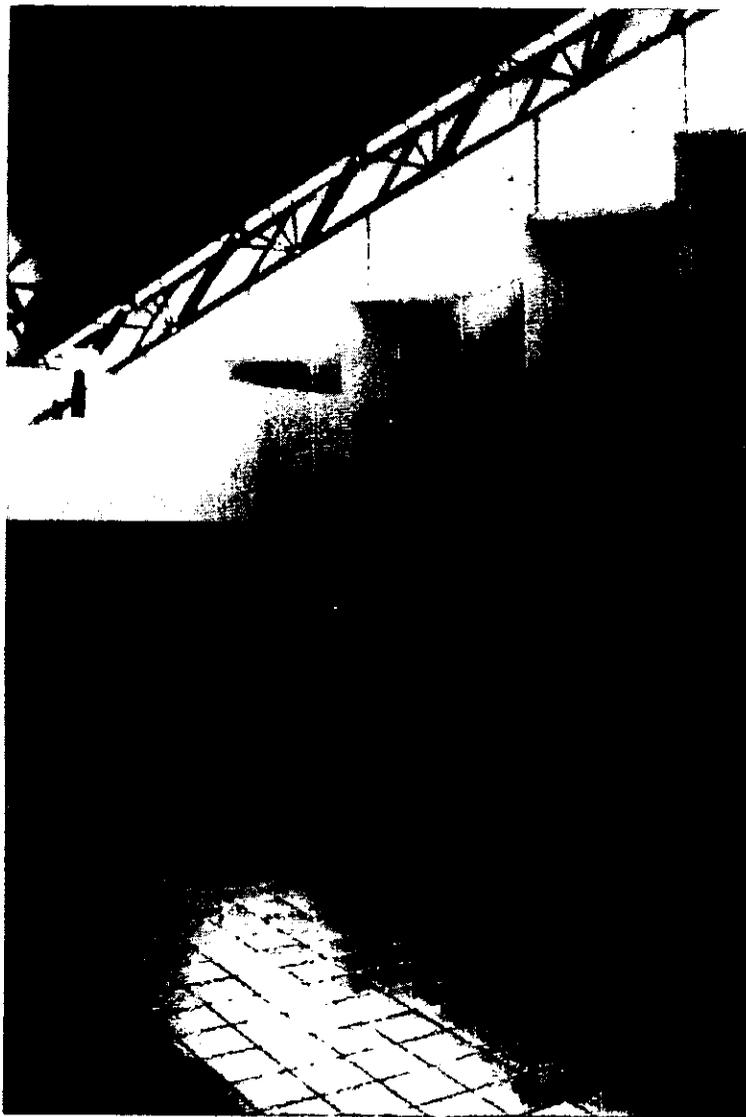
Fotoceldas solares que alumbran el estacionamiento de los socios del club durante un período de tres horas después del ocaso siempre y cuando haya habido buen sol, excelente radiación durante el día para que las luminarias se enciendan a la salida de los miembros de este club campestre.



Zona de regaderas en el área de vestidores del edificio de gobierno mostrado al principio.

El alero derecho de la cubierta es la que se orienta al sur y soporta los colectores solares, siendo estos los que cumplen la función doble de captar la energía solar y sirven también como cubierta de este espacio integrando de esta manera la tecnología de la captación y aprovechamiento solar con el diseño arquitectónico.

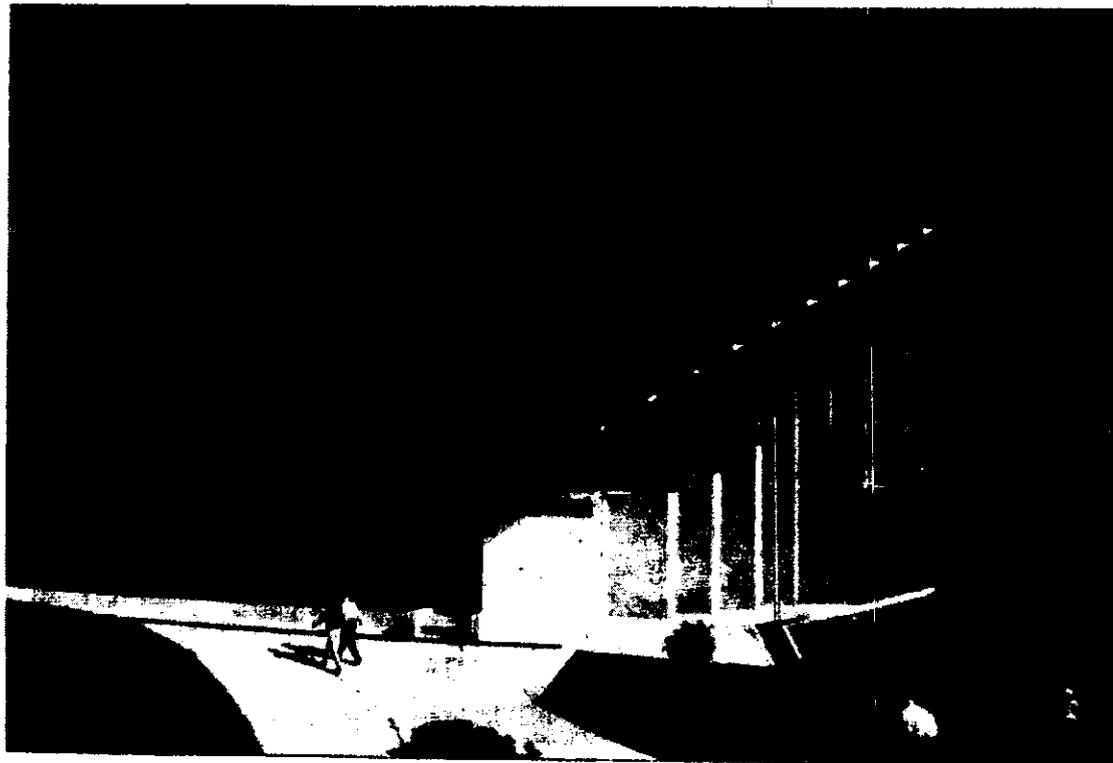
En el alero izquierdo no hay colectores solares por tener orientación norte por lo que se utilizó lámina galvanizada, acanalada para cubrir el área.



Zona de vestidores y casilleros en donde se puede apreciar en detalle la estructura tridimensional que soporta la cubierta del edificio de gobierno formada por los colectores solares.



Detalle de los colectores planos para calentamiento de agua de las regaderas y en primer término se tiene el Río Lento. Para mantener la temperatura del agua de este río se utiliza una cubierta de plástico transparente durante las noches y conservar la radiación captada durante el día. A la alberca de olas no se le colocó la cubierta de plástico porque su diseño implica muchos problemas en la elaboración de la cobija transparente.



En esta fotografía podemos apreciar el detalle de ajuste de los colectores planos con los bordes de la cubierta, como los colectores deben ser piezas completas, se dejó el ajuste por medio de lámina al descubierto a manera de una cenefa que remata los bordes.

En días con excelente radiación directa, únicamente con los colectores se satisfacen las necesidades de agua caliente para las regaderas. Cuando el día está nublado se aprovecha la radiación difusa y se complementa el calentamiento con la puesta en marcha de las calderas.



En este club campestre también se aprovecha la energía de los vientos o energía eólica como lo demuestra este aeróstato o molino de viento.

La energía obtenida es aprovechada en una huerta de este club.



Sistema de colectores planos para calentamiento de agua de la alberca de olas que total suman tres mil metros cuadrados.

Si analizamos la integración arquitectónica veríamos que estaría totalmente desligado de el servicio principal al cual debe satisfacer que es la alberca de olas, pero que pasaría si estos colectores se colocaran como cubierta de la alberca, de alguna forma perdería el encanto el club debido a que las personas no desearían disfrutar de una alberca de un balneario a cubierto, pero si observamos el proyecto del conjunto y del diseño del paisaje veríamos que si habría una integración urbano arquitectónica de los colectores solares o del "Solar" como es nombrado por el personal que trabaja en este lugar.



Equipo de bombas de 100 H.P. cada una para la extracción del agua de la alberca de olas y conducirla ya sea al solar o a las calderas.

Independientemente del sistema que se este utilizando, solar o calderas, todo el equipo funciona por medio de un intercambiador de calor que en esta fotografía aunque no aparece se localiza en el costado izquierdo y es un cierre y apertura de válvulas las que en un momento dado conducen el agua hacia el solar o por el intercambiador para obtener el calor obtenido por el vapor generado en las calderas.



Estas son las calderas para el calentamiento del agua de la alberca de olas, el tiempo que representa el elevar la temperatura de toda la masa de agua de la alberca a los 28 °C promedio que se requiere es de 5 horas y cuando se dice que con el solar se realiza la misma función en 2 horas y media cuando hay radiación directa en períodos de tres minutos, esto es que cada gota de agua requiere de tres minutos en hacer el recorrido por el solar, nos damos cuenta de la gran diferencia y del ahorro de combustible que significa la energía solar.

AGRADECIMIENTOS:

Durante todo el tiempo que me llevó realizar esta investigación y de capturarla en la computadora, siempre decía que no tenía que agradecerle a nadie por el simple hecho de que todo el trabajo lo estaba realizando yo sólo, pero al momento de reflexionar, el resultado que significa esta investigación es también el producto del esfuerzo de muchas personas que directa o indirectamente colaboraron conmigo en la realización de este documento y en los incentivos necesarios para que yo llegara a amar este tema tan apasionante como lo es la energía solar y su aprovechamiento práctico en la Arquitectura.

A Ludwig van Beethoven.- Y a todos aquellos compositores que con su música me ayudaron ayer, hoy y siempre a mantenerme firme y poder interpretar la música de la vida con el himno a la alegría.

A Carl Sagan.- Por haberme enseñado a apreciar y amar a este vasto Universo del cual surgimos.

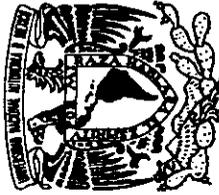
A los arquitectos Alfonso Cacho Vázquez, Simón Bali Babani, Álvaro Sánchez González, Jorge Quijano Valdez, por su gran apoyo prestado durante toda la investigación y en especial al Arq. Alfonso Cacho por sus pláticas, consejos y enseñanzas, Al Arq. Simón Bali por haberme permitido continuar la historia de la aplicación de la energía solar en México.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte integrante de ella y así poder participar en el universo del conocimiento y de la cultura. A todos aquellos profesores con quienes compartí las clases y las pláticas.

A aquellos compañeros alumnos también de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, interesados también en la energía solar como fuente de energía alterna y que confiaron en mi solicitándome asesoría para aplicar los conocimientos que he adquirido en sus trabajos de tesis.

A José Romo Zaragoza [...] Gracias por la libertad.

FACULTAD DE ARQUITECTURA.
TALLER "E"
ARQ. JORGE GONZALEZ REYNA.
COORDINACION.



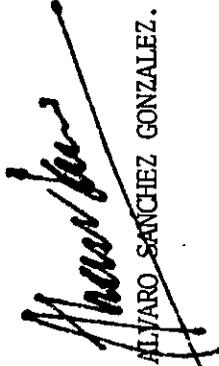
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

CENTRO ASTURIANO EN
CUAUTLA MORELOS
A QUIEN CORRESPONDA
PRESENTE.

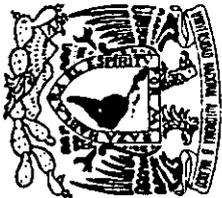
Por medio de este conducto solicito a usted(s) que se permita el acceso a las instalaciones del Centro Asturiano en Cuautla, Morelos, al alumno CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO, con número de cuenta 9133652-7, quien esta realizando la tesis profesional en la Facultad de Arquitectura, U.N.A.M. con el tema de ENERGIA SOLAR APLICADA A LA ARQUITECTURA.

Agradezco a usted(s) la atención a esta solicitud.

A T E N T A M E N T E.
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 30 de septiembre de 1998.


DR. ALVARO SANCHEZ GONZALEZ.





UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE

MEXICO
JUNTA DIRECTIVA
CENTRO ASTURIANO
COYOACAN, MEXICO D.F.
P R E S E N T E .

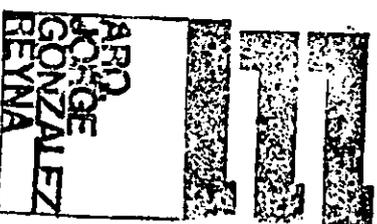
FACULTAD DE ARQUITECTURA.
TALLER "E"
ARQ. JORGE GONZALEZ REYNA.
C O O R D I N A C I O N .

Por medio de este conducto solicito a usted(s) que se permita el acceso a las instalaciones del Centro Asturiano en Cuautla, Morelos, al alumno CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO, con número de cuenta 9133652-7, quien esta realizando la tesis profesional en la Facultad de Arquitectura, U. N. A. M. con el tema de ENERGIA SOLAR APLICADA A LA ARQUITECTURA.

Agradezco a usted(s) la atención a esta solicitud.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 13 de octubre de 1998.

ARQ. ERNESTO NATAREN DE LA ROSA
COORDINADOR DEL TALLER "E"
ARQ. JORGE GONZALEZ REYNA.



Recibi original
Angelica Ahig

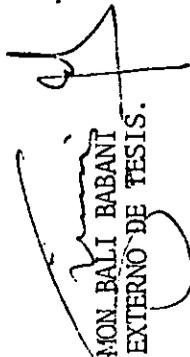
15 OCT-98 610 1373
610 11 24

DR ALVARO SANCHEZ GONZALEZ
ASESOR DE TESIS DE GRADO
LICENCIATURA DE ARQUITECTURA.
FACULTAD DE ARQUITECTURA. U.N.A.M.
P R E S E N T E .

Le comunico a usted que he revisado la tesis del alumno CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO y estoy de acuerdo en la valoración para el 9° semestre otorgada, - en la asesoría que le brinda, en el seminario de titulación con el tema INTEGRACION DE LA ENERGIA SOLAR AL DISEÑO ARQUITECTONICO, cuya entrega del documento se realizó el 2 de diciembre del corriente en el Taller "E" ARQ. JORGE GONZALEZ REYNA.

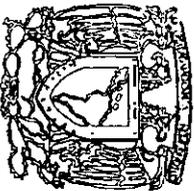
Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., 8 de diciembre de 1998.


ARQ. SIMON BALI BABANT
ASESOR EXTERNO DE TESIS.

c.c.p. ARQ. JORGE QUIJANO VALDEZ. - COORDINADOR DEL SEMINARIO DE TITULACION DEL TALLER.

c,c.p. Para el interesado



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIRECCIÓN

99 MAR 12 10 01

FACULTAD DE ARQUITECTURA
TALLER "E"
ARQ. JORGE GONZÁLEZ REYNA

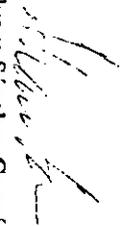
ARQ. FELIPE LEAL FERNÁNDEZ
Director de la Facultad de Arquitectura
de la Universidad Nacional Autónoma de
México.

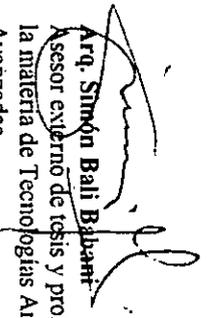
Por este conducto nos permitimos solicitarle de la manera más atenta de que se brinde el apoyo económico necesario al alumno **ROMO ZAMUDIO CARLOS EDUARDO** con No. de Cla. 9133652-7 para que asista al curso de actualización en Energía Solar que se va a llevar a cabo durante la semana del 19 al 23 de abril de 1999 en las instalaciones del Centro de Investigaciones en Energía Solar de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Temixco, Mor., con un costo de \$750.00 (cuota para estudiantes), sin incluir transporte ni hospedaje, en donde se requiere hacer depósito bancario para hacer la reservación lo antes posible en la cuenta de Bancomer No. 29238722 No. de plaza 001 a nombre del Dr. Wilfrido Rivera Gómez Franco ésto con el fin de recabar la información necesaria para complementar su tesis que este alumno esta realizando y también como material e investigación de apoyo para el curso de la materia selectiva de Tecnologías Ambientales Avanzadas, que hasta la fecha está impartiendo como ayudante del Arq. Simón Bali Babani, en esta Facultad.

Agradecemos a usted la atención que se sirva prestar a esta solicitud.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 9 de marzo de 1999.


Dr. Alvaro Sánchez González,
Asesor de Tesis
Taller "E" Arq. Jorge González Reyna


Arq. Simón Bali Babani
Asesor externo de tesis y profesor de
la materia de Tecnologías Ambientales
Avanzadas.

c.c.p. Dr. Alvaro Sánchez González - Asesor de tesis en el taller "E" Arq. Jorge González Reyna.
Arq. Simón Bali Babani - Asesor externo de Tesis y profesor de la materia selectiva de Tecnologías Ambientales Avanzadas.
Pasante Carlos Eduardo Romo Zamudio - Alumno del taller "E" de la Facultad de Arquitectura.

De 16:00 a 17:00
**DESTILACIÓN
SOLAR**

Dr. José Luis Fernández Z.
Instituto de Ingeniería,
UNAM

De 17:00 a 17:15
RECESO

De 17:15 a 18:00
**LA ENERGÍA SOLAR
Y EL AHORRO DE
ENERGÍA**

Dr. Juan José Ambríz G.
Depto. de Ing. de Procesos
e Hidráulica, UAM-
Iztapalapa

De 18:00 a 19:00
**CONCLUSIONES
Y CLAUSURA**

**ACTIVIDADES
PRÁCTICAS**

**SISTEMAS
PASIVOS DE
CLIMATIZACIÓN**

Dr. José Diego Morales R.
Arq. Alma Rosa Ortega
Posgrado de la Facultad
de Arquitectura-UNAM

**SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS**

M. en C. José Campos A.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM
Ing. José Ortega C.
Posgrado en Energía Solar
DGEP, UNAM

**COLECTORES
SOLARES
PLANOS**

Dr. Arturo Fernández M.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM
M.E.S. Gerardo Arriaga H.
DEPFQ, UNAM

**EVALUACIÓN
DEL RECURSO
SOLAR**

Dr. Mauro Valdés B
T.A. Vidal Valderrama O.
Instituto de Geofísica,
UNAM

**CUOTAS DE INSCRIPCIÓN
(Cupo limitado)**

General \$1,500.00
Personal Académico \$1,200.00
Estudiantes \$750.00

Nota: Las cuotas de inscripción incluyen las notas del
Curso y constancia de participación.

COMITÉ ORGANIZADOR

Dr. Isaac Pilatowsky Figueroa
Dr. Wilfrido Rivera Gómez Franco
Sra. Eréndira Degante Fernández

INFORMES Y REGISTRO

Coordinación del Posgrado en Energía Solar-DGEP
Centro de Investigación en Energía-UNAM
Av. Xochicalco s/n, C.P. 62580, Temixco, Morelos
Teléfonos 91(73) 250052 y 240046
Fax. 91(73) 250018 y 250044
En Ciudad Universitaria: 6229813 y 6229740

EN INTERNET.
WWW.IE. UNAM.MX.

CURSO DE ACTUALIZACIÓN ENERGÍA SOLAR



El Posgrado de Energía Solar y el Centro de Investigación en Energía, en colaboración con los Institutos de Geofísica e Ingeniería y la Facultad de Arquitectura, de la Universidad Nacional Autónoma de México, invitan al "Curso de Actualización en Energía Solar", que se efectuará del 19 al 23 de abril de 1999, en las instalaciones del Centro de Investigación en Energía en Temixco, Estado de Morelos, México.

OBJETIVOS

Este curso está destinado a actualizar los conocimientos de profesionales y de estudiantes en la utilización de la energía solar en sus conversiones fototérmica y fotovoltaica, en sus aspectos teóricos, tecnológicos y económicos.

CARACTERÍSTICAS

El Curso de Actualización de Energía Solar es teórico-práctico con una duración de 40 horas.

Lunes 19 de abril

De 9:00 a 9:30
INAUGURACIÓN

De 9:30 a 10:30
**PRINCIPIOS FÍSICOS
DE LA RADIACIÓN
SOLAR**

De 10:30 a 10:45
RECESO

De 10:45 a 11:45
**EVALUACIÓN DEL
RECURSO SOLAR**

De 11:45 a 12:45
**MÉTODOS DE
CÁLCULO DE LA
RADIACIÓN SOLAR**

De 12:45 a 13:45
**PRINCIPIOS DE
TRANSFERENCIA
DE CALOR**

De 13:45 a 16:00
RECESO

De 16:00 a 17:00
**MATERIALES
UTILIZADOS EN LA
CONVERSIÓN
FOTOTÉRMICA**

De 17:00 a 17:15
RECESO

De 17:15 a 18:15
**COLECTORES SOLARES
PLANOS**

Martes 20 de abril

De 9:00 a 10:00
**PRINCIPIOS DE LA
CONVERSIÓN
FOTOVOLTAICA**

Dr. Amando Leyva C.
Instituto de Geofísica
UNAM

Dr. Agustín Muhlia V.
Instituto de Geofísica
UNAM

Ing. Vicente Estrada-
Cajigal
SOLARTRONIC

Dr. Eduardo Ramos M.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

Dr. Arturo Fernández M.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

Ing. Rodolfo Martínez S.
BUTECSA

M.en C. Aarón Sánchez J.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

De 10:00 a 10:15
RECESO

De 10:15 a 14:00
**ACTIVIDADES
PRÁCTICAS**

De 14:00 a 16:00
RECESO

De 16:00 a 17:00
**SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS**

De 17:00 a 17:15
RECESO

De 17:15 a 18:15
**EL HIDRÓGENO:
UNA FUENTE
RENOVABLE DE
ENERGÍA**

Miércoles 21 de abril

De 9:00 a 10:00
**ASPECTOS
BIOCLIMÁTICOS**

De 10:00 a 10:15
RECESO

De 10:15 a 14:00
**ACTIVIDADES
PRÁCTICAS**

De 14:00 a 16:00
RECESO

De 16:00 a 17:00
**PROYECTOS EN
HELIODISEÑO**

De 17:00 a 17:15
RECESO

M.en C. Aarón Sánchez J.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

Dr. Arturo Fernández M.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

Dr. Diego Morales R.
Posgrado de la Fac. de
Arquitectura, UNAM
M.en I. David Morillón G.
Fac. Ingeniería, UNAM

M.en Arq. Francisco Reyna G.
Posgrado de la Fac. de
Arquitectura, UNAM

De 17:15 a 18:15
**DISEÑO Y BALANCE
TÉRMICO DE
EDIFICIOS**

Jueves 22 de abril

De 9:00 a 10:00
**COLECTORES
CONCENTRADORES**

De 10:00 a 11:00
**BOMBAS DE CALOR
Y TRANSFORMADORES
TÉRMICOS**

De 11:00 a 11:15
RECESO

De 11:15 a 14:00
**ACTIVIDADES
PRÁCTICAS**

De 14:00 a 16:00
RECESO

De 16:00 a 17:00
**REFRIGERACIÓN
SOLAR**

De 17:00 a 17:15
RECESO

De 17:15 a 18:15
SECADO SOLAR

Viernes 23 de abril

De 9:00 a 10:00
**EVALUACIÓN
ECONÓMICA DE
SISTEMAS
SOLARES**

De 10:00 a 10:15
RECESO

De 10:15 a 14:00
**ACTIVIDADES
PRÁCTICAS**

Dr. Diego Sámano T.
Energía y Ecología, S.A.

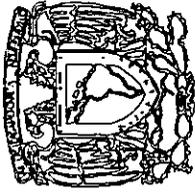
Dr. Claudio Estrada G.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

Dr. Roberto Best B.
Dr. Wilfrido Rivera G.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

Dr. Isaac Pilatowsky F.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM

M.en C. Adolfo Fink P.
Departamento de Física
Univ. Iberoamericana

Dr. Manuel Martínez F.
Centro de Investigación
en Energía, UNAM



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

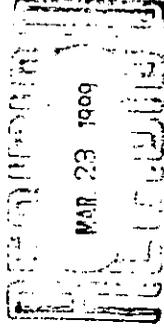
ARQ. ANTONIO MUSI AFÍE.

Secretario Académico de la Facultad de
Arquitectura de la Universidad Nacional
Autónoma de México.

ACUSE

FACULTAD DE ARQUITECTURA
TALLER "E"
ARQ. JORGE GONZÁLEZ REYNA

FACULTAD DE ARQUITECTURA



SECRETARÍA / CADAMICA

Por este conducto nos permitimos solicitarle de la manera más atenta de que se brinde el apoyo económico necesario al alumno ROMO ZAMUDIO CARLOS EDUARDO con No. de Cía. 9133652-7 para que asista al curso de actualización en Energía Solar que se va a llevar a cabo durante la semana del 19 al 23 de abril de 1999 en las instalaciones del Centro de Investigaciones en Energía Solar de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Temixco, Mor., con un costo de \$750.00 (cuota para estudiantes), en donde se requiere hacer depósito bancario para hacer la reservación lo antes posible en la cuenta de Bancomer No. 29238722 No. de plaza 001 a nombre del Dr. Wilfrido Rivera Gómez Franco esto con el fin de recabar la información necesaria para complementar su tesis que este alumno está realizando y también como material e investigación de apoyo para el curso de la materia selectiva de Tecnologías Ambientales Avanzadas, que hasta la fecha está impartiendo como ayudante del Arq. Simón Bali Babani, en esta Facultad. Solicitando también apoyar a este alumno en los gastos que se generen por hospedaje, equivalentes a 5 noches en habitación sencilla con un costo de \$1,250.00 por las cinco noches de estancia en base a la duración de este curso.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a esta .

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, D.F., a 17 de marzo de 1999.

Dr. Álvaro Sánchez-González.
Asesor de Tesis
Taller "E" Arq. Jorge González Reyna

Arq. Simón Bali Babani
Asesor externo de tesis y profesor de
la materia de Tecnologías Ambientales
Avanzadas.

México D., F., 14 de abril de 1999

At'n: Carlos E. Romo Zamudio.

(Asesor de Energía Solar Pasiva
Tesisista en el taller "E" de la Facultad de Arquitectura, UNAM.)

Presente:

Por medio de esta misiva hago de su conocimiento esta petición en la que solicito se me haga llegar por escrito (y gráficos en donde lo requiera) la memoria del cálculo, las características necesarias de los elementos técnicos a necesitar, observaciones de los requerimientos, así como la cotización de los siguientes aspectos:

- La superficie requerida de paneles solares para el calentamiento de agua para usos domésticos.
- Los elementos técnicos necesarios para la instalación de calefacción con sistema solar pasivo.
- Instalación de fotoceldas con función a partir de la energía solar.

Sin más por el momento aprovecho para enviarle cordiales saludos esperando su respuesta a esta solicitud.

México D., F., a 14 de abril de 1999

Atentamente:



Jonadab Garcia Landeros
Tesisista en el taller "E" de la
Facultad de Arquitectura, UNAM.



CARLOS ROMO, ARQ.

Asesoría y diseño arquitectónico solar.

Tel. y fax: 01 (5) 673 56 34

DATOS QUE DEBEN SER PROPORCIONADOS PARA LA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO DE EQUIPOS DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR:

Datos generales:

Nombre del proyecto.

Ubicación.

Area metropolitana D.F. Foránea Indicar coordenadas geográficas.

Superficie total construida

Area de azoteas

superficie por unidad tipo.

Para procesos térmicos:

Calentamiento de agua:

Demanda de agua caliente en litros/día.

Temperatura inicial del agua. (tomada de la red municipal/delegacional)

Temperatura final requerida en base a las necesidades del proyecto.

Calefacción:

Demanda de calefacción en cal/m²/día.

Para procesos fotovoltaicos:

Iluminación: Tiempo de duración del alumbrado nocturno.

Fuerza: Energía eléctrica consumida total (watts).

Otros procesos y aplicaciones:

Desalinización y destilación de agua (Purificación).

Invernaderos. Producción y/o secado de alimentos.

Albercas.

Procesos industriales. Generación de vapor.

Refrigeración solar.

Medios pasivos y diseño bioclimático. Cargas térmicas.

Generación de electricidad para proyectos de urbanización.

- Especificar el proceso al cual está enfocado el proyecto.

Nota:

Conjuntamente con las recomendaciones dadas a los datos proporcionados, se darán los materiales y/o equipos a utilizar para el aprovechamiento óptimo de la energía solar, aunado a esto se les hará entrega de los costos del proyecto, la amortización de la inversión y los honorarios por concepto de asesoría y supervisión en el diseño y construcción del sistema.

Deberán anexar plantas, cortes y fachadas arquitectónicas del proyecto en cuestión para otorgar una propuesta de ubicación de los equipos y de integración arquitectónica.

DATOS EXPERIMENTALES: DIA 20 ABRIL 1998.

HORA	T col in 1 [C]	T col in 2 [C]	T col out 1 [C]	T col out 2 [C]	T s [C]	Ta [C]	RADIACIÓN GLOBAL. [W/m2]
SOLAR							
11:45:39	42.4	31.7	43.5	37.5	35.3	32.6	897
11:46:39	48.0	17.8	40.8	46.2	34.1	33.5	937
11:47:39	25.2	40.9	38.9	45.6	37.3	34.2	928
11:48:39	18.5	32.3	43.0	42.0	31.7	34.3	984
11:49:39	21.1	39.3	37.9	45.1	29.6	35.4	1005
11:50:39	35.1	39.0	39.2	47.5	29.4	35.4	1060
11:51:39	17.8	28.2	44.7	44.5	25.0	34.9	1019
11:52:39	39.5	35.6	39.1	38.3	34.7	34.8	1045
11:53:39	39.0	40.4	41.0	37.6	29.2	33.3	853
11:54:39	31.4	30.7	38.0	40.9	31.8	33.0	600
11:55:39	34.4	27.6	42.1	35.3	27.6	32.6	759
11:56:39	28.9	41.3	35.9	43.1	27.9	33.3	1021
11:57:39	31.9	38.5	36.4	41.7	33.3	34.6	1039
11:58:39	32.5	25.5	41.1	39.9	30.0	35.5	1081
11:59:39	27.2	30.3	41.1	40.7	28.7	35.0	1061
12:00:39	28.7	34.7	42.7	38.3	27.0	35.2	998
12:01:39	26.1	45.1	35.5	40.2	30.6	35.2	1042
12:02:39	29.8	35.0	38.9	35.9	29.9	37.0	1031
12:03:39	39.1	29.5	39.0	46.2	28.5	36.5	1031
12:04:39	18.9	40.3	41.3	40.8	28.3	36.8	950
12:05:39	33.8	31.8	40.6	41.9	30.5	37.0	946
12:06:39	23.4	34.6	44.0	40.7	25.1	35.7	1001
12:07:39	22.0	41.5	41.0	41.7	31.1	36.6	1061
12:08:39	28.8	28.9	49.1	49.7	27.7	37.4	1059
12:09:39	27.0	26.7	55.4	51.4	31.5	37.6	1058
12:10:39	28.6	28.9	51.1	47.9	30.9	38.6	1064
12:11:39	18.5	39.2	56.5	53.2	29.4	38.6	1065
12:12:39	37.8	36.2	66.4	57.0	29.1	38.6	1046
12:13:39	32.1	37.5	69.9	62.4	30.3	38.7	1047
12:14:39	55.9	42.9	73.0	55.6	33.8	37.9	1040
12:15:39	37.1	43.2	75.7	64.2	28.0	37.2	1030

VALORES PROMEDIO:

DE LAS HORAS 11:45 A 12:00.
31.4 33.4 40.3 41.5 30.8 34.2

DE LAS HORAS 12:00. A 12:15.
30.48 36.00 51.26 47.94 29.48 37.17

Simbología:

T col in 1 :temperatura colector 1 a la entrada

T col in 2

T col out 1 :temperatura colector 1 a la salida

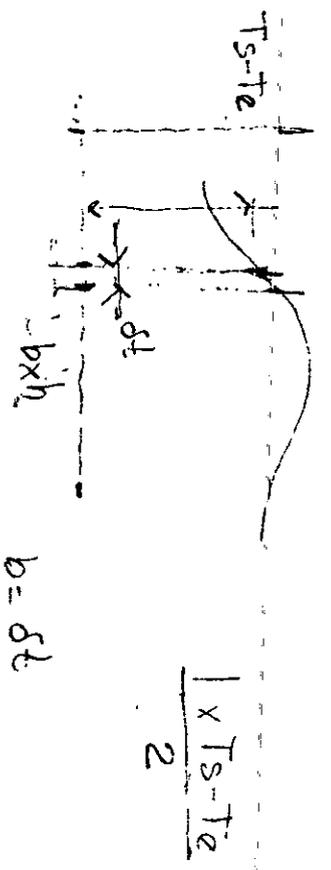
T col out 2

T s :temperatura del tanque

Ta :temperatura ambiente.

21 AU I = 6585	21 AU 24.6749167	21 PU I = 7411.5	21 PU I = 63.0390233	21 PU I = 115.880083
20 (ts-te)/2 55.469666	20 AU 64.93433	① ② 160.128833	① ② 160.128833	① ② 94.3468333
20 AU I = 7643.5	20 AU I = 7643.5	20 PU I = 7735.5	20 PU I = 7735.5	20 PU I = 7735.5

$$\eta = m c p \int_{11:45}^{12:00} (T_s - T_e) dt$$



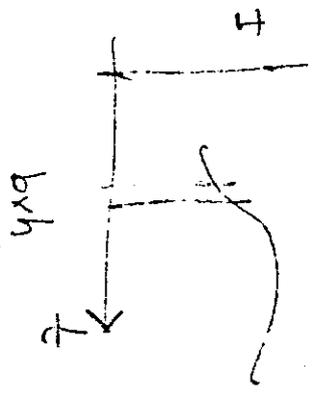
$$b = \delta t$$

$$h = T_s - T_e$$

$$H = 0.622 (p_v / p - p_v)$$

$$\delta t (\Delta (T_s - T_e) \delta t)$$

$$\int_{11:45}^{12} I \delta t$$



DATOS EXPERIMENTALES: 21 ABRIL 88

HORA SOLAR	T col in 1 [C]	T col in 2 [C]	T col out 1 [C]	T col out 2 [C]	Ts [C]	Ta [C]	RADIACIÓN GLOBAL [W/m2]
11:45:33	31.1	27.5	26.2	30.8	38.6	28.5	410
11:46:33	20.4	30.6	30.2	29.6	43.3	28.5	474
11:47:33	23.8	32.2	26.4	30.7	38.4	28.3	466
11:48:33	24.4	28.1	23.9	29.2	43.3	27.9	493
11:49:33	30.6	23.0	29.2	29.8	44.1	28.2	571
11:50:33	20.7	28.9	30.9	29.3	44.9	28.5	653
11:51:33	27.9	26.4	31.7	29.6	38.6	28.8	855
11:52:33	31.6	24.7	31.3	32.4	36.2	29.5	1004
11:53:33	24.1	29.8	31.3	32.7	40.3	29.6	1060
11:54:33	24.3	29.5	32.0	32.6	40.8	32.2	1073
11:55:33	29.9	24.6	34.4	31.3	39.7	30.9	1055
11:56:33	26.2	23.1	33.1	32.2	45.1	31.5	1031
11:57:33	29.3	25.2	31.7	32.1	42.4	31.0	1026
11:58:33	29.4	24.5	32.6	32.2	42.9	32.1	1016
11:59:33	21.3	38.1	28.8	31.6	45.2	32.7	991
12:00:33	20.6	32.9	30.7	32.9	44.0	31.6	982
12:01:33	29.9	25.4	33.1	31.3	41.8	31.6	960
12:02:33	21.4	28.9	36.6	36.8	48.8	32.4	985
12:03:33	27.4	25.8	37.4	36.0	52.2	31.1	972
12:04:33	25.3	27.0	41.3	42.2	50.4	30.6	986
12:05:33	27.0	31.4	44.5	44.1	47.5	32.3	969
12:06:33	33.2	23.0	44.7	45.7	47.5	32.9	985
12:07:33	29.2	29.0	46.4	48.4	47.2	33.3	997
12:08:33	29.7	27.6	46.9	48.8	45.3	32.9	999
12:09:33	31.1	30.9	26.3	29.0	44.6	32.9	991
12:10:33	29.4	37.7	28.2	28.1	43.8	33.1	995
12:11:33	30.6	37.4	28.9	30.2	44.9	33.1	999
12:12:33	32.8	35.4	36.8	39.7	45.2	33.0	990
12:13:33	35.4	35.4	37.3	36.3	45.3	32.3	992
12:14:33	36.3	31.9	36.5	38.6	43.2	33.0	991
12:15:33	33.5	28.7	36.7	37.0	43.1	33.6	964

VALORES PROMEDIO:

DE LAS 11:45 A 12:00

26.0

26.1

31.7

31.2

44.7

29.9

823.0

DE LAS 12:00 A 12:15.

29.5

30.6

37.8

37.3

48.9

32.5

987.9

Simbología: T col in 1 :temperatura colector 1 a la entrada.

T col in 2

T col out 1 :temperatura colector 1 a la salida.

T col out 2

Ts :temperatura del tanque

Ta :temperatura ambiente.

EJEMPLO DEL MANEJO DE INFORMACION
DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA PUNTUAL
REALIZADA CON UN PIRHELIOMETRO.

DAOS QUE SE REQUIEREN:

$$V_{PIR} = 20.1 \mu V / W m^{-2}$$

$$LECTURA
ABIERTO = 15 mV$$

$$TEMPERATURA = 28^{\circ}C$$

$$HORA DE OBSERVACION = 11:30 HRS$$

CONTINUACION SE APLICA LA FORMULA PARA CALCULAR LA
RADIACION NORMAL DE LA RADIACION.

$$I = \frac{L}{K_{PIR} [1 - 0.002 (T - 20)]}$$

SUSTITUYENDO VALORES TENEMOS:

$$I = \frac{15 \times 10^{-3} V}{20.1 \mu V / W m^{-2} [1 - 0.002 (28 - 20)]}$$

$$I = \frac{15 \times 10^{-3} V}{20.1 [1 - 0.002 (8)]} = \frac{15 \times 10^{-3}}{20.1 [1 - 0.016]}$$

$$I = \frac{15 \times 10^{-3} V}{20.1 \mu V / W m^{-2} [0.984]}$$

$$I = \frac{15 \times 10^{-3} \text{ V}}{19.77 \times 10^{-6} \text{ V/W m}^{-2}}$$

$$I = 0.75872 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$$

$$I = 758.72 \text{ W/m}^2$$

1. ADDICION DIRECTA A LA RECEPCION SIGUIENTE:
 $P_D = I \cos Z_0$

PARA CALCULAR Z_0 Y $\cos Z_0$ REQUERIMOS LOS SIGUIENTES:

$$\varphi = \text{LATITUD} = 18^\circ$$

$$\delta = \text{DECLINACION} = 14^\circ$$

SOLAR

$$\lambda = \text{LONGITUD} = 99^\circ 20'$$

$$\lambda_0 = \text{LONGITUD DE REFERENCIA} = 90^\circ$$

MEMORIAS DE REFERENCIA

LOS RESTOS DATOS CALCULADOS SON DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$\cos Z_0 = \sin \varphi \cos \delta + \cos \varphi \cos \lambda \cos \left[\frac{2\pi (t-12)}{24} \right]$$

PARA EL TIEMPO SOLAR VERIFICADO O HORAS SOLARES AL MOMENTO DE LA OBSERVACION.

$$t = \text{TSV} = \text{M.L.} + \left[\frac{\lambda_0 - \lambda}{15} \right] + \text{E.T.}$$

1) HAY QUE HACER LOS CALCULOS NECESARIOS PARA CONOCER ESTO Y LA POSIBLE SUSTITUIR EN LA ECUACION PARA COS Z_0 TIEMPO

$$t = 11 \text{ hrs} \text{ solar} + \frac{90 - 99.333}{15} + \text{E.T.}$$

LA ECUACION DEL TIEMPO DEFINIDA COMO E.T. VALE = 2.5 min

$$\begin{aligned}
 t.s.v. &= 11 \text{ hrs } 30 \text{ min} - \frac{9.33}{15} + 2.5 \text{ min} \\
 &= 11 \text{ hrs } 30 \text{ min} - 0.622 \text{ hr} + 2.5 \text{ min} \\
 &= 11 \text{ hrs } 30 \text{ min} - 37.32 \text{ min} + 2.5 \text{ min} \\
 &= 10 \text{ hrs } 90 \text{ min} - 34.82 \text{ min} \\
 &= 10 \text{ hrs } 55.18 \text{ min}
 \end{aligned}$$

$$t.s.v. = 10.919 \text{ hrs}$$

$$\Rightarrow (L-12) = 10.919 - 12$$

$$= -1.081$$

SUSTITUYENDO ESTE VALOR TENEMOS:

$$\cos Z_0 = \sin(18) \sin(19) + \cos(18) \cos(19) \cos \left[\frac{360(-1.081)}{24} \right]$$

$$\cos Z_0 = (0.3090)(0.2419) + (0.9510)(0.9702) \cos(-16.215)$$

$$= 0.0747 + (0.9226)(0.9602)$$

$$= 0.0747 + 0.8858$$

$$\cos Z_0 = 0.9605$$

SUSTITUYENDO ESTE VALOR PARA ENCONTRAR EL VALOR DE LA RADIAACION SOLAR DIRECTA EN EL PLANO HORIZONTAL TEMPLES.

$$P_D = I \cos Z_0$$

$$P_D = (758.72)(0.9605)$$

$$P_D = 728.75 \text{ W m}^{-2}$$

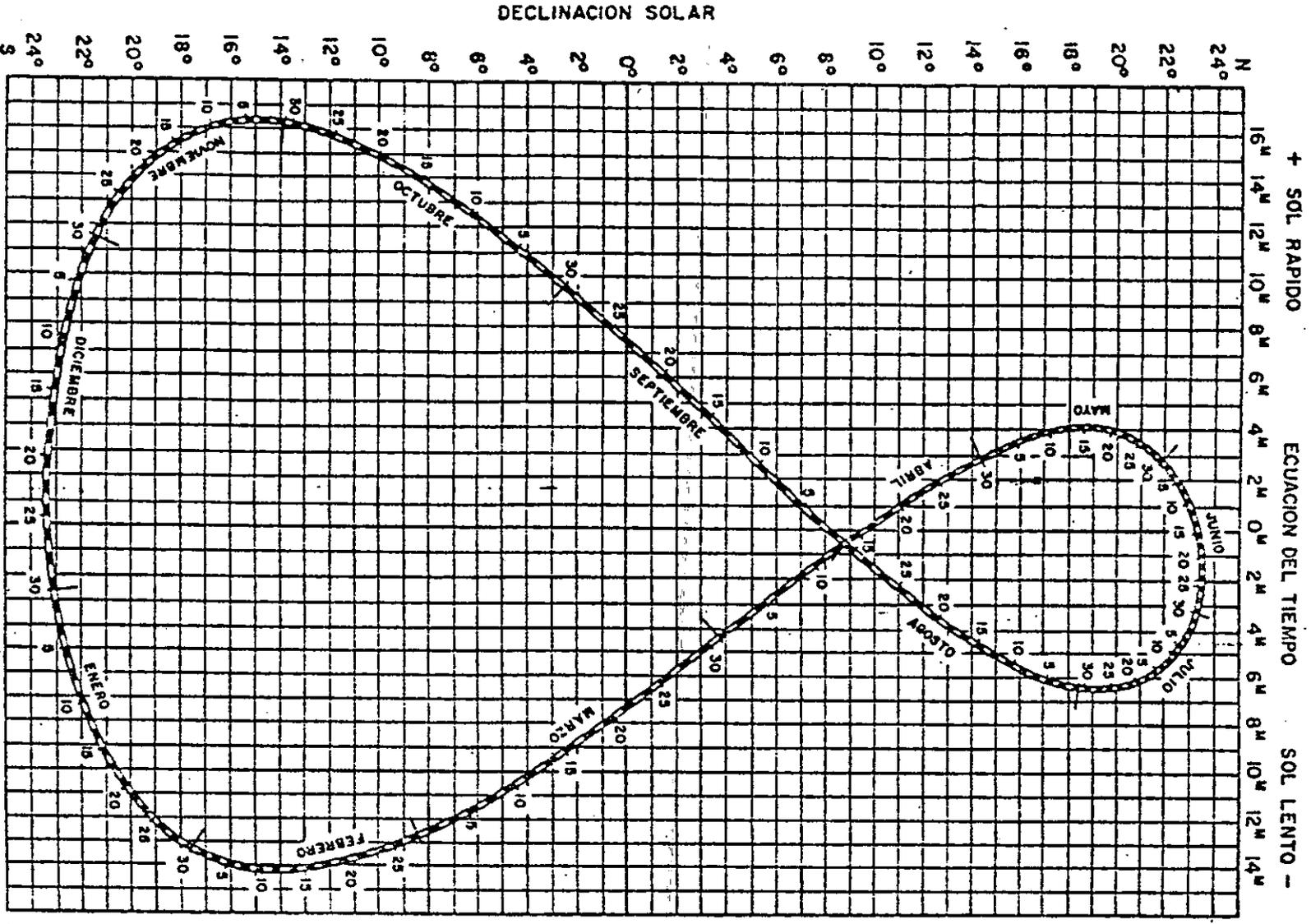
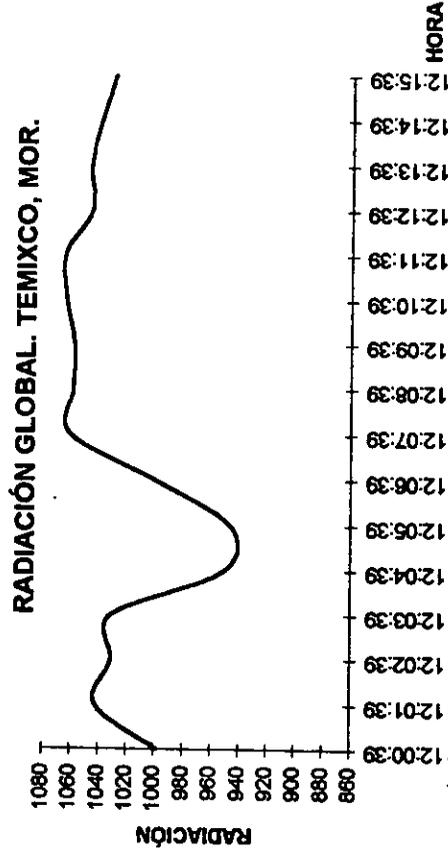


FIG. 4

hc

HORA SOLAR RADIACIÓN GLOBAL (W/m²)

12:00:39 998
 12:01:39 1042
 12:02:39 1031
 12:03:39 1031
 12:04:39 950
 12:05:39 946
 12:06:39 1001
 12:07:39 1061
 12:08:39 1059
 12:09:39 1058
 12:10:39 1064
 12:11:39 1065
 12:12:39 1046
 12:13:39 1047
 12:14:39 1040
 12:15:39 1030



$$\int_{12:00:39}^{12:15:39} f(x) dx \approx \frac{b - a}{2n} \left[f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 2f(x_{n-1}) + f(x_n) \right]$$

b = 0:00:00
 a = 12:00:39
 n = 15

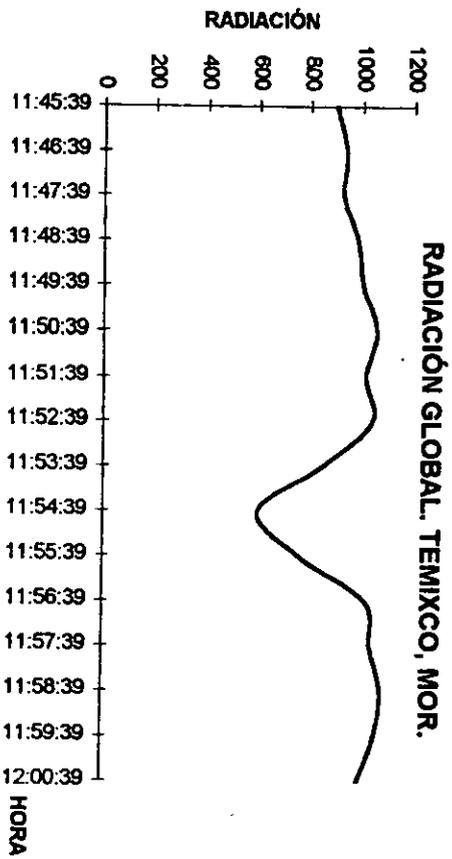
$$\approx \frac{15}{30} \approx 0.50 \quad \left[30910 \right]$$

15455 Whr/m² (en 14 minutos)

1103.93 en 1 minuto
 66235.71 en 1 hora
 397414.29 en 6 horas

$f(x_0) =$	998	$2f(x_8) =$	2118
$2f(x_1) =$	2084	$2f(x_9) =$	2116
$2f(x_2) =$	2062	$2f(x_{10}) =$	2128
$2f(x_3) =$	2062	$2f(x_{11}) =$	2130
$2f(x_4) =$	1900	$2f(x_{12}) =$	2092
$2f(x_5) =$	1892	$2f(x_{13}) =$	2094
$2f(x_6) =$	2002	$2f(x_{14}) =$	2080
$2f(x_7) =$	2122	$f(x_{15}) =$	1030
		Suma =	30910

HORA SOLAR	RADIACIÓN GLOBAL (W/m ²)
11:45:39	897
11:46:39	937
11:47:39	928
11:48:39	984
11:49:39	1005
11:50:39	1060
11:51:39	1019
11:52:39	1045
11:53:39	853
11:54:39	600
11:55:39	759
11:56:39	1021
11:57:39	1039
11:58:39	1081
11:59:39	1061
12:00:39	998



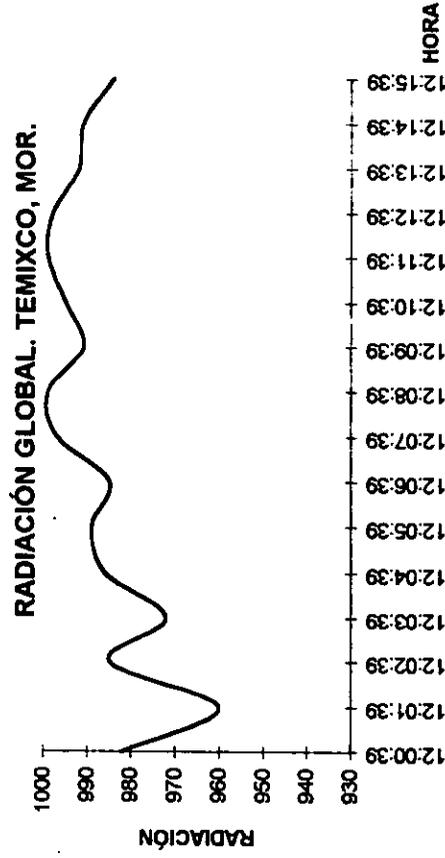
$$\int_{12:00:39}^{12:15:39} f(x) dx \approx \frac{b-a}{2n} [f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 2f(x_{n-1}) + f(x_n)]$$

b = 0:00:00
a = 11:45:39
n = 15

$$\approx \frac{15}{30} \approx 0.50 \quad [28679]$$

$f(x_0) =$	897	$2f(x_8) =$	1706	(en 14 minutos)
$2f(x_1) =$	1874	$2f(x_9) =$	1200	1024.25 en 1 minuto
$2f(x_2) =$	1856	$2f(x_{10}) =$	1518	61455.00 en 1 hora
$2f(x_3) =$	1968	$2f(x_{11}) =$	2042	368730.00 en 6 horas
$2f(x_4) =$	2010	$2f(x_{12}) =$	2076	
$2f(x_5) =$	2120	$2f(x_{13}) =$	2162	
$2f(x_6) =$	2038	$2f(x_{14}) =$	2122	
$2f(x_7) =$	2090	$f(x_{15}) =$	998	
		Suma =	28679	

HORA SOLAR	RADIACIÓN GLOBAL (W/m ²)
12:00:39	982
12:01:39	960
12:02:39	985
12:03:39	972
12:04:39	986
12:05:39	989
12:06:39	985
12:07:39	997
12:08:39	999
12:09:39	991
12:10:39	995
12:11:39	999
12:12:39	998
12:13:39	992
12:14:39	991
12:15:39	984



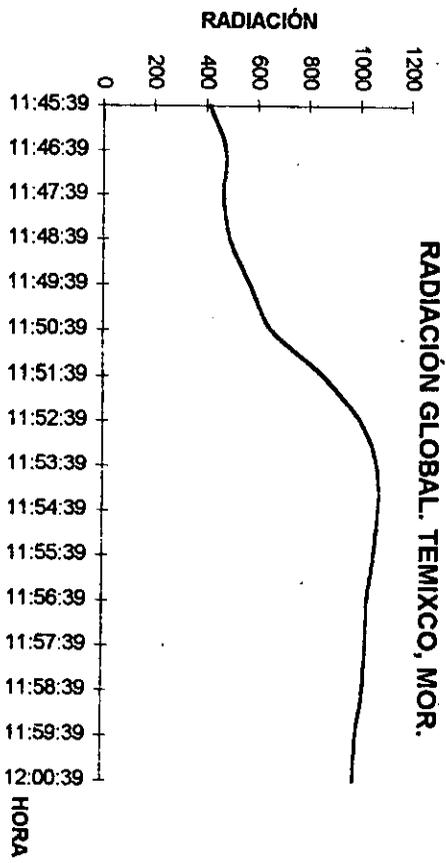
$$\int_{12:00:39}^{12:15:39} f(x) dx \approx \frac{b - a}{2n} \left[f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 2f(x_{n-1}) + f(x_n) \right]$$

$b = 0:00:00$
 $a = 12:00:39$
 $n = 15$

$$\approx \frac{15}{30} \approx 0.50 \quad \left[29644 \right]$$

	Whr/m ²	(en 14 minutos)
$f(x_0) =$	982	1058.71 en 1 minuto
$2f(x_1) =$	1920	63522.86 en 1 hora
$2f(x_2) =$	1970	381137.14 en 6 horas
$2f(x_3) =$	1944	
$2f(x_4) =$	1972	
$2f(x_5) =$	1978	
$2f(x_6) =$	1970	
$2f(x_7) =$	1994	
$2f(x_8) =$	1998	
$2f(x_9) =$	1982	
$2f(x_{10}) =$	1990	
$2f(x_{11}) =$	1998	
$2f(x_{12}) =$	1996	
$2f(x_{13}) =$	1984	
$2f(x_{14}) =$	1982	
$f(x_{15}) =$	984	
Suma =	29644	

HORA SOLAR	RADIACIÓN GLOBAL (W/m ²)
11:45:39	410
11:46:39	474
11:47:39	466
11:48:39	493
11:49:39	571
11:50:39	653
11:51:39	855
11:52:39	1004
11:53:39	1068
11:54:39	1073
11:55:39	1055
11:56:39	1031
11:57:39	1026
11:58:39	1016
11:59:39	991
12:00:39	982



$$\int_{12:00:39}^{12:15:39} f(x) dx \approx \frac{b-a}{2n} \left[f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 2f(x_{n-1}) + f(x_n) \right]$$

b = 0:00:00
a = 11:45:39
n = 15

$$\approx \frac{15}{30} \approx 0.50 \quad \left[24944 \right]$$

$f(x_0) =$	410	$2f(x_8) =$	2136	890.86	en 1 minuto
$2f(x_1) =$	948	$2f(x_9) =$	2146	53451.43	en 1 hora
$2f(x_2) =$	932	$2f(x_{10}) =$	2110	320708.57	en 6 horas
$2f(x_3) =$	986	$2f(x_{11}) =$	2062		
$2f(x_4) =$	1142	$2f(x_{12}) =$	2052		
$2f(x_5) =$	1306	$2f(x_{13}) =$	2032		
$2f(x_6) =$	1710	$2f(x_{14}) =$	1982		
$2f(x_7) =$	2008	$f(x_{15}) =$	982		
		Suma =	24944		



CARLOS ROMO ARQ.

Asesoría y diseño arquitectónico solar

México D.F. a 7 de mayo de 1999.

C. JONADAB GARCÍA LANDEROS.
Responsable del proyecto de vivienda
Centro Histórico de la Ciudad de México.

Por medio de este conducto y en respuesta a su solicitud me permito enviarle la memoria de cálculo de los colectores solares requeridos para el calentamiento de agua y la calefacción, así como una estimación del costo de las fotoceldas eléctricas en base a los requerimientos que me hizo el favor de facilitarme para la realización del cálculo.

Adjunto a ésta encontrará usted las especificaciones técnicas de los colectores solares que servirán para el calentamiento del agua para su consideración en el proyecto y su instalación en la obra, además le hago de su conocimiento la lista de materiales necesarios para la ejecución de los colectores planos requeridos para la calefacción y también la información solicitada sobre las fotoceldas solares para la generación de electricidad.

Cálculo de colectores para agua caliente.

Datos:

Área de colectores	A.- ?
Demanda de agua caliente	Q.- 8,100 litros/día = 8,100,000 gr.
Temperatura inicial	t_i - 15 °C
Temperatura final (requerida)	t_f - 50 °C
Diferencial de temperatura	Δt - 35 °C
Radiación solar Cd. De México	I_s - 4,300,000 cal/m ² /día
Eficiencia del colector	e.- 75%

Entonces:

$$A = \frac{Q * \Delta t}{I_s * e} = \frac{(8,100,000 \text{ gr.})(35^\circ\text{C})}{(4,300,000 \text{ cal/m}^2/\text{día})(0.35)} = \frac{(283,500,000 \text{ cal.})}{(3,225,000 \text{ cal/m}^2/\text{día})} = 87.91 \text{ m}^2$$

Los 87.91 m² se refieren a la superficie absorbente de colectores solares. Cada colector tiene una superficie absorbente de 1.90 m², así que tenemos entonces que instalar 47 colectores con unas dimensiones totales de 2.11 m² cada uno y que representan una superficie neta en la azotea de 99.17 m². Considérese que esta superficie debe estar en verdadera forma y magnitud debido a que el equipo debe tener una inclinación de 19° y con una orientación óptima hacia el sur. Para efectos de cálculo estructural cada colector tiene un peso de 40 kg. sin tomar en cuenta la estructura de soporte que depende del propio diseño y que puede ser concreto o acero.

Se requerirá de un tanque termo de almacenamiento de 10,000 litros y se recomienda aislarlo con lana mineral al igual que todo el tendido de la tubería desde y hacia los colectores, independientemente de su ubicación.

Como una condicionante del diseño, el tanque termo se ubica en la azotea por lo que el sistema puede funcionar por termosifón. Por lo que el tanque deberá estar a una altura mínima de 0.60 cm. del cabezal superior del colector. (Recomendable 1.00 m)



Cálculo de colectores para calefacción,

Datos:

Área de colectores $A = ?$
Superficie total construida: $= 2,105.76 \text{ m}^2$

Superficie construida por vivienda:

Vivienda bloque 1:

$$90.32 \text{ m}^2$$

Vivienda bloque 2:

$$130.32 \text{ m}^2$$

Radiación solar Ciudad de México:

$$I_s = 4,300,000 \text{ cal/m}^2/\text{día}$$

Eficiencia de los colectores

$$e = 50\% \text{ (hechizos)}$$

Demanda de calefacción

$$Q = 200,000 \text{ cal/m}^2 \times 2,105.76 \text{ m}^2 = 421,115,200 \text{ calorías totales.}$$

Vivienda bloque 1

$$= 200,000 \text{ cal/m}^2 \times 90.32 \text{ m}^2 = 18,064,000 \text{ calorías}$$

Vivienda bloque 2

$$= 200,000 \text{ cal/m}^2 \times 130.32 \text{ m}^2 = 26,064,000 \text{ calorías.}$$

Entonces tenemos:

$$A = \frac{Q}{I_s * e} = \frac{421,115,200 \text{ cal}}{(4,300,000 \text{ cal/m}^2/\text{día})(0.50)} = \frac{(421,115,200 \text{ cal})}{(2,150,000 \text{ cal/m}^2/\text{día})} = 195.87 \text{ m}^2$$

Para el almacenamiento de calor por vivienda:

Cada m^3 de piedras (tipo piedra bola de río) almacena 2,000,000 cal. Entonces:

$$\text{Vivienda bloque 1} = 18,064,000 \text{ cal.} \div 2,000,000 \text{ cal} = 9.03 \text{ m}^3 \text{ de piedra.}$$

$$\text{Vivienda bloque 2} = 26,064,000 \text{ cal.} \div 2,000,000 \text{ cal} = 13.03 \text{ m}^3 \text{ de piedra.}$$

Almacenando con agua caliente: 1 m^3 de agua a 50°C tiene 1,000,000 gramos $\times 50^\circ\text{C} = 50,000,000$ calorías almacenadas, entonces:

$$\text{Vivienda bloque 1} = 18,064,000 \text{ cal.} \div 50,000,000 \text{ cal} = 0.36 \text{ m}^3 \text{ de agua.}$$

$$\text{Vivienda bloque 2} = 26,064,000 \text{ cal.} \div 50,000,000 \text{ cal} = 0.52 \text{ m}^3 \text{ de agua.}$$

Para generación de electricidad:

Una estimación genérica para el empleo de las fotoceldas solares considerando que el costo está en 4 dólares el watt, entonces y en base a la carga total estimada de 77,800 dólares por \$4.00 USD = \$311,200 USD que al tipo de cambio (fecha del 4 de mayo de 1999) en el que el dólar está a \$9.35 M.N. el costo del equipo será entonces de \$2,909,720. $^{\circ\circ}$ M.N.

Pero al hacer un estudio mas detallado tenemos los siguientes datos

P = Potencia de los módulos de silicio monocristalino 75 watts.

E_{CT} = Energía consumida total: $77,800 \text{ watts.}$

E_g = Horas pico: $6 \text{ horas de radiación solar directa.}$

Entonces :

$$N_p = \frac{E_{CT}}{E_g * P} = \frac{77,800 \text{ W-hr}}{(6 \text{ hr.})(75 \text{ W})} \approx 173 \text{ módulos en total.}$$



CARLOS ROMO, ARQ

Asesoría y diseño arquitectónico solar

Pero si independizamos los sistemas por cada vivienda (esto no implica que no puedan estar todos los módulos reunidos en un sólo sitio), tenemos:

Para la vivienda del bloque 1 de 90 m²:

$$N_p = \frac{E_{CT}}{E_g * P} = \frac{2,635 \text{ W-hr.}}{(6 \text{ hr.})(75 \text{ W})} \approx 6 \text{ módulos.}$$

Y para la vivienda del bloque 2 de 130 m²:

$$N_p = \frac{E_{CT}}{E_g * P} = \frac{3,485 \text{ W-hr.}}{(6 \text{ hr.})(75 \text{ W})} \approx 8 \text{ módulos.}$$

Determinando el área que ocuparían las celdas fotovoltaicas:

Bloque 1 = (6 módulos/vivienda)(6 viviendas) = 36 módulos.

Bloque 2 = (8 módulos/vivienda)(12 viviendas) = 96 módulos.

Total = 132 módulos.

Cada módulo tiene unas dimensiones de 1.22 x 0.538 x 0.036 m y abarca una superficie de 0.66 m². Así que:

Area = (132 módulos)(0.66 m²) = 86.64 metros cuadrados de módulos fotovoltaicos (que al igual que los colectores, estos deberán estar inclinados 19° con respecto al nivel de piso terminado y ser orientados preferentemente hacia el sur)

Presupuesto:

Para agua caliente

Cada colector de 1.90 m² cuesta \$237.00 USD y al tipo de cambio de \$9.35 M.N.

Entonces el metro cuadrado de colector está en:

Tanque termo de 10,000 litros:

Válvula anticongelante \$80.00 USD.

\$ 2,215.95 M.N.
\$ 1,166.29 M.N.
\$171,552.00 M.N.
\$ 748.00 M.N.

Entonces:

Por concepto de colectores: 87.91 m² x \$1,166.29 M.N.

Tanque termo de almacenamiento de 10,000 litros.

Instalación de plomería que representa un 25% del costo de los colectores:

Válvula anticongelante.

\$102,528.55 M.N.
\$171,552.00 M.N.
\$ 25,632.14 M.N.
\$ 748.00 M.N.

Subtotal 1 = \$300,460.69 M.N.

Para calefacción

*Son 195.87 m² de colectores hechos en obra a base de cajas de aluminio y lámina de acero pintada con pintura negra, como superficie selectiva, de alta temperatura marca 3M, vidrio templado de 6 mm. de espesor y sellos de caucho o neopreno negro a \$744.19 por metro cuadrado

*Termostato con sensor

\$145,764.50 M.N.
\$ 607.75 M.N.

Subtotal 2 =

\$146,372.25 M.N.

Agua caliente y calefacción suman

\$446,832.94 M.N.



CARLOS ROMO ARA
Asesoría y diseño arquitectónico solar

Para generación de electricidad:

132 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino a \$6,888.00 M.N. cada uno = \$ 909,216.00 M.N.

Aparte cada vivienda requiere de un controlador - medidor, un inversor - cargador, soportes de aluminio, centro de carga precableado, juego de accesorios para la conexión de los módulos y las baterías y cuatro baterías de almacenamiento; esto representa un costo adicional a los módulos de: \$ 15,292.00 / vivienda
Multiplicando este costo por las 18 viviendas del conjunto tenemos: \$ 275,256.00 M.N.

Subtotal 3 \$1,184,521.00 M.N.

En total obtenemos, por calentamiento de agua, calefacción y generación eléctrica = \$1,631,353.94 M.N.

Y considerando honorarios por asesoría en sistemas térmicos y fotovoltaicos solares de un 12 % sobre el costo que representan \$195,762.47 \$1,827,116.41 M.N.

Esperando que esta información le sea de gran utilidad, estoy a sus órdenes para cualquier aclaración

Atentamente

Arq. CARLOS E. ROMO ZAMUDIO
Asesoría y diseño arquitectónico solar.

Recibí original

(4 págs.), mas anexos.

07 mayo 99



CARLOS ROMO, ARQ.

Asesoría y diseño arquitectónico solar

México D.F. a 10 de mayo de 1999.

ING. RODOLFO MARTÍNEZ STREVEL
Tesorero de la Asociación Nacional de
Energía Solar.

Por medio de la presente le envío el fax con la ficha de depósito de \$600.00 para formar parte como socio de la Asociación Nacional de Energía Solar de México y los datos necesarios para recibir la revista y el boletín solar así como información sobre avances, conferencias y demás actividades sobre el tema, como la Semana Nacional de Energía Solar que se realizará en Morelia, Michoacán del 27 de septiembre al 1 de octubre de 1999.

Nombre: Arq. Carlos Eduardo Romo Zamudio.

Dirección: Av. Tlahuac 1577 Condominio 7 Casa 49 Col. Mirasoles. Delegación Iztapalapa. C.P. 09900.
México D.F.

Teléfonos: 01 (5) 840 67 59 (Domicilio)

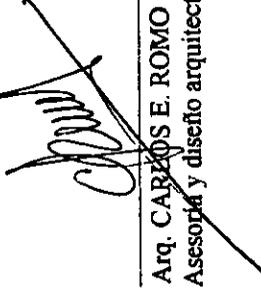
01 (5) 673 56 34 (Oficina)

044 381 09 77 (Celular)

E-mail: carlostr@distancia.dgsca.unam.mx.

Sin mas por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente



Arq. CARLOS E. ROMO ZAMUDIO
Asesoría y diseño arquitectónico solar.



CARLOS ROMO, ARA
Asesoría y diseño arquitectónico solar

COMPROBANTE UNIVERSAL SUCURSALES

FOLIO **60965382**

SUCURSAL: MEXICO 09:20 D.F. 1005 17 10/05/1999

DEPOSITO CUENTA CHEQUES FIRME MULTITRAN - CUENTA UNICA
MONEDA NACIONAL REFERENCIA
PZA CIA: MEX 0101 0000000000
NOMBRE DEL CUENTA HABIENTE
TOTAL DE DOCUMENTOS DE INVERLAT
TOTAL DOC OTROS BANCOS
TOTAL EN EFECTIVO

NO. CUENTA 539197-0
ASOCIACION NA
100.00
100.00
1600.00
1600.00

TOTAL DEL DEPOSITO EN CASO DE DEDUCCION DEL O LOS DOCUMENTOS DE OTROS BANCOS SE CARGARA EL IMPORTE DEL O LOS MISMOS A SU CUENTA

1600.00



BANCO INVERLAT, S.A.

Loma Botani 202
Col. Lomas, 06820 México, D.F.
R.F.C. IN941202819

130,000.14

DEPOSITO EN CUENTA DE CHEQUES-MULTITRAN-CUENTA UNICA

▼ FECHA 10/05/99 ▼ NOMBRE DEL CUENTAHABIENTE ASOCIACION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR ▼ MONEDA NACIONAL ▼ CUENTA NUMERO 539197-0
DIA MES AÑO
▼ ESTA CUENTA SE ABRETA EN LA PLAZA CLAVE MAJAZ Y SUCURSALES

DOCUMENTOS INVERLAT	▼ IMPORTE	DOCUMENTOS OTROS BANCOS DE LA PLAZA	▼ IMPORTE	REFERENCIA
▼ CHEQUE NUMERO		▼ BANCO	▼ CHEQUE NUMERO	
1		1		
2		2		
3		3		
4		4		
5		5		
SUMA ► \$		SUMA ► \$		
		TOTAL SUMA DE CHEQUES ► \$		
		EFFECTIVO ► \$		
		TOTAL ► \$		

Este recibo será válido cuando esté cubierto por el sello y firma del color.
Los cheques se reciben sobre buen color.
Los depósitos que se reciben por los Cuentos Multitran se aboraron en la cuenta capotadora que se manio en la plaza receptora.



COPA-CUENTE

131,000.14

México D.F. a 24 de Mayo de 1999

At'n: Sr. Carlos Romo Zamudio.

Por medio de la presente solicito a usted la asesoría técnica para el diseño, cálculo, especificaciones, costo estimado y demás datos necesarios para la incorporación de celdas fotovoltaicas para generar energía para el proyecto: "Centro de cultura ecológica Xochimilco, México", para lo cual a continuación hacemos una breve descripción:

El Centro de Cultura Ecológica se ubica sobre la avenida Guadalupe Ramirez y es un edificio de apoyo a un conjunto de casas ecológicas cuyo desarrollo ejecutivo no es necesario en este momento, no así el de centro antes mencionado que se pretende funcione como detonador de toda una comunidad urbana para el siglo XXI. En un principio el edificio (de un solo nivel) albergará a cuatro talleres-laboratorios de ecotécnicas, y se destinará una gran área a la producción de materiales de construcción, principalmente (suelo-cemento), esta área en una segunda etapa, una vez construida la vivienda será un área de exhibición, oficinas del centro y un comedor naturalista.

En lo que respecta a la energía eléctrica hemos pensado que todos los exteriores se iluminen con lámparas autosuficientes, cada una con su propia célula, similares a las colocadas en el parque ecológico de Xochimilco. En cuanto a interiores hemos pensado en un sistema híbrido, es decir colocar un transformador auxiliar, claro que no sabemos qué es lo más conveniente. Si bien el centro no necesita iluminación durante el día, si necesita corriente eléctrica e iluminación en el área de talleres las 24 horas aunque el área de exhibición cierre temprano.

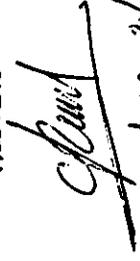
Para aclarar todos estos puntos anexamos la planta arquitectónica, el plano eléctrico con cuadros y diagramas realizados sin tomar en cuenta las fotocéldas, cortes y fachadas.

Sin más por el momento le envío un cordial saludo y agradezco de antemano la respuesta que sirva a dar a ésta solicitud.

Atentamente:


Mauricio Cortés Sierra

RECIBIDO


JUNIO 2/99



CENSOLAR

CENTRO DE ESTUDIOS
DE LA ENERGÍA SOLAR

Central: Avda. República Argentina, 1, 41011 Sevilla (España)
☎ 954 278 158 Fax: 954 280 014 Email: censolar@censolar.org

Delegación en Madrid: Costa Rica, 13, 4º A-2, 28016 Madrid (España)
☎ 913 506 216 Fax: 913 459 112 <http://www.censolar.org>

D. CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO
Av. Tlahuac 1577 Cond. 7 Casa 49
COL. MIRASOLES-IZTAPALAPA
09900 MÉXICO, D.F.
MÉXICO

Sevilla, 8 de junio de 1999

De nuestra mayor consideración:

Nos complace enviarle información completa y actualizada sobre nuestro Curso de PROYECTISTA-INSTALADOR DE ENERGÍA SOLAR.

Por sus favorables condiciones ambientales, España es, a nivel mundial, centro de investigación en energía solar, estando a la cabeza de Europa en número de sistemas fotovoltaicos instalados.

CENSOLAR es el primer Centro de la Unión Europea dedicado exclusivamente a la formación de técnicos en energía solar. Sus métodos de cálculo y recomendaciones se han convertido en estándares en el sector, habiendo desarrollado normas que han sido adoptadas por legislaciones de varios países.

Por todo ello, al estudiar las materias que forman el curso, estará Vd. recibiendo información directa de las fuentes originales, avalada por muchos años de experiencia en diseño, cálculo y montaje de instalaciones.

El sistema de enseñanza a distancia y adaptación progresiva que utilizamos se ajusta a las especiales características y circunstancias de cada persona, independientemente del lugar donde resida (atendemos a alumnos de más de treinta países), nivel de conocimientos y disponibilidad de tiempo.

En consideración a la atención personal que nuestra Jefatura de Estudios dedica a cada alumno, CENSOLAR limita el número de diplomados de cada promoción. Por esta razón, le rogamos que si es de su interés realizar este curso, nos remita a la mayor brevedad la solicitud de inscripción debidamente cumplimentada, para proceder a su registro y expedir el primer envío, que le permitirá comenzar de inmediato sus estudios.

Quedando a la espera de sus prontas noticias, aprovechamos la ocasión para enviarle nuestro más cordial saludo.

CENSOLAR
CENTRO DE ESTUDIOS DE LA
ENERGÍA SOLAR

M^º José Diáñez (DEPARTAMENTO DE INFORMACIÓN)

P.D. CENSOLAR destina el 0'7% de todos los ingresos que obtiene de sus alumnos a proyectos sin ánimo de lucro y apoyos diversos a países en desarrollo.



CARLOS ROMO ARQ.

Asesoría y diseño arquitectónico solar

Recibo original y anexos.

9-1111-99

Tel y fax (5) 673 56 34

C. MAURICIO CORTEZ SIERRA.
Proyecto de Cultura Ecológica, Xochimilco D.F.
Facultad de Arquitectura. UNAM.

México D.F. a 9 de junio de 1999.

Por medio de este conducto y en respuesta a su solicitud me permito enviarle la memoria de cálculo para las luminarias solares y módulos fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica de acuerdo con la carga demandada en función del diagrama unifilar, así como una estimación del costo de las fotoceldas eléctricas y de las luminarias.

Adjunto a ésta encontrará usted las especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos y de las luminarias solares para su consideración en el proyecto y su instalación en la obra del Centro de Cultura Ecológica,

Luminarias solares.

Datos:

Número de luminarias. 8 (según proyecto)
Duración. Toda la noche.
Radiación solar Cd. De México Is.- 4,300,000 cal/m²/día
Entonces:

Se requerirán luminarias de 225W con 3 módulos fotovoltaicos de 75 W, 3 baterías y lámpara de 36 watts de vapor de sodio de baja presión (V.S.B.P.) cada una con un costo de \$27,966.00 M.N. por ocho luminarias se tiene un total de:
\$223,728.00 M.N. + IVA.

En la generación de energía eléctrica para los talleres se tienen los siguientes...

Datos:

- Insolación de 5.04 kWh/m²/día, que es el promedio anual diario del país y considerando un máximo de diez días consecutivos totalmente nublados.
- Temperatura mínima y máxima esperada son de 6°C y 33°C respectivamente y una temperatura promedio diurna de 17.6 °C
- Las velocidades máxima y promedio de los vientos son 29.88 km/h y 6.768 km/h respectivamente y la dirección predominante es NO-SE
- De acuerdo al diagrama unifilar se requiere una carga de 26.060 kWh/día.
- La demanda de energía por hora demandada, en promedio es de 1.09 kW, aproximadamente. Entonces las cargas pico demandadas son: por hora, 4.34 kW, por minuto, 13.03 kW; y por segundo, 26.06 kW
- En base a que el consumo eléctrico es demasiado alto, es recomendable usar la mayoría del equipo en Corriente Alterna. Sin embargo, por tratarse de un sistema autónomo, suponiendo que todos los equipos se piden encontrar en corriente directa y considerando el ahorro en la compra de un inversor, se toma la decisión de tener un sistema que opere en corriente directa, así el voltaje de operación es de 120 V.
- La capacidad del banco de baterías será de 26.06 kWh y multiplicando por el número de días nublados consecutivos (10) = 260.6 kWh, esto implica un banco de baterías con una capacidad de 31,272 Amperes-hora, a un voltaje de 120 Volts DC.
- La pérdida de carga de las baterías de plomo-ácido son del 0.5%, en 24 horas. Por lo tanto se requiere de 0.1303 kWh/día más de energía para compensar dichas pérdidas.



CARLOS ROMO ARA

Asesoría y diseño arquitectónico solar

Tel y fax (5) 673 56 34

- La energía total requerida es igual a la necesaria para cubrir la demanda (26,06 kWh/día), más la requerida para cubrir las pérdidas del sistema de almacenamiento (0.1303 kWh/día): 26.1903 kWh/día. Al considerar una insolación de 5.04 kW/m²/día, entonces la potencia pico será del orden de 5.20 kWp.
- Tomando un margen de seguridad de 25%, entonces la potencia a instalar será de 6.5 kWp.
- Entonces el número de módulos será de:

Número de módulos = potencia pico instalada / potencia del módulo multiplicado por un factor de seguridad del 10%

$$N_{\text{mod}} = 1.1 \left[\frac{\text{Potencia pico}}{P_{\text{mod}}} \right] = 1.1 \times \left[\frac{(6,500 \text{ W})}{70\text{W}} \right] = 103 \text{ módulos de } 70 \text{ W.}$$

Cada módulo mide 1.22 x 0.538 m = 0.66 m² lo que significa un área en el proyecto de 67.61 m².

La selección del módulo se realizó en base a la superficie marcada en proyecto disponible para alojar los módulos fotovoltaicos, misma que tiene un área máxima de 80 m².

En cuanto a la instalación y funcionamiento, se menciona tan sólo que los módulos se deben de color dos en serie para obtener el voltaje de operación; se deben de instalar orientados hacia el sur y con una ángulo de inclinación, con respecto a la horizontal, igual a 19°.

Presupuesto

Para generación de electricidad:

103 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino a \$6,548.00 M.N. cada uno = \$ 674,444.00 M.N.

Aparte cada taller requiere de un controlador - medidor, un inversor - cargador, soportes de aluminio, centro de carga precableado, juego de accesorios para la conexión de los módulos y las baterías y cuatro baterías de almacenamiento; esto representa un costo adicional a los módulos de:

\$ 15,292.00 / taller
\$ 61,168.00 M.N.

Multiplicando este costo por los 4 talleres del conjunto tenemos:

Subtotal 2 \$ 735,612.00 M.N.

En total obtenemos, iluminación y generación eléctrica =

+15% IVA

\$ 959,340.00 M.N.
\$ 143,901.00 M.N.
\$1,103,241.00 M.N.

Y considerando honorarios por asesoría en sistemas fotovoltaicos solares de un 12 % sobre el costo que representan \$132,388.92 M.N.

\$1,235,629.92 M.N.

Esperando que esta información le sea de gran utilidad, estoy a sus órdenes para cualquier aclaración

Atentamente

Arq. CARLOS ROMO ZAMUDIO
Asesoría y diseño arquitectónico solar.

DIAGRAMA UNIFILAR

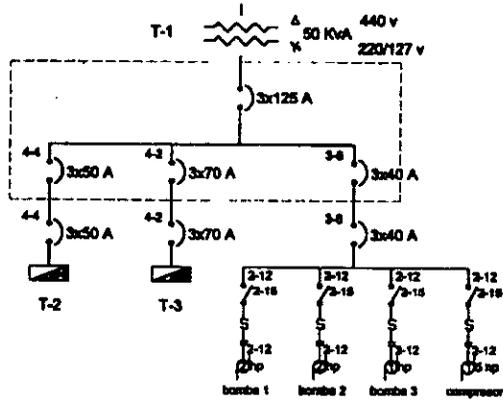
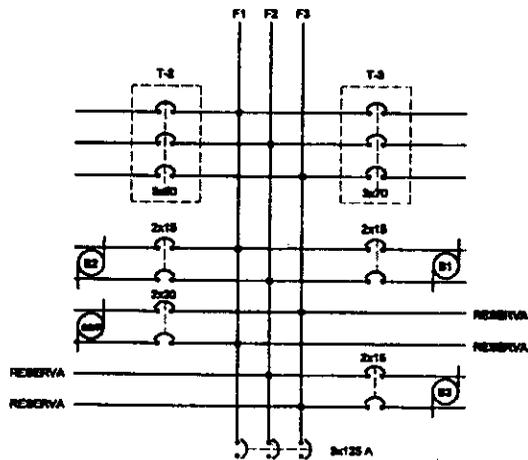
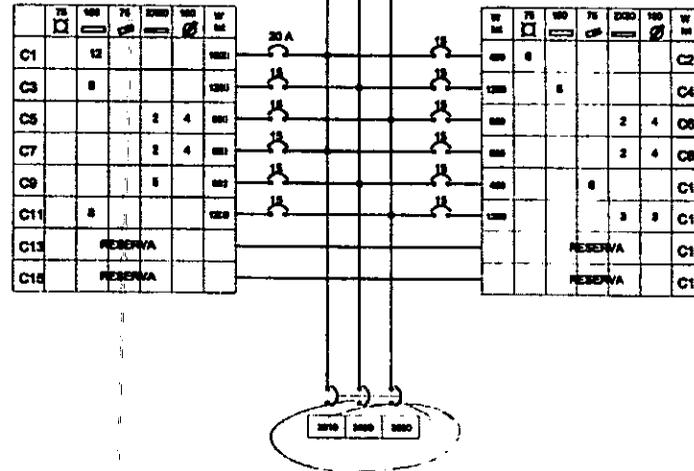


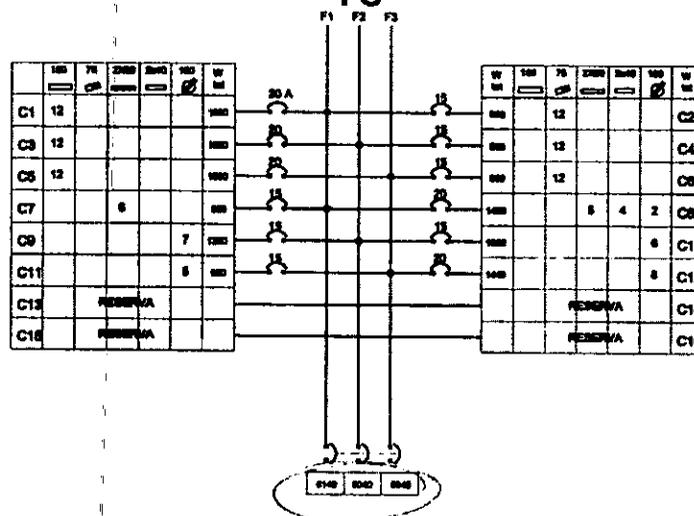
DIAGRAMA ELÉCTRICO DE TABLERO PRINCIPAL 1



T2



T3



centro de cultura
ecológica

combate
apagador
apagador de
escalera
Máscara H03
TS/NDL de 75W

Máscara
fluorescente de
2.0 de largo

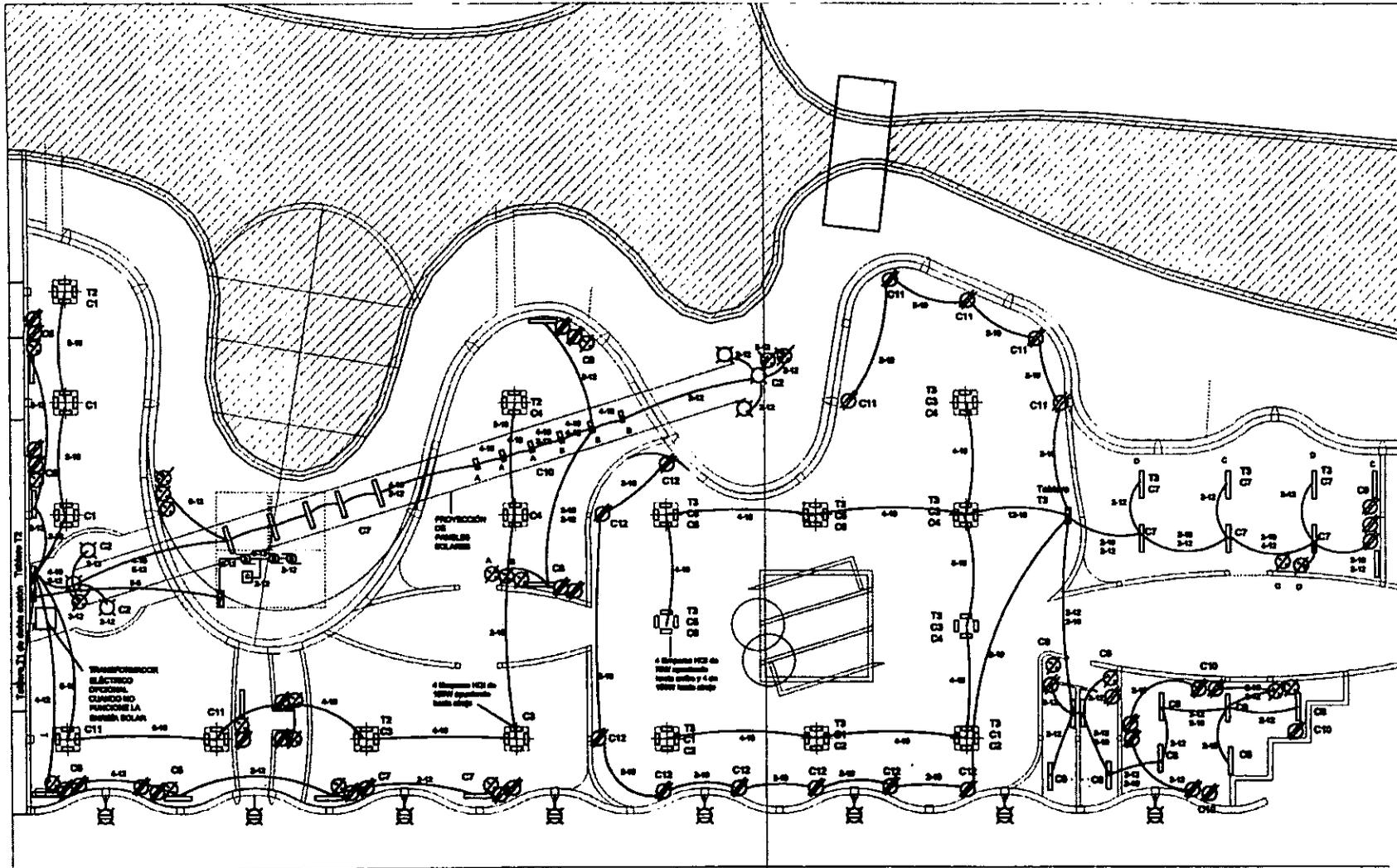
Máscara
fluorescente de
1.20 de largo

Máscara con
fotocélula

techo profesional

Mauricio
Cortés
Sierra

E14
plano



centro de
ecología

- contacto
- apagador
- apagador de escalera
- Mómpara HCL TENDOL de 75W
- Mómpara fluorescente de 2.0 de largo
- Mómpara fluorescente de 1.20 de largo
- Mómpara con hipocálido

instalación

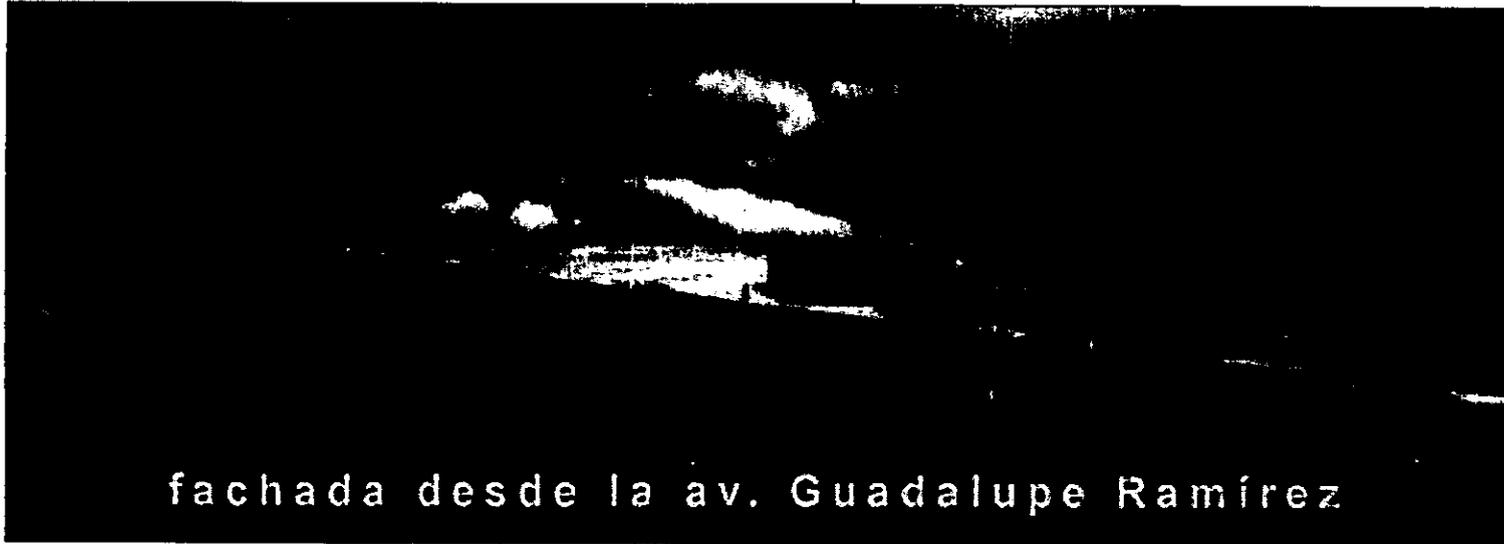
trabajo profesional

Mauricio Cortés Sierra

E14
PIANO

ESC 1:300

nota: toda la tubería es de conduit de 3/4" excepto en donde se indique



fachada desde la av. Guadalupe Ramírez



corte longitudinal del centro de cultura ecológica

corte y fachadas del centro de cultura ecológica

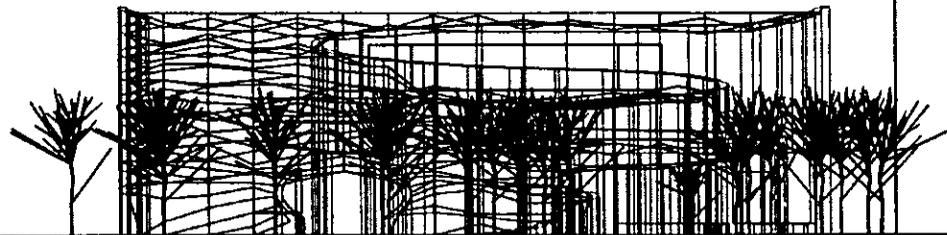




fachada desde el eje ecoturista



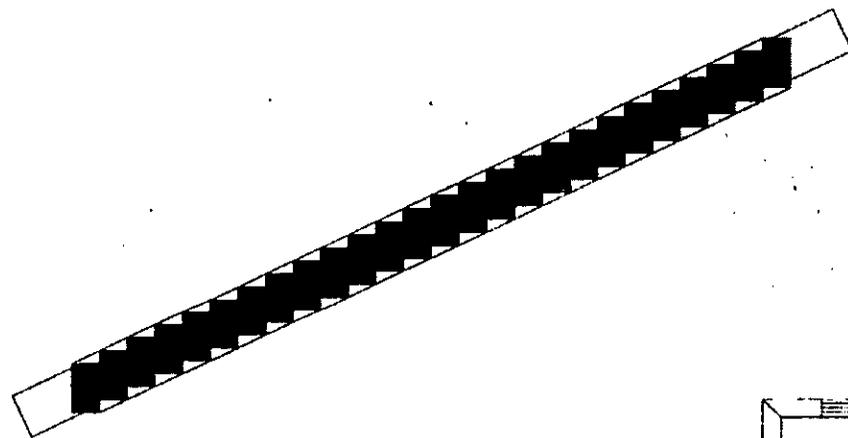
corte desde la parte posterior



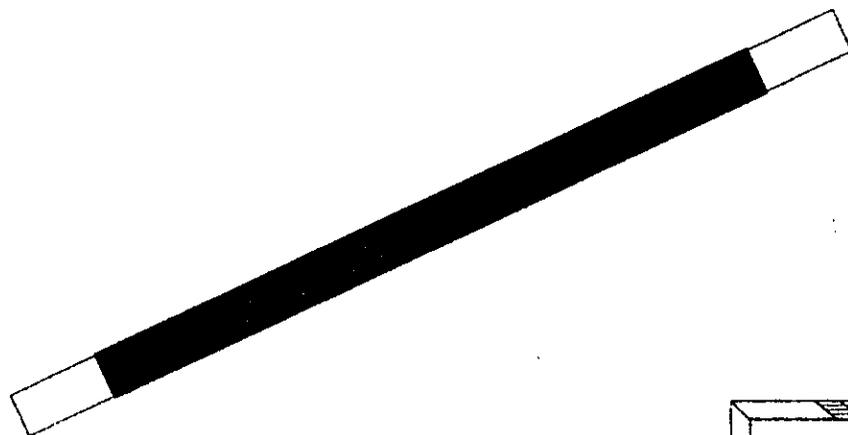
fachada desde el
eje ecoturista,
esc 1:200

fachadas
del centro
de cultura
ecológica

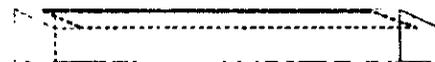




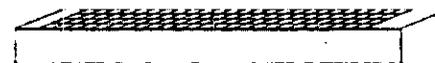
PLANTA (opcion 1 (reconendable))



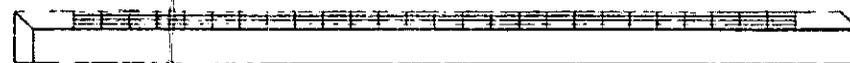
PLANTA (opcion 2)



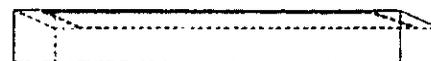
ALZADO PONIENTE



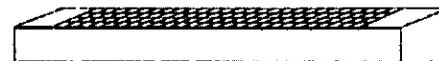
ALZADO ORIENTE



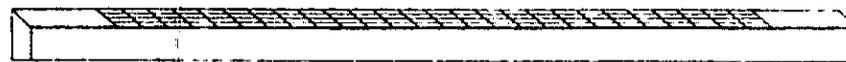
ALZADO SUR



ALZADO PONIENTE



ALZADO ORIENTE



ALZADO SUR

México D.F. a 28 de septiembre de 1999.

Lic. Leda Duarte:
Jefe de la Unidad Administrativa
Facultad de Arquitectura. UNAM.

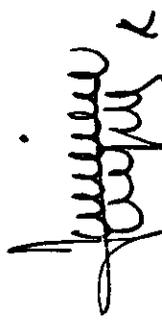
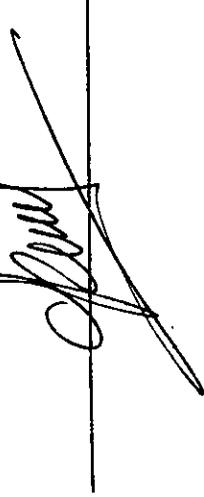
Por medio de la presente le hago entrega de una factura con valor de \$1,250.00 USD (Mil doscientos cincuenta dólares USA) para el apoyo económico de un curso a distancia desde de Proyectista Instalador de Energía Solar, desde el Centro de Estudios de Energía Solar (CENSOLAR), Sevilla, España, misma que tiene ya el Vo. Bo. y aprobación del Arq. Eduardo Navarro.

Este curso tiene la finalidad de obtener material didáctico de apoyo para el curso de Tecnologías Ambientales Avanzadas (Energía Solar) en la clase del Arq. Simón Bali Babani, en la Facultad de Arquitectura, C.U.

Los beneficios personales de este curso son la capacidad para el diseño, cálculo, presupuesto y dirección de instalaciones fototérmicas y fotovoltaicas con la obtención del Diploma de Proyectista Instalador de Energía Solar con reconocimiento universal. Los conocimientos adquiridos serán aplicados para el beneficio de la Facultad para que las generaciones futuras tengan un conocimiento más amplio en esta fuente de energía alterna y para que pueda ser aplicada y difundida en el campo de la Arquitectura.

Mucho agradeceré la atención que se sirva dar a la presente.

ATENTAMENTE
CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO.


29/ sept/99.

c.c.p. Arq. Eduardo Navarro.
Archivo.

PROGENSA (PROMOTORA GENERAL DE ESTUDIOS, S.A., Avda. Republica Argentina 1, 41011 Sevilla (España))
 ☎ (+34) 954 278 158 Fax: (+34) 954 280 014 NIF: A41078213 VAT Number: ESA41078213

J. B. Rinow

PROFORMA N° 990053

No. Cra. 9133652-7

Nombre: CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO. No. Cra. 9133652-7
 Su referencia: Su email de 24/8/99
 Your reference:
 Su NIF:
 Your VAT N°:
 Cuenta:
 Account:
 Fecha: 1/9/99
 Date:
 Moneda: DOLARES USA
 Currency:
 Validez hasta: 31/12/99
 Expiry date:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 R.F.C. UMA290722-7Y5
 Circuito Interior Ciudad Universitaria
 Delegación Coyoacán
 04510 MEXICO, D.F.
 MEXICO

CONDICIONES DE VENTA - SALE TERMS

Enviar a:
 Ship to:
 Forma de pago: Mediante cheque a nombre de PROGENSA, o transferencia bancaria a
 Method of payment: La Caja de Ahorros y Pensiones de Barcelona, Avda. República
 Argentina, 24, Sevilla, Clave completa de la sucursal y cuenta:
 21002112157200300169

Quantidad Quantity	Concepto o ISBN Description or ISBN	Precio Price	Total
1	Curso de Projectista Instalador de Energía Solar..... (Mil doscientos cincuenta dólares USA)		\$1250.-
Suma: Sum:			
IVA: VAT:			
NETO: NET:			

México, D.F. a 25 de noviembre de 1999.

ARQ. RUBÉN CAMACHO

Coordinador del Área de Exámenes Profesionales.
Facultad de Arquitectura. UNAM.

Por medio de la presente le hago entrega del documento original de la tesis teórico-tecnológica que he desarrollado en esta Facultad, con el tema Integración de la Energía Solar en el Diseño Arquitectónico.

Esta tesis surge por una inquietud ante la problemática energética que vive no sólo nuestro país sino todo el mundo aunado a la afición por la astronomía así como por la atenta invitación otorgada por el Arq. Simón Bali Babani, profesor de la materia de Tecnologías Ambientales Avanzadas (Energía Solar) en esta Facultad, para que le ayude primeramente en la clase y posteriormente yo de la cátedra de este curso selectivo. Así pues que a manera de resumen, el documento es la compilación de la clase del Arq. Bali que con palabras suyas son "los apuntes de 30 años de experiencia en el área", pero incluye también todo el proceso metodológico en la investigación de esta tecnología muy usada ya en Estados Unidos, Canadá, algunos países del norte de Europa, Israel, entre otros, y ¿en México?

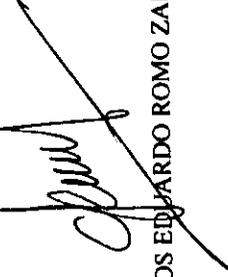
Así pues la intención es dar a conocer a la comunidad de nuestra facultad el desarrollo de proyectos arquitectónicos ejecutivos que contemplan el aprovechamiento de la energía solar mediante procesos fototérmicos para calentamiento de agua, calefacción y generación de electricidad (colectores solares planos y concentradores) parabólicos) y procesos fotovoltaicos (fotoceldas) también para generación de electricidad. Contemplo los diferentes sistemas de aprovechamiento, los materiales y equipos utilizados, su hechura en obra o su adquisición con diferentes proveedores que hay en el mercado, así como una evaluación económica de los sistemas solares

Esto es, a grandes rasgos el tema desarrollado, pero como le comente a mi asesor, el Dr. Álvaro Sánchez González, el día que me aprobó la tesis al concluirla, que yo aún no he concluido, sino que he empezado el proyecto de vida que me ayudó tanto él como el Arq. Bali y el Arq. Jorge Quijano (mi tercer asesor) a definir, para lo cual y en el transcurso de abril a la fecha he asistido a un Curso de Actualización de Energía Solar en el Centro de Investigación en Energía-UNAM en Temixco, Morelos, me registré como miembro de la ANES (Asociación Nacional de Energía Solar) perteneciente a la ISES (Asociación Internacional de Energía Solar) y asistí a la XXIII Semana Nacional de la Energía Solar, en Morelia, Michoacán a principios de octubre del presente. Posteriormente, espero que para inicios del año 2,000 inicie un curso a distancia de proyectista - instalador de energía solar desde el Centro de Estudios de Energía Solar (CENSOLAR) en Sevilla, España; todo tomado por Internet.

Espero que la información desarrollada sea útil para aquella disciplina que es la mas favorecida por la energía solar, que es la Arquitectura.

Agradeciendo de antemano la atención que se sirva dar en la revisión del documento y aprovecho la ocasión para saludarlo cordialmente.

A T E N T A M E N T E .



CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO

*Recibi documento de
-less para Revisión*

*Ruben Quijano
Roberto Galicia Gonzalez
25 Nov'99*

CNR-CPOV

SOLAR COORDINATE CALCULATION PROGRAM SUNPATH FROM THE
FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER, CAPE CANAVERAL, FLORIDA

MICHALSKY SOLAR POSITIONS FOR CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

LATITUDE = 19 DEG 9 MIN 36 SEC
LONGITUDE = 99 DEG 3 MIN 36 SEC
TIME ZONE = 6 CASE 1 PRINT FILE: CNR-CPOV.III
FOR THIS DATA CIVIL TIME IS DAYLIGHT SAVING TIME

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 9 22 266

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
11.420	11:25:10	9.8159	9:48:57.24	54.32 54 19.9	118 09 116: 5:18

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
13.247	13:14:49	11.7463	11:44:46.68	70.90 70:54 7	169.05 169: 2:46

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
14.013	14: 0:48	12.5637	12:33 49.32	69.67 69 40 0	203 39 203:23:17

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
12.497	12:29:49	10.9479	10:56 52.44	66 27 66 16 22	140 57 140:33:59

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
16.674	16:40:26	15.3179	15:19:4.44	39.49 39 29 41	253.83 253:49:37

SOLAR COORDINATE CALCULATION PROGRAM SUNPATH FROM THE
FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER, CAPE CANAVERAL, FLORIDA

MICHALSKY SOLAR POSITIONS FOR CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

LATITUDE = 19 DEG 9 MIN 36 SEC
LONGITUDE = 99 DEG 3 MIN 36 SEC
TIME ZONE = 6 CASE 1 PRINT FILE: CNR-CPOV.III
FOR THIS DATA CIVIL TIME IS DAYLIGHT SAVING TIME

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 12 21 356

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
8.865	8:51:55	8.8898	8:53:23 28	9 20 9 12 10	118 82 118 49 24

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
13.033	13: 2: 0	11.5491	11:32:56.76	46 71 46 42 26	169 23 169:13:36

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
14.760	14:45:34	12.9848	12:59:5.28	44 00 44 0 2	203.01 203: 0:24

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
11.340	11:20:22	10.2441	10:14 38.76	36 38 36 22 31	141.12 141: 7:20

CIVIL HOUR	CIVIL HR:MI:SE	SOLAR HOUR	SOLAR HR:MI:SE	SOLAR ALTITUDE ANGLE DEGR DEG MI SEC	SOLAR AZIMUTH ANGLE DEGR DEG MI SEC
11.340	11:20:22	9.6384	9:38 18 24	36 38 36 22 31	141 12 141 7 20

SOLAR COORDINATE CALCULATION PROGRAM SURPATH FROM THE
FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER, CAPE CANAVERAL, FLORIDA

MICHAELSKY SOLAR POSITIONS FOR CFNIIRO NACIONAL DE ILLUMINACION
LATITUDE = 19 DEG 9 MIN 36 SEC
LONGITUDE = 99 DEG 3 MIN 36 SEC
TIME ZONE = 6 CASE 1 PRINT FILE: CNR-CPROV.III
FOR THIS DATA CIVIL TIME IS DAYLIGHT SAVING TIME

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 3 20 80

CIVIL CIVIL SOLAR SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
13.731 13:43:50 12.000 12: 0: 0

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG MI:SEC DEGR DEG MI:SEC
70.64 70.30.37 180.00 180.0.0

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 6 20 172

CIVIL CIVIL SOLAR SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
13.628 13:37:41 12.000 12: 0: 0

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG MI:SEC DEGR DEG MI:SEC
85.74 85.44.14 0.00 0.0.0

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 9 22 266

CIVIL CIVIL SOLAR SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
13.485 13:29: 5 12.000 12: 0: 0

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG MI:SEC DEGR DEG MI:SEC
71.22 71.13.18 180.00 180.0.0

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 12 21 356

CIVIL CIVIL SOLAR SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
13.569 13:34: 9 12.000 12: 0: 0

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG MI:SEC DEGR DEG MI:SEC
47.42 47.25.19 180.00 179.59.59

CNR-CPO VIII. DIENTES DE SIERRA. CALCULO DEL PASO DEL SOL POR LA FACHADA.
 TABLA RESUMEN

Cubiculos	Marzo		Junio		Septiembre		Diciembre	
	A	TSV	A	TSV	A	TSV	A	TSV
	N=0°	N=0°	N=0°	N=0°	N=0°	N=0°	N=0°	N=0°
1-18	-	-	242°46'28"	11 4083	-	-	-	-
19-24	-	-	256°4'21"	10 7990	-	-	-	-
25-32	119°09"	9.9271	-	-	118°5'18"	9 8159	118°49'24"	8 8898
33-38	169°21'31"	11.6677	-	-	169°2'46"	11.7463	169°13'36"	11.5491
39-44	202°47'50"	12.5334	-	-	23°23'17"	12.5637	23°0'24"	12.9848
45-47	141°27'31"	10.9948	-	-	140°33'59"	10 9479	141°7'20"	10.2441
54-57	73°16'17"	15.2018	-	-	253°49'37"	15 3179	229°39'17"	9.6384
58-59	-	-	107°14'51"	12.9691	-	-	-	-
60-61	-	-	129°12'24"	12.3747	-	-	-	-
62-63	-	-	141°1'52"	12 2476	-	-	-	-
Mediopia	180°0'0"	12.00	180°0'0"	12.00	180°0'0'0"	12.00	180°0'0"	12.00

A = azimut geográfico.

TSV = paso del sol por en la fachada en Tiempo Solar Verdadero.

Cubiculos	Altura Solar h_0		Asoleamiento promedio en horns						
	Marzo	Junio	Septiembre	Diciembre	h_0	diario	semanal	mensual	anual
1-18	-	80.10	-	-	80.10	7.17	50.19	218.22	2618.68
19-24	-	60.42	-	-	60.42	7.78	54.45	236.77	2841.25
25-32	53.96	-	54.32	9.20	39.16	8.25	57.77	251.18	3014.13
33-38	70.33	-	70.90	46.71	62.64	6.14	43.00	186.95	2243.42
39-44	69.15	-	69.67	44.00	60.94	6.49	45.43	197.55	2370.05
45-47	65.78	-	66.27	36.38	56.14	7.07	49.47	215.12	2581.43
54-57	39.33	-	39.49	26.84	35.22	8.76	61.30	266.54	3198.47
58-59	-	72.36	-	-	72.36	7.55	52.83	229.71	2756.54
60-61	-	83.10	-	-	83.10	6.95	48.67	211.62	2539.43
62-63	-	84.46	-	-	84.46	6.83	47.78	207.75	2493.02
12 hrs.	70.64	85.74	71.22	47.42					

Asoleamiento promedio = 7.30 51.09 222.14 2665.70

Considerando una nubosidad de 34.36%

Asoleamiento promedio - nubosidad = 1749.77 horas

Asoleamiento promedio diario = 4.791 horas

CNR-CPO VIII. DIENTES DE SIERRA. CALCULO DEL PASO DEL SOL POR LA FACHADA.

Cubiculos de terapia 25-32

$$D = 23.45 \sin((n-81) \cdot (360/365)) = -0.40$$

n =	80	Mar-20
n-81 =	-1	
360/365 =	0.99	
(n-81) * (360/365) =	-0.99	
en radianes =	-0.02	
sen (x) =	-0.0172	
x 23.45	-0.40365320	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-0° 24' 0"	-0.40	-0.01 radianes
A =	119° 0' 9"	119.00	2.08 radianes

cos A =	-0.4848	L - D =	19.56	0.34 radianes
cos ² A =	0.2351	tan(L-D) =	0.3554	
		tan ² (L-D) =	0.1263	
$\frac{1}{\cos^2 A} =$	4.2539			

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.5372$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.5372
Obteniendo la raíz cuadrada 1.2398

Calculando cosenos:
cos L = 0.9446
cos D = 1.0000
Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.1711
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.8539

Calculando tangentes:
tan L = 0.3475
tan D = -0.0070
Multiplicando tangentes = -0.0024

Calculando la diferencia cos ΔH = 0.8563
Por lo tanto ΔH = 0.5427 radianes
Así ΔH = $\frac{31.0942}{31.539.12}$

Así Δt = ΔH / 15 = 2.0729

$$\cos(Arc) = -\sin(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:
sen(D) = -0.0070
-sen(D) = 0.0070

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0075
Por lo tanto Aoc = 1.5633 radianes
Aoc = 89.5727
Aoc = 89° 34' 21.72"

Aor = -1 * Aoc = -89.572675
Aor = -89° 34' 21.63"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) * tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475
tan(D) = -0.0070

Multiplicando tangentes = 0.0024
arccos = 1.5683 radianes
89.8597 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9906 horas
Sumandole 12 horas = 17.9906 horas
= 17 horas 59 minutos 26.16 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:
= 6.0094 horas
= 6 horas 0 minutos 33.84 segundos

Como A > Aoc, entonces:
Hora del paso del sol por la fachada = 12 - Δt = 9.9271 horas
= 9 horas 55 minutos 37.56 segundos

Ascendamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada
= 8.0636 horas
= 8 horas 3 minutos 46.96 segundos

Cubículos de terapia 33-36

$$D = 23.45 \sin(n-81) \cdot (360/365) = -0.40$$

n =	80	Mar-20
n-81 =	-1	
360/365 =	0.99	
(n-81) \cdot (360/365) =	-0.99	
en radianes =	-0.02	
sen(x) =	-0.0172	
23.45 \cdot	-0.0172	
	-0.40365320	

$$\cos \Delta H = \frac{\cos L \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}}{-\tan L \cdot \tan D}$$

L =	0.33 radianes
D =	-0.01 radianes
A =	6.03 radianes

$$\cos A = 0.3676 \quad L - D = 19.56 \quad 0.34 \text{ radianes}$$

$$\cos^2 A = 0.3363 \quad \tan(L-D) = 0.3554$$

$$\tan^2(L-D) = 0.1263$$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.0680$$

Multiplicando tangentes por $\frac{1}{\cos^2 A} = 1.0653$

Y sumándole 1 para eliminar el radicando. = 1.1349
Obteniendo la raíz cuadrada = 1.0653

Calculando cosenos: $\cos L = 0.9446$

$\cos D = 0.9900$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.0063

Restando el resultado de la multiplicación = 0.9938

Calculando tangentes:

$\tan L = 0.3475$

$\tan D = 0.0070$

Multiplicando tangentes = -0.0024

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9962$

Por lo tanto $\Delta H = 0.0870$ radianes

Así $\Delta H = 4.9847$

$4^{\circ}59'4.92''$

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 0.3323$

$$\cos(Aoc) = -\sin(D) : \cos(L)$$

Calculando senos:

$\sin(D) = -0.0070$

$-\sin(D) = 0.0070$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0075

Por lo tanto $Aoc = 1.5633$ radianes

$Aoc = 69.5727$

$Aoc = 69^{\circ}34'21.72''$

$Aoc = -1^{\circ} Aoc = -89.572675$

$Aoc = -89^{\circ}34'21.63''$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$-\tan(L) = -0.3475$

$\tan(D) = -0.0070$

Multiplicando tangentes = 0.0024

$\arccos = 1.5683$ radianes

89.8597 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9906 horas

Sumándole 12 horas = 17.9906 horas

$= 17 \text{ horas } 59 \text{ minutos } 26.16 \text{ segundos}$

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

$= 6.0094$ horas

$= 6 \text{ horas } 0 \text{ minutos } 33.84 \text{ segundos}$

Como $A > Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 - \Delta t = 11.6677$ horas

$= 11 \text{ horas } 40 \text{ minutos } 3.72 \text{ segundos}$

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.

$= 6.3230$ horas

$= 6 \text{ horas } 19 \text{ minutos } 22.8 \text{ segundos}$

Cubículos de terapia 39-44

$$D=23.45\text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -0.40$$

n =	80	Mar-20
n-81 =	-1	
360/365 =	0.99	
(n-81) \cdot (360/365) =	-0.99	
en radianes =	-0.02	
sen(x) =	-0.0172	
x 23.45	-0.40365320	

$$\cos \Delta I = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-0° 24' 0"	-0.40	-0.01 radianes
A =	202° 47' 50"	22.80	0.40 radianes

cos A =	0.9219	L - D =	19.56	0.34 radianes
cos ² A =	0.8499	tan(L-D) =	0.3554	
$\frac{1}{\cos^2 A} =$	1.1767	tan ² (L-D) =	0.1253	

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.1485$

Y sumándole 1 para obtener el radicando 1.1485
Obteniendo la raíz cuadrada 1.0717

Calculando cosenos:
cos L = 0.9446
cos D = 1.0000
Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.0123
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.9878

Calculando tangentes:
tan L = 0.3475
tan D = -0.0070
Multiplicando tangentes = -0.0024

Calculando la diferencia cos ΔI = 0.9903
Por lo tanto ΔI = 0.1357 radianes
Así ΔI = 8° 05' 04"

Así ΔI = ΔI / 15 = 0.5334

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

sen(D) = -0.0070
-sen(D) = 0.0070

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0075
Por lo tanto Aoc = 1.5633 radianes
Aoc = 89.5727
Aoc = 89° 34' 21.72"

Aor = -1° Aoc = -89.572675
Aor = -89° 34' 21.63"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) \cdot tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475
tan(D) = -0.0070

Multiplicando tangentes = 0.0024
arccos = 1.5683 radianes
89.8597 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9906 horas
Sumándole 12 horas = 17.9906 horas
= 17 horas 59 minutos 26.16 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.0094 horas
= 6 horas 0 minutos 33.84 segundos

Como A < Aoc, entonces:

Hora del caso del sol por la fachada = 12 + ΔI = 12.5334 horas
12 horas 32 minutos 0.24 segundos

Asoleamiento = Hora del paso del sol por la fachada - Hora del orto.

= 6.5241 horas
= 6 horas 31 minutos 25.75 segundos

Cubiculos de terapia 45-47

$$D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -0.40$$

n =	80	Mar-20
n-81 =	-1	
360/365 =	0.99	
(n-81) \cdot (360/365) =	-0.99	
en radianes =	-0.02	
sen(x) =	-0.0172	
x 23.45	-0.4036532	

$$\cos A = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)}} = \frac{1}{\cos^2 A}$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-0° 24' 0"	-0.40	-0.01 radianes
A =	141° 27' 31"	141.15	2.46 radianes

$$\cos A = -0.7787 \quad L - D = 19.56 \quad 0.34 \text{ radianes}$$

$$\cos^2 A = 0.6064 \quad \tan(L-D) = 0.3554$$

$$\tan^2(L-D) = 0.1263$$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.6490$$

$$\text{Multiplicando } \tan^2(L-D) \text{ por } \frac{1}{\cos^2 A} = 0.2082$$

Y sumandole 1 para obtener el radicando 1.2082
Obteniendo la raíz cuadrada 1.0992

Calculando cosenos:

$$\cos L = 0.9446$$

$$\cos D = 1.0000$$

$$\text{Multiplicando cosenos y raíz cuadrada} = 1.0363$$

$$\text{Obteniendo el inverso de la multiplicación} = 0.9631$$

Calculando tangentes:

$$\tan L = 0.3475$$

$$\tan D = -0.0070$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = -0.0024$$

$$\text{Calculando la diferencia } \cos \Delta H = 0.9656$$

$$\text{Por lo tanto } \Delta H = 0.2632 \text{ radianes}$$

$$\text{Así } \Delta H = \frac{15.0777}{15 \cdot 4' 39.72"}$$

$$\text{Así } \Delta t = \Delta H / 15 = 1.0052$$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$$\text{sen}(D) = -0.0070$$

$$-\text{sen}(D) = 0.0070$$

$$\text{Dividiendo entre el coseno de la latitud} = 0.0075$$

$$\text{Por lo tanto } Aoc = 1.5633 \text{ radianes}$$

$$Aoc = 89.5727$$

$$Aoc = 89^\circ 34' 21.72"$$

$$Aor = -1 \cdot Aoc = -89.572675$$

$$Aor = -89^\circ 34' 21.63"$$

$$\text{Hora del ocaso} = 12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$$

$$-\tan(L) = -0.3475$$

$$\tan(D) = -0.0070$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = 0.0024$$

$$\arccos = 1.5683 \text{ radianes}$$

$$89.8597 \text{ grados}$$

$$\text{Dividiendo entre 15} = 5.9906 \text{ horas}$$

$$\text{Sumandole 12 horas} = 17.9906 \text{ horas}$$

$$= 17 \text{ horas } 59 \text{ minutos } 26.16 \text{ segundos}$$

$$\text{Hora del orto} = 24 - \text{hora del ocaso}$$

$$= 6.0094 \text{ horas}$$

$$= 6 \text{ horas } 0 \text{ minutos } 33.84 \text{ segundos}$$

Como A > Aoc, entonces:

$$\text{Hora del paso del sol por la fachada} = 12 - \Delta t = 10.9948 \text{ horas}$$

$$= 10 \text{ horas } 59 \text{ minutos } 41.28 \text{ segundos}$$

$$\text{Asoleamiento} = \text{Hora del ocaso} - \text{hora de paso del sol por la fachada}$$

$$= 6.9958 \text{ horas}$$

$$= 6 \text{ horas } 59 \text{ minutos } 44.28 \text{ segundos}$$

Cubiculas de terapia 1S-24
 $D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = 23.45$

$n = \frac{172}{365} \quad \text{Jun-20}$
 $n-81 = \frac{91}{365}$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = 89.75$
 en radianes = 1.57
 $\text{sen}(x) = 1.0000$
 $x \cdot 23.45 = 23.44972285$

$$\cos(A) = \frac{1}{\cos(L) \cdot \cos(D) \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2(A)}} - \tan(L) \cdot \tan(D)$$

$L = \frac{19^{\circ} 5' 32''}{19.16}$	0.33 radianes
$D = \frac{23^{\circ} 26' 59.22''}{23.45}$	0.41 radianes
$A = \frac{256^{\circ} 42' 1''}{256.07}$	4.47 radianes

$\cos A = -0.2407 \quad L - D = -4.29 \quad -0.07 \text{ radianes}$

$\cos^2 A = 0.0579 \quad \tan(L-D) = -0.0750$

$\tan^2(L-D) = 0.0056$

$\frac{1}{\cos^2 A} = 17.2612$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.0971$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.0971
 Obteniendo la raíz cuadrada 1.0474

Calculando cosenos:

$\cos L = 0.9445$

$\cos D = 0.9174$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 0.9077

Obteniendo el inverso de la multiplicación = 1.1017

Calculando tangentes:

$\tan L = 0.3475$

$\tan D = 0.4338$

Multiplicando tangentes = 0.1507

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9510$

Por lo tanto $\Delta H = 0.3144$ radianes

Así $\Delta H = 18.0155$

$18^{\circ} 0' 55.8''$

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 1.2010$

$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$

Calculando senos:

$\text{sen}(D) = 0.3979$

$-\text{sen}(D) = -0.3979$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = -0.4213

Por lo tanto $Aoc = 2.0057$ radianes

$Aoc = 114.9155$

$Aoc = 114^{\circ} 54' 55.8''$

$Aoc = -1^{\circ} \quad Aoc = -114.91554$

$Aoc = -114^{\circ} 54' 55.9''$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$-\tan(L) = -0.3475$

$\tan(D) = 0.4338$

Multiplicando tangentes = -0.1507

$\arccos = 1.7221$ radianes

98.6684 grados

Dividiendo entre 15 = 6.5779 horas

Sumandole 12 horas = 18.5779 horas

= 18 horas 34 minutos 40.44 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 5.4221 horas

= 5 horas 25 minutos 19.56 segundos

Como $A > Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 - \Delta t = 10.7990$ horas

= 10 horas 47 minutos 56.4 segundos

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada

= 7.7789 horas

= 7 horas 46 minutos 44.04 segundos

CNR-CPO VIII. DIENTES DE SIERRA. CALCULO DEL PASO DEL SOL POR LA FACHADA.

Cubiculos de terapia 1-18

$$D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = 23.45$$

n = 172 Jun-20
 n-81 = 91
 360/365 = 0.99
 (n-81) * (360/365) = 89.75
 en radianes = 1.57
 sen(x) = 1.0000
 x 23.45 = 23.44978285

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	23° 26' 59.22"	23.45	0.41 radianes
A =	242° 46' 28"	242.77	4.24 radianes

cos A = -0.4575 L - D = -4.29 -0.07 radianes
 cos² A = 0.2093 tan(L-D) = -0.0750
 tan²(L-D) = 0.0056

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 4.7778$$

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.0269$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.0269
 Obteniendo la raíz cuadrada 1.0134

Calculando cosenos:
 cos L = 0.9446
 cos D = 0.9174
 Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 0.8782
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 1.1387

Calculando tangentes:
 tan L = 0.3475
 tan D = 0.4338
 Multiplicando tangentes = 0.1507

Calculando la diferencia cos ΔH = 0.9880
 Por lo tanto ΔH = 0.1549 radianes
 Así ΔH = 8° 52' 29.28"

Así Δt = ΔH / 15 = 0.5917

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

sen(D) = 0.3979
 -sen(D) = -0.3979

Dividiendo entre el coseno de la latitud = -0.4213
 Por lo tanto Aoc = 2.0057 radianes
 Aoc = 114.9155
 Aoc = 114° 54' 55.8"

Aor = -1° Aoc = -114.91554
 Aor = -114° 54' 55.9"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) * tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475
 tan(D) = 0.4338

Multiplicando tangentes = -0.1507
 arccos = 1.7221 radianes
 98.6684 grados

Dividiendo entre 15 = 6.5779 horas
 Sumandole 12 horas = 18.5779 horas
 = 18 horas 34 minutos 40.44 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 5.4221 horas
 = 5 horas 25 minutos 19.56 segundos

Como A > Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 - Δt = 11 4083 horas
 = 11 horas 24 minutos 29.88 segundos

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.

= 7 1695 horas
 = 7 horas 10 minutos 10.2 segundos

Cubiculos de terapia 50-61
 $D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = 23.45$

$n = 172$ Jun-20
 $n-81 = 91$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = 89.75$
en radianes = 1.57
 $\text{sen}(x) = 1.0000$
 $\times 23.45 = 23.45$

$$\cos A = \frac{\cos L \cdot \cos D + \tan L \cdot \tan D}{1 - \tan^2(L-D) \cdot \frac{1}{\cos^2 A}}$$

$L = 18^\circ 9' 36''$	19.16	0.33 radianes
$D = 23^\circ 29' 59.22''$	23.45	0.41 radianes
$A = 128^\circ 12' 24''$	128.21	2.26 radianes

$\cos A = -0.6321$	$L \cdot D = -4.29$	-0.07 radianes
$\cos^2 A = 0.3996$	$\tan(L-D) = -0.0750$	
	$\tan^2(L-D) = 0.0056$	

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 2.5027$$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.0141$

Y sumandole 1 para obtener el radicando 1.0141
 Obteniendo la raiz cuadrada 1.0070

Calculando cosenos:
 $\cos L = 0.9446$
 $\cos D = 0.9174$
 Multiplicando cosenos y raiz cuadrada = 0.8727
 Obteniendo el inverso de la multiplicacion = 1.1459

Calculando tangentes:
 $\tan L = 0.3475$
 $\tan D = 0.4338$
 Multiplicando tangentes = 0.1507

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9952$
 Por lo tanto $\Delta H = 0.0981$ radianes
 Asi $\Delta H = 5.6202$
 $5^\circ 37' 12.72''$

Asi $\Delta t = \Delta H / 15 = 0.3747$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$\text{sen}(D) = 0.3979$
 $-\text{sen}(D) = -0.3979$
 Dividiendo entre el coseno de la latitud = -0.4213
 Por lo tanto $Aoc = 2.0057$ radianes
 $Aoc = 114.9155$
 $Aoc = 114^\circ 54' 55.8''$
 $Aor = -1^\circ Aoc = -114.91554$
 $Aor = -114^\circ 54' 55.9''$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$
 $-\tan(L) = -0.3475$
 $\tan(D) = 0.4338$

Multiplicando tangentes = -0.1507
 $\arccos = 1.7221$ radianes
 98.6684 grados

Dividiendo entre 15 = 6.5779 horas
 Sumandole 12 horas = 18.5779 horas
 $= 13 \text{ horas } 34 \text{ minutos } 40.44 \text{ segundos}$

Hora del orto = $24 - \text{hora del ocaso}$
 $= 5.4221$ horas
 $= 5 \text{ horas } 25 \text{ minutos } 19.56 \text{ segundos}$

Como $A < Aoc$, entonces:
 Hora del paso del sol por la fachada = $12 + \Delta t = 12.3747$ horas
 $= 12 \text{ horas } 22 \text{ minutos } 28.92 \text{ segundos}$

Asoleamiento = Hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto
 $= 6.9526$ horas
 $= 6 \text{ horas } 57 \text{ minutos } 9.36 \text{ segundos}$

Cubiculos de terapia 58-59

$$D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = 23.45$$

$$n = \frac{172}{91} \quad \text{Jun-20}$$

$$n-81 = \frac{91}{360/365} = 0.99$$

$$(n-81) \cdot (360/365) = 89.75$$

$$\text{en radianes} = 1.57$$

$$\text{sen}(x) = 1.0000$$

$$x \cdot 23.45 = 23.44978285$$

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L = 19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D = 23° 26' 59.22"	23.45	0.4° radianes
A = 107° 14' 51"	107.25	1.87 radianes

$$\cos A = -0.2965 \quad L \cdot D = -4.29 \quad -0.07 \text{ radianes}$$

$$\cos^2 A = 0.0879 \quad \tan(L-D) = -0.0750$$

$$\tan^2(L-D) = 0.0056$$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 11.3750$$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.0640$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.0640
Obteniendo la raíz cuadrada 1.0315

Calculando cosenos

$$\cos L = 0.9446$$

$$\cos D = 0.9174$$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 0.8939
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 1.1187

Calculando tangentes

$$\tan L = 0.3475$$

$$\tan D = 0.4338$$

Multiplicando tangentes = 0.1507

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9680$

Por lo tanto $\Delta H = 0.2537$ radianes

Así $\Delta H = 14.5365$
14° 32' 11.4"

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 0.9691$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$$\text{sen}(D) = 0.3979$$

$$-\text{sen}(D) = -0.3979$$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = -0.4213

Por lo tanto $Aoc = 2.0057$ radianes

$$Aoc = 114.9155$$

$$Aoc = 114^\circ 54' 55.8''$$

$$Aoc = -1^\circ Aoc = -114.91554$$

$$Aoc = -114^\circ 54' 55.9''$$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$$-\tan(L) = -0.3475$$

$$\tan(D) = 0.4338$$

Multiplicando tangentes = -0.1507

$$\arccos = 1.7221$$
 radianes

$$58.6684$$
 grados

Dividiendo entre 15 = 6.5779 horas

Sumandole 12 horas = 18.5779 horas

$$= 18 \text{ horas } 34 \text{ minutos } 40.44 \text{ segundos}$$

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

$$= 5.4221 \text{ horas}$$

$$= 5 \text{ horas } 25 \text{ minutos } 19.56 \text{ segundos}$$

Como $A < Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 + \Delta t = 12.9691$ horas
= 12 horas 58 minutos 8.76 segundos

Asoleamiento = Hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto

$$= 7.5470 \text{ horas}$$

$$= 7 \text{ horas } 32 \text{ minutos } 49.2 \text{ segundos}$$

Cubiculos de terapia 62-63

D=23.45sen((n-81)*(360/365)) = 23.45

n =	172	Jun-20
n-81=	91	
360/365=	0.99	
(n-81)*(360/365)=	89.75	
en radianes=	1.57	
sen (x) =	1.0000	
x 23.45	23.45	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} \cdot \tan L \cdot \tan D$$

L =	19°9'36"	19.16	0.33 radianes
D =	23°26'59.22"	23.45	0.41 radianes
A =	141°1'52"	141.03	2.46 radianes

cos A =	-0.7775	L - D =	-4.29	-0.07 radianes
cos² A =	0.6045	tan(L-D) =	-0.0750	
		tan²(L-D) =	0.0056	
$\frac{1}{\cos^2 A}$	1.6543			

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A}$ = 0.0093

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.0093
 Obteniendo la raiz cuadrada 1.0046

Calculando cosenos:
 cos L = 0.9446
 cos D = 0.9174
 Multiplicando cosenos y raiz cuadrada = 0.8706
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 1.1486

Calculando tangentes:
 tan L = 0.3475
 tan D = 0.4338
 Multiplicando tangentes = 0.1507

Calculando la diferencia cos ΔH = 0.9979
 Por lo tanto ΔH = 0.0648 radianes
 Así ΔH = 3.7143
3°42'51.48"

Así Δt = ΔH / 15 = 0.2476

cos (Aoc) = -sen (D) / cos (L)

Calculando senos:

sen (D) = 0.3979
 -sen (D) = -0.3979

Dividiendo entre el coseno de la latitud = -0.4213
 Por lo tanto Aoc = 2.0057 radianes
 Aoc = 114.9155
 Aoc = 114°54'55.8"

Aoc = -1 * Aoc = -114.91554
 Aoc = -114°54'55.9"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L)*tan(D))/15

-tan (L) = -0.3475
 tan (D) = 0.4338
 Multiplicando tangentes = -0.1507
 arccos = 1.7221 radianes
 98.6684 grados
 Dividiendo entre 15 = 6.5779 horas
 Sumandole 12 horas = 18.5779 horas
 = 18 horas 34 minutos 40.44 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:
 = 5.4221 horas
 = 5 horas 25 minutos 19.56 segundos

Como A < Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 + Δt = 12.2476 horas
 = 12 horas 14 minutos 51.36 segundos

Asoleamiento = Hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto
 = 6.8255 horas
 = 6 horas 49 minutos 31.8 segundos

$$D = 23.45 \sin((n-81) \cdot (360/365)) = 23.45$$

n =	172	Jun-20
n-81 =	91	
360/365 =	0.99	
(n-81) * (360/365) =	89.75	
en radianes =	1.57	
sen(x) =	1.0000	
x 23.45	23.45	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	19° 53' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	23° 26' 59.22"	23.45	0.41 radianes
A =	180° 00' 00"	180.00	3.14 radianes

$$\cos A = -1.0000 \quad L - D = -4.29 \quad -0.07 \text{ radianes}$$

$$\cos^2 A = 1.0000 \quad \tan(L-D) = -0.0750$$

$$\tan^2(L-D) = 0.0056$$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.0000$$

$$\text{Multiplicando } \tan^2(L-D) \text{ por } \frac{1}{\cos^2 A} = 0.0056$$

$$\text{Y sumando 1 para obtener el radicando.} \quad 1.0056$$

$$\text{Obteniendo la raíz cuadrada} \quad 1.0028$$

Calculando cosenos:

$$\cos L = 0.9446$$

$$\cos D = 0.9174$$

$$\text{Multiplicando cosenos y raíz cuadrada} = 0.8660$$

$$\text{Obteniendo el inverso de la multiplicación} = 1.1507$$

Calculando tangentes:

$$\tan L = 0.3475$$

$$\tan D = 0.4338$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = 0.1507$$

$$\text{Calculando la diferencia } \cos \Delta H = 1.0000$$

$$\text{Por lo tanto } \Delta H = 0.0000 \text{ radianes}$$

$$\text{Así } \Delta H = 0.0000$$

$$0^{\circ} 00' 0.0''$$

$$\text{Así } \Delta t = \Delta H / 15 = 0.0000$$

$$\cos(Aoc) = -\sin(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$$\sin(D) = 0.3979$$

$$-\sin(D) = -0.3979$$

$$\text{Dividiendo entre el coseno de la latitud} = -0.4213$$

$$\text{Por lo tanto } Aoc = 2.0057 \text{ radianes}$$

$$Aoc = 114.9155$$

$$Aoc = 114^{\circ} 54' 55.8''$$

$$Aor = -1^{\circ} Aoc = -114.91554$$

$$Aor = -114^{\circ} 54' 55.8''$$

$$\text{Hora del ocaso} = 12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$$

$$-\tan(L) = -0.3475$$

$$\tan(D) = 0.4338$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = -0.1507$$

$$\arccos = 1.7221 \text{ radianes}$$

$$98.6684 \text{ grados}$$

$$\text{Dividiendo entre 15} = 6.5779 \text{ horas}$$

$$\text{Sumándole 12 horas} = 18.5779 \text{ horas}$$

$$= 18 \text{ horas } 34 \text{ minutos } 40.44 \text{ segundos}$$

$$\text{Hora del orto} = 24 - \text{hora del ocaso:}$$

$$= 5.4221 \text{ horas}$$

$$= 5 \text{ horas } 25 \text{ minutos } 19.56 \text{ segundos}$$

Como A < Aoc, entonces:

$$\text{Hora del paso del sol por la fachada} = 12 + \Delta t = 12.0000 \text{ horas}$$

$$= 12 \text{ horas } 0 \text{ minutos } 0 \text{ segundos}$$

$$\text{Asoleamiento} = \text{Hora de paso del sol por la fachada} - \text{Hora del orto}$$

$$= 6.5779 \text{ horas}$$

$$= 6 \text{ horas } 34 \text{ minutos } 40.44 \text{ segundos}$$

Cubiculos de terapia 45-47
 $D=23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -1.01$

$n = \frac{266}{\text{Sep-22}}$
 $n-81 = 185$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = 182.47$
 en radianes = 3.18
 $\text{sen}(x) = -0.0430$
 $x \cdot 23.45 = -1.00887136$

$$\cos(A) = \frac{1}{\cos(L) \cdot \cos(D) \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} + \frac{1}{\cos^2(A)}} - \tan(L) \cdot \tan(D)$$

L = 15° 53' 36"	19.16	0.33 radianes
D = -1° 03' 19.4"	-1.01	-0.02 radianes
A = 140° 33' 59"	140.57	2.45 radianes

$\cos A = -0.7724$ $L - D = 20.17$ 0.35 radianes

$\cos^2 A = 0.5955$ $\tan(L-D) = 0.3673$

$\tan^2(L-D) = 0.1349$

$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.6753$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.2262$

Y sumandole 1 para obtener el radicando = 1.2262
 Obteniendo la raíz cuadrada = 1.1073

Calculando cosenos:
 $\cos L = 0.9446$
 $\cos D = 0.9998$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.0458
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.9562

Calculando tangentes:
 $\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.0176$

Multiplicando tangentes = -0.0061

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9623$
 Por lo tanto $\Delta H = 0.2754$ radianes
 Así $\Delta H = 15.7819$

15° 46' 54.84"

Así $\Delta H = \Delta H / 15 = 1.0521$

$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$

Calculando senos:
 $\text{sen}(D) = -0.0176$
 $-\text{sen}(D) = 0.0176$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0186
 Por lo tanto $Aoc = 1.5527$ radianes
 $Aoc = 88.9320$
 $Aoc = 88° 55' 55.2"$

$Aor = -1 \cdot Aoc = -88.931959$
 $Aor = -88° 55' 55.05"$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$-\tan(L) = -0.3475$
 $\tan(D) = -0.0176$

Multiplicando tangentes = 0.0061
 $\arccos = 1.5647$ radianes
 89.6494 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9766 horas
 Sumandole 12 horas = 17.9766 horas
= 17 horas 58 minutos 35.76 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.0234 horas
= 6 horas 1 minutos 24.24 segundos

Como $A > Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 - A = 10.5479$ horas
= 10 horas 58 minutos 52.44 segundos

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada

= 7.0236 horas
= 7 horas 1 minutos 43.68 segundos

Cubículos de terapia 39-44

$$D = 23.45 \sin((n-81) \cdot (360/365)) = -1.01$$

$n =$	<u>266</u>	Sep-22
$n-81 =$	185	
$360/365 =$	0.99	
$(n-81) \cdot (360/365) =$	182.47	
en radianes =	3.18	
$\sin(x) =$	-0.0430	
$\times 23.45$	-1.00887136	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

$L =$	<u>19° 36'</u>	<u>19.16</u>	0.33 radianes
$D =$	<u>-1° 03' 19.4"</u>	<u>-1.01</u>	-0.02 radianes
$A =$	<u>23° 23' 17"</u>	<u>23.39</u>	0.41 radianes

$\cos A =$	0.9176	$L - D =$	20.17	0.35 radianes
$\cos^2 A =$	0.8424	$\tan(L-D) =$	0.3673	
		$\tan^2(L-D) =$	0.1349	

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.1870$$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.1602$

Y sumandole 1 para obtener el radicando = 1.1602
Obteniendo la raíz cuadrada = 1.0771

Calculando cosenos:

$\cos L = 0.9446$
 $\cos D = 0.9998$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.0173
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.9830

Calculando tangentes:

$\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.0176$

Multiplicando tangentes = -0.0061

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9291$
Por lo tanto $\Delta H = 0.1476$ radianes
Así $\Delta H = 8.4553$
8° 27' 19.08"

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 0.5637$

$$\cos(Aoc) = -\sin(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$\sin(D) = -0.0176$
 $-\sin(D) = 0.0176$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0186

Por lo tanto $Aoc = 1.5522$ radianes

$Aoc = 88.9320$

$Aoc = 88° 55' 55.2"$

$Aoc = -1 \cdot Aoc = -88.931959$

$Aoc = -88° 55' 55.05"$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$-\tan(L) = -0.3475$

$\tan(D) = -0.0176$

Multiplicando tangentes = 0.0061

$\arccos = 1.5647$ radianes

89.6454 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9766 horas

Sumandole 12 horas = 17.9766 horas

= 17 horas 58 minutos 35.76 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.0234 horas

= 6 horas 1 minutos 24.24 segundos

Como $A < Aoc$, entonces:

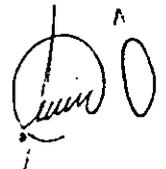
Hora del paso del sol por la fachada = $12 + \Delta t = 12.5637$ horas

= 12 horas 33 minutos 49.32 segundos

Asoleamiento = Hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto

= 6.5403 horas

= 6 horas 32 minutos 25.08 segundos



Cubiculos de terapia 54-57
 $C = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -0.40$

$n = 80$ Mar-20
 $n-81 = -1$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = -0.99$
 en radianes = -0.02
 $\text{sen}(x) = -0.0172$
 $\times 23.45 = -0.40365322$

$$\cos(A) = \frac{\cos(L) \cdot \cos(D) + \sqrt{1 - \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}}{1 - \tan(L) \cdot \tan(D)}$$

L =	19°33'	19.16	0.33 radianes
D =	0°24'	-0.40	-0.01 radianes
A =	73°16'	73.27	1.28 radianes

$\cos A = 0.2873$ $L - D = 19.56$ 0.34 radianes
 $\cos^2 A = 0.0829$ $\tan(L-D) = 0.3554$
 $\frac{1}{\cos^2 A} = 12.0558$ $\tan^2(L-D) = 0.1263$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 1.5243$
 Y sumandole 1 para obtener en radianes 2.5243
 Conteniendo la raíz cuadrada 1.5888

Calculando cosenos
 $\cos L = 0.9443$
 $\cos D = 1.0000$
 Multiplicando cosenos y ± 2 cuadrada = 1.5007
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.6663

Calculando tangentes
 $\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.0070$
 Multiplicamos tangentes = -0.0024

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.6688$
 Por lo tanto $\Delta H = 0.8382$ radianes
 Así $\Delta H = 48.0268$
 $\underline{48^\circ 13' 36.48''}$

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 3.2018$

$\cos(Aoc) = -\text{sen}(iD) / \cos(L)$

Calculando senos:
 $\text{sen}(D) = -0.0070$
 $-\text{sen}(D) = 0.0070$
 Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0075
 Por lo tanto $Aoc = 1.5633$ radianes
 $Aoc = 89.5727$
 $Aoc = 89^\circ 34' 21.72''$

$Aor = -1 \cdot Aoc = -89.572675$
 $Aor = -89^\circ 34' 21.63''$

Horz del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$
 $-\tan(L) = -0.3475$
 $\tan(D) = -0.0070$

Multiplicando tangentes = 0.0024
 $\arccos = 1.5683$ radianes
 89.8557 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9906 horas
 Sumandole 12 horas = 17.9906 horas
 $= 17$ horas 59 minutos 26 segundos

Hora del orto = $24 -$ hora del ocaso
 $= 6.0094$ horas
 $= 6$ horas 0 minutos 33.84 segundos

Como $A < Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 + \Delta t = 15.2018$ horas
 15 horas 12 minutos 6.48 segundos

Asoleamiento = Hora del paso del sol por la fachada - Hora del orto
 $= 9.1924$ horas
 $= 9$ horas 11 minutos 32.64 segundos

$$D = 23.5 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -0.40$$

n =	80	Mar-20
n-81 =	-1	
360/365 =	0.99	
(n-81) \cdot (360/365) =	-0.99	
en radianes =	-0.02	
sen(x) =	-0.0172	
x 23.45	-0.40365320	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	15° 5' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-0° 2' 40"	-0.40	-0.31 radianes
A =	180° 0' 0"	180.00	3.14 radianes

cos A =	-1.0000	L - D =	19.56	0.34 radianes
cos ² A =	1.0000	tan(L-D) =	0.3552	
$\frac{1}{\cos^2 A} =$	1.0000	tan ² (L-D) =	0.1263	

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} =$ 0.1263

Y sumandole 1 para obtener el radicando 1.1263
Obteniendo la raíz cuadrada 1.0613

Calculando cosenos:
cos L = 0.9446
cos D = 1.0000
Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.0025
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.9975

Calculando tangentes:
tan L = 0.3475
tan D = -0.0070
Multiplicando tangentes = -0.0024

Calculando la diferencia cos ΔH = 1.0000
Por lo tanto ΔH = 0.0000 radianes
Así ΔH = $\frac{0.0000}{0.0000}$

Así ΔH = ΔH / 15 = 0.0000

$$\cos(Aoc) = \frac{-\text{sen}(D)}{\cos(L)}$$

Calculando senos:

sen(D) = -0.0070
-sen(D) = 0.0070

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0075
Por lo tanto Aoc = 1.5633 radianes
Aoc = 89.5727
Aoc = 89° 34' 21.72"

Acr = -1° Aoc = -89.572675
Acr = -89° 34' 21.63"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) \cdot tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475
tan(D) = -0.0070

Multiplicando tangentes = 0.0024
arccos = 1.5683 radianes
89.8597 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9906 horas
Sumandole 12 horas = 17.9906 horas

= 17 horas 59 minutos 26.16 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.0094 horas
= 6 horas 0 minutos 33.84 segundos

Como A > Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 - Δt = 12.0000 horas
= 12 horas 00 minutos 0.00 segundos

Asciamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.

= 5.9906 horas
= 5 horas 59 minutos 26.16 segundos

$$= 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -1.01$$

n =	265	Sep-22
n-81 =	185	
360/365 =	0.99	
(n-81) \cdot (360/365) =	182.47	
en radianes =	3.18	
sen (x) =	-0.0430	
x 23.45	-1.00827136	

$$\cos A = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D) \cdot \frac{1}{\cos^2 A}}}$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-1° 03' 94"	-1.01	-0.02 radianes
A =	180° 00' 00"	180.00	3.14 radianes

$$\cos A = -1.0000 \quad L - D = 20.17 \quad 0.35 \text{ radianes}$$

$$\cos^2 A = 1.0000 \quad \tan(L-D) = 0.3673$$

$$\tan^2(L-D) = 0.1349$$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.0000$$

$$\text{Multiplicando } \tan^2(L-D) \text{ por } \frac{1}{\cos^2 A} = 0.1349$$

$$\text{Y sumándole 1 para obtener el radicando.} \quad 1.1349$$

$$\text{Obteniendo la raíz cuadrada} \quad 1.0653$$

Calculando cosenos:

$$\cos L = 0.9446$$

$$\cos D = 0.9998$$

$$\text{Multiplicando cosenos y raíz cuadrada} = 1.0062$$

$$\text{Obteniendo el inverso de la multiplicación} = 0.9939$$

Calculando tangentes:

$$\tan L = 0.3475$$

$$\tan D = -0.0176$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = -0.0061$$

$$\text{Calculando la diferencia } \cos \Delta H = 1.0000$$

$$\text{Por lo tanto } \Delta H = 0.0000 \text{ radianes}$$

$$\text{Así } \Delta H = 0.0000$$

$$0^\circ 0' 0''$$

$$\text{Así } \Delta t = \Delta H / 15 = 0.0000$$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$$\text{sen}(D) = -0.0176$$

$$-\text{sen}(D) = 0.0176$$

$$\text{Dividiendo entre el coseno de la latitud} = 0.0186$$

$$\text{Por lo tanto } Aoc = 1.5522 \text{ radianes}$$

$$Aoc = 88.9320$$

$$Aoc = 88^\circ 55' 55.2''$$

$$Aor = -1^\circ Aoc = -88.931959$$

$$Aor = -88^\circ 55' 55.05''$$

$$\text{Hora del ocaso} = 12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$$

$$-\tan(L) = -0.3475$$

$$\tan(D) = -0.0176$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = 0.0061$$

$$\arccos = 1.5647 \text{ radianes}$$

$$89.6494 \text{ grados}$$

$$\text{Dividiendo entre 15} = 5.9766 \text{ horas}$$

$$\text{Sumándole 12 horas} = 17.9766 \text{ horas}$$

$$= 17 \text{ horas } 58 \text{ minutos } 35.76 \text{ segundos}$$

$$\text{Hora del orto} = 24 - \text{hora del ocaso:}$$

$$= 6.0234 \text{ horas}$$

$$= 6 \text{ horas } 1 \text{ minutos } 24.24 \text{ segundos}$$

Como $A < Aoc$, entonces:

$$\text{Hora del paso del sol por la fachada} = 12 + \Delta t = 12.0000 \text{ horas}$$

$$= 12 \text{ horas } 00 \text{ minutos } 0.0 \text{ segundos}$$

$$\text{Asoleamiento} = \text{Hora de paso del sol por la fachada} - \text{Hora del orto}$$

$$= 5.9766 \text{ horas}$$

$$= 5 \text{ horas } 58 \text{ minutos } 35.76 \text{ segundos}$$

Cubiculos de terapia 54-57

$$D = 23.45 \sin((n-81) \cdot (360/365)) = -1.01$$

$n =$	<u>256</u>	Sep-22
$n-81 =$	175	
$360/365 =$	0.99	
$(n-81) \cdot (360/365) =$	172.47	
en radianes =	3.18	
$\sin(x) =$	-0.0430	
$\times 23.45$	-1.00887136	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

$L =$	<u>19° 5' 35"</u>	19.16	0.33 radianes
$D =$	<u>-1° 0' 31.94"</u>	-1.01	-0.02 radianes
$A =$	<u>255° 49' 37"</u>	253.83	4.43 radianes

$\cos A =$	-0.2785	$L - D =$	20.17	0.35 radianes
$\cos^2 A =$	0.0776	$\tan(L-D) =$	0.3673	
		$\tan^2(L-D) =$	0.1349	

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 12.8392$$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 1.7390$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 2.7390
Obteniendo la raíz cuadrada 1.6550

Calculando cosenos

$\cos L = 0.9445$
 $\cos D = 0.9998$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.5631
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.6398

Calculando tangentes

$\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.0176$

Multiplicando tangentes = -0.0061

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.6459$
Por lo tanto $\Delta H = 0.8686$ radianes

Así $\Delta H = 49.7679$
49° 46' 4.44"

Así $\Delta H = \Delta H / 15 = 3.3179$

$$\cos(Aoc) = -\sin(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$\sin(D) = -0.0176$
 $-\sin(D) = 0.0176$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0186

Por lo tanto $Aoc = 1.5522$ radianes

$Aoc = 88.9320$

$Aoc = 88° 55' 55.2"$

$Aoc = -1 \cdot Aoc = -88.931959$

$Aoc = -88° 55' 55.05"$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$\tan(L) = 0.3475$

$\tan(D) = -0.0176$

Multiplicando tangentes = 0.0061

$\arccos = 1.5647$ radianes

89.6494 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9766 horas

Sumandole 12 horas = 17.9766 horas

= 17 horas 58 minutos 35.76 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.0234 horas

= 6 horas 1 minutos 24.24 segundos

Como $A < Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 + \Delta t = 15.3179$ horas

= 15 horas 19 minutos 4.44 segundos

Asoleamiento = Hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto

= 9.2945 horas

= 9 horas 17 minutos 40.2 segundos

Cubiculos de terapia 33-38
 $D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$

$n = 356$ Dic-21
 $n-81 = 275$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = 271.23$
 en radianes = 4.73
 $\text{sen}(x) = -0.9998$
 $x \cdot 23.45 = -23.44457137$

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

$L = 19^{\circ} 5' 36''$	19.15	0.33 radianes
$D = -23^{\circ} 26' 40.46''$	-23.44	-0.41 radianes
$A = 16^{\circ} 13' 35''$	169.23	2.95 radianes

$\cos A = -0.9824$	$L - D = 42.60$	0.74 radianes
$\cos^2 A = 0.9651$	$\tan(L-D) = 0.9197$	
$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.0362$	$\tan^2(L-D) = 0.8458$	

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.8765$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.8765
 Obteniendo la raíz cuadrada 1.3698

Calculando cosenos:
 $\cos L = 0.9446$
 $\cos D = 0.9174$
 Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.1871
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.8424

Calculando tangentes:
 $\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.4337$
 Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9930$
 Por lo tanto $\Delta H = 0.1180$ radianes
 Así $\Delta H = 6.7634$
 $6^{\circ} 45' 48.24''$

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 0.4509$

$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$

Calculando senos:
 $\text{sen}(D) = -0.3979$
 $-\text{sen}(D) = 0.3979$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212
 Por lo tanto $Aoc = 1.1360$ radianes
 $Aoc = 55.0900$
 $Aoc = 65^{\circ} 5' 24''$

$Aor = -1^{\circ} Aoc = -65.090045$
 $Acr = -65^{\circ} 5' 24.16''$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$
 $-\tan(L) = -0.3475$
 $\tan(D) = -0.4337$

Multiplicando tangentes = 0.1507
 $\arccos = 1.4195$ radianes
 81.3338 grados

Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas
 Sumandole 12 horas = 17.4223 horas
 = 17 horas 25 minutos 20.28 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:
 $= 6.5777$ horas
 = 6 horas 33 minutos 27.72 segundos

Como $A > Aoc$, entonces.
 Hora del paso del sol por la fachada = $12 - \Delta t = 11.5491$ horas
 = 11 horas 32 minutos 56.76 segundos

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.
 $= 5.8731$ horas
 = 5 horas 52 minutos 23.16 segundos

CNR-CPO VIII. DIENTES DE SIERRA. CALCULO DEL PASO DEL SOL POR LA FACHADA.

Cubiculos de terapia 25-32

$D = 23.45 \cdot \text{Sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$

n =	356	Dic-21
n-81 =	275	
360/365 =	0.99	
(n-81) * (360/365) =	271.23	
en radianes =	4.73	
sen (x) =	-0.9998	
x 23.45	-23.44457137	

$$\cos A = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} \cdot \tan L \cdot \tan D$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-23° 26' 40.46"	-23.44	-0.41 radianes
A =	118° 49' 24"	118.82	2.07 radianes

cos A = -0.4821 L - D = 42.60 0.74 radianes

cos² A = 0.2324 tan(L-D) = 0.9197

tan²(L-D) = 0.8458

$\frac{1}{\cos^2 A} = 4.3024$

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 3.6391$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 4.6391

Obteniendo la raíz cuadrada 2.1539

Calculando cosenos:

cos L = 0.9446

cos D = 0.9174

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.8666

Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.5357

Calculando tangentes:

tan L = 0.3475

tan D = -0.4337

Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia cos ΔH = 0.6864

Por lo tanto ΔH = 0.8142 radianes

Asi ΔH = 46.6529

46° 39' 10.44"

Asi Δt = ΔH / 15 = 3.1102

cos (Aoc) = -sen (D) / cos (L)

Calculando senos:

sen (D) = -0.3979

-sen (D) = 0.3979

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212

Por lo tanto Aoc = 1.1360 radianes

Aoc = 65.0900

Aoc = 65° 5' 24"

Aor = -1° Aoc = -65.090045

Aor = -65° 5' 24.16"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) * tan(D)) / 15

-tan (L) = -0.3475

tan (D) = -0.4337

Multiplicando tangentes = 0.1507

arccos = 1.4195 radianes

81.3338 grados

Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas

Sumandole 12 horas = 17.4223 horas

= 17 horas 25 minutos 20.28 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.5777 horas

= 6 horas 33 minutos 27.72 segundos

Como A > Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 - Δt = 8.8898 horas

= 8 horas 53 minutos 23.23 segundos

Asociamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.

= 8.5324 horas

= 8 horas 31 minutos 56.64 segundos

Cubiculos de terapia 45-47
 $D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$

$n = \frac{356}{360/365} = 356$ Dic-21
 $n-81 = 275$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = 271.23$
 en radianes = 4.73
 $\text{sen}(x) = -0.9998$
 $x \cdot 23.45 = -23.44457137$

$$\cos A = \frac{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}}{\cos^2 A} = \tan L \cdot \tan D$$

$L = 19^\circ 9' 36''$	19.16	0.33 radianes
$D = -23^\circ 26' 40.46''$	-23.44	-0.41 radianes
$A = 141^\circ 7' 20''$	141.12	2.46 radianes

$\cos A = -0.7785$ $L - D = 42.60$ 0.74 radianes

$\cos^2 A = 0.6060$ $\tan(L-D) = 0.9197$

$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.6501$ $\tan^2(L-D) = 0.8452$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 1.3957$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 2.3957
 Obteniendo la raiz cuadrada 1.5478

Calculando cosenos

$\cos L = 0.9446$
 $\cos D = 0.9174$

Multiplicando cosenos y raiz cuadrada = 1.3414
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.7455

Calculando tangentes

$\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.4337$

Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.8962$

Por lo tanto $\Delta H = 0.4597$ radianes

Así $\Delta H = 26.3382$

$26^\circ 20' 17.52''$

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 1.7559$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$\text{sen}(D) = -0.3979$
 $-\text{sen}(D) = 0.3979$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212

Por lo tanto $Aoc = 1.1360$ radianes

$Aoc = 65.0900$

$Aoc = 65^\circ 5' 24''$

$Aor = -1 \cdot Aoc = -65.090045$

$Aor = -65^\circ 5' 24.16''$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$-\tan(L) = -0.3475$

$\tan(D) = -0.4337$

Multiplicando tangentes = 0.1507

$\arccos = 1.4195$ radianes

81.3338 grados

Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas

Sumandole 12 horas = 17.4223 horas

$= 17 \text{ horas } 25 \text{ minutos } 20.28 \text{ segundos}$

Hora del orto = $24 - \text{hora del ocaso}$:

$= 6.5777$ horas

$= 6 \text{ horas } 33 \text{ minutos } 27.72 \text{ segundos}$

Como $A > Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 - \Delta t = 10.2441$ horas

$= 10 \text{ horas } 14 \text{ minutos } 38.76 \text{ segundos}$

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.

$= 7.1781$ horas

$= 7 \text{ horas } 10 \text{ minutos } 41.16 \text{ segundos}$

Cubiculos de terapia 39-44

$$D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$$

n =	<u>356</u>	Dic-21
n-81 =	275	
360/365 =	0.99	
(n-81) \cdot (360/365) =	271.23	
en radianes =	4.73	
sen(x) =	-0.9998	
x \cdot 23.45	-23.44	

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	<u>19°9'36"</u>	19.16	0.33 radianes
D =	<u>-23°26'40.46"</u>	-23.44	-0.41 radianes
A =	<u>23°0'24"</u>	23.01	0.40 radianes

cos A =	0.9205	L - D =	42.60	0.74 radianes
cos ² A =	0.8472	tan(L-D)	0.9197	
		tan ² (L-D)	0.8458	

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.1803$$

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.9983$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.9983
Obteniendo la raíz cuadrada 1.4136

Calculando cosenos:

cos L = 0.9446
cos D = 0.9174

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.2251
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.8163

Calculando tangentes:

tan L = 0.3475
tan D = -0.4337

Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia cos ΔH = 0.5669
Por lo tanto ΔH = 0.2578 radianes

Así ΔH = $\frac{14.7717}{0.8163} = 14°45'18.12"$

Así Δt = ΔH / 15 = 0.9848

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

sen(D) = -0.3979
-sen(D) = 0.3979

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212

Por lo tanto Aoc = 1.1360 radianes

Aoc = 65.0900

Aoc = 65°5'24"

Aor = -1° Aoc = -65.090045

Aor = -65°5'24.16"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) \cdot tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475

tan(D) = -0.4337

Multiplicando tangentes = 0.1507

arccos = 1.4195 radianes
81.3338 grados

Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas

Sumandole 12 horas = 17.4223 horas

= 17 horas 25 minutos 20.28 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.5777 horas

= 6 horas 33 minutos 27.72 segundos

Como A < Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 + Δt = 12.9848 horas

= 12 horas 59 minutos 5.28 segundos

Asoleamiento = hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto

= 6.4070 horas

= 6 horas 24 minutos 25.2 segundos

$$D = 23.45 \sin((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$$

n = 356 Dic-21
 n-81 = 275
 360/365 = 0.99
 (n-81) * (360/365) = 271.23
 en radianes = 4.73
 sen(x) = -0.9998
 x 23.45 = -23.44457137

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	19°9'36"	19.16	0.33 radianes
D =	-23°26'40.46"	-23.44	-0.41 radianes
A =	180°0'0"	180.00	3.14 radianes

cos A =	-1.0000	L - D =	42.60	0.74 radianes
cos ² A =	1.0000	tan(L-D) =	0.9197	
cos A =	1.0000	tan ² (L-D) =	0.8458	

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.8458$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.8458
 Obteniendo la raíz cuadrada 1.3586

Calculando cosenos.
 cos L = 0.9446
 cos D = 0.9174
 Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.1774
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.8493

Calculando tangentes:
 tan L = 0.3475
 tan D = -0.4337
 Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia cos ΔH = 1.0000
 Por lo tanto ΔH = 0.0000 radianes
 Así ΔH = $\frac{0.0000}{0^{\circ}0'0"}$

Así Δt = ΔH / 15 = 0.0000

$$\cos(Aoc) = -\sin(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:
 sen(D) = -0.3979
 -sen(D) = 0.3979
 Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212
 Por lo tanto Aoc = 1.1350 radianes
 Aoc = $\frac{65.0900}{65^{\circ}52'41"}$
 Aor = -1 * Aoc = $\frac{-65.090045}{-65^{\circ}52'41.6"}$

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) * tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475
 tan(D) = -0.4337
 Multiplicando tangentes = 0.1507
 arccos = 1.4195 radianes
 81.3338 grados
 Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas
 Sumandole 12 horas = 17.4223 horas
 = 17 horas 25 minutos 20.28 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:
 = 6.5777 horas
 = 6 horas 33 minutos 37.72 segundos

Como A > Aoc, entonces:
 Hora del paso del sol por la fachada = 12 - Δt = 12.0000 horas
 = 12 horas 00 minutos 00.00 segundos

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso de sol por la fachada.
 = 5.4223 horas
 = 5 horas 25 minutos 20.28 segundos

Cubiculos de terapia 54-57

$$D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -1.01$$

n =	<u>266</u>	Sep-22
n-81 =	185	
360/365 =	0.99	
(n-81) * (360/365) =	182.47	
en radianes =	3.18	
sen(x) =	-0.0430	
x 23.45	-1.00887136	

$$\cos A = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	<u>19°5'36"</u>	<u>19.16</u>	0.33 radianes
D =	<u>-1°0'31.94"</u>	<u>-1.01</u>	-0.02 radianes
A =	<u>253°49'37"</u>	<u>253.83</u>	4.43 radianes

cos A =	-0.2785	L - D =	20.17	0.35 radianes
cos ² A =	0.0776	tan(L-D) =	0.3673	
		tan ² (L-D) =	0.1349	

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 12.8592$$

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A}$ = 1.7390

Y sumandole 1 para obtener el radicando = 2.7390
Obteniendo la raíz cuadrada = 1.6550

Calculando cosenos

cos L = 0.9446
cos D = 0.9998

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.5631
Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.6398

Calculando tangentes

tan L = 0.3475
tan D = -0.0176

Multiplicando tangentes = -0.0061

Calculando la diferencia cos A = 0.6459

Por lo tanto Δff = 0.8626 radianes

Así Δff = 49.7679

49°46'4.44"

Así Δt = Δff / 15 = 3.3179

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

sen(D) = -0.0176
-sen(D) = 0.0176

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.0186

Por lo tanto Aoc = 1.5522 radianes

Aoc = 88.9320

Aoc = 88°55'55.2"

Aor = -1 * Aoc = -88.931959

Aor = -88°55'55.05"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L)*tan(D))/15

-tan(L) = -0.3475

tan(D) = -0.0176

Multiplicando tangentes = 0.0061

arccos = 1.5647 radianes

89.6494 grados

Dividiendo entre 15 = 5.9766 horas

Sumandole 12 horas = 17.9766 horas

= 17 horas 58 minutos 35.76 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.0234 horas

= 6 horas 1 minutos 24.24 segundos

Como A < Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 + Δt = 15.3179 horas

= 15 horas 19 minutos 4.44 segundos

Asoleamiento = Hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto

= 9.2845 horas

= 9 horas 17 minutos 40.2 segundos

CNR-CPO VIII. DIENTES DE SIERRA. CALCULO DEL PASO DEL SOL POR LA FACHADA.

Cubiculos de terapia 25-32

$$D = 23.45 \cdot \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$$

n =	356	Dic-21
n-81 =	275	
360/365 =	0.99	
(n-81) * (360/365) =	271.23	
en radianes =	4.73	
sen(x) =	-0.9998	
x 23.45	-23.44457137	

$$\cos A = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} + \frac{1}{\cos^2 A} \cdot \tan L \cdot \tan D}$$

L =	19° 9' 36"	19.16	0.33 radianes
D =	-23° 26' 40.46"	-23.44	-0.41 radianes
A =	118° 49' 24"	118.82	2.07 radianes

cos A =	-0.4821	L - D =	42.60	0.74 radianes
cos² A =	0.2324	tan(L-D) =	0.9197	
		tan²(L-D) =	0.8458	

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 4.3024$$

Multiplicando tan²(L-D) por $\frac{1}{\cos^2 A} = 3.6391$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 4.6391
Obteniendo la raíz cuadrada 2.1539

Calculando cosenos:

cos L =	0.9446
cos D =	0.9174

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.8666

Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.5357

Calculando tangentes:

tan L =	0.3475
tan D =	-0.4337

Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia cos ΔH = 0.6864

Por lo tanto ΔH = 0.8142 radianes

Asi ΔH = $\frac{46.6529}{46° 39' 17.44"}$

Asi Δt = ΔH / 15 = 3.1102

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

sen(D) = -0.3979

-sen(D) = 0.3979

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212

Por lo tanto Aoc = 1.1360 radianes

Aoc = 65.0900

Aoc = 65° 5' 24"

Aor = -1 * Aoc = -65.090045

Aor = -65° 5' 24.16"

Hora del ocaso = 12 + arccos(-tan(L) * tan(D)) / 15

-tan(L) = -0.3475

tan(D) = -0.4337

Multiplicando tangentes = 0.1507

arccos = 1.4195 radianes

81.3338 grados

Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas

Sumandole 12 horas = 17.4223 horas

= 17 horas 25 minutos 20.28 segundos

Hora del orto = 24 - hora del ocaso:

= 6.5777 horas

= 6 horas 33 minutos 27.72 segundos

Como A > Aoc, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = 12 - Δt = 8.8898 horas

= 8 horas 53 minutos 23.28 segundos

Asoleamiento = Hora del ocaso - hora de paso del sol por la fachada.

= 8.5324 horas

= 8 horas 31 minutos 56.64 segundos

Cubiculos de terapia 54-57

$$D = 23.45 \sin((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$$

$$n = \boxed{356} \quad \text{Dic-21}$$

$$n-81 = 275$$

$$360/365 = 0.99$$

$$(n-81) \cdot (360/365) = 271.23$$

$$\text{en radianes} = 4.73$$

$$\text{sen}(x) = -0.9998$$

$$\times 23.45 = -23.44457137$$

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

L =	19°9'36"	19.16	0.33 radianes
D =	-23°26'40.46"	-23.44	-0.41 radianes
A =	229°39'17"	229.65	4.01 radianes

$$\cos A = -0.6474 \quad L - D = 42.60 \quad 0.74 \text{ radianes}$$

$$\cos^2 A = 0.4191 \quad \tan(L-D) = 0.9197$$

$$\tan^2(L-D) = 0.8458$$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 2.3860$$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 2.0181$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 3.0181
Obteniendo la raíz cuadrada 1.7373

Calculando cosenos:

$$\cos L = 0.9446$$

$$\cos D = 0.9174$$

$$\text{Multiplicando cosenos y raíz cuadrada} = 1.5056$$

$$\text{Obteniendo el inverso de la multiplicación} = 0.6642$$

Calculando tangentes:

$$\tan L = 0.3475$$

$$\tan D = -0.4337$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = -0.1507$$

$$\text{Calculando la diferencia } \cos \Delta H = 0.8149$$

$$\text{Por lo tanto } \Delta H = 0.6183 \text{ radianes}$$

$$\text{Así } \Delta H = 35.4247$$

$$\underline{35^\circ 25' 28.92''}$$

$$\text{Así } \Delta t = \Delta H / 15 = 2.3616$$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$$\text{sen}(D) = -0.3979$$

$$-\text{sen}(D) = 0.3979$$

$$\text{Dividiendo entre el coseno de la latitud} = 0.4212$$

$$\text{Por lo tanto } Aoc = 1.1360 \text{ radianes}$$

$$Aoc = 65.0900$$

$$Aoc = \boxed{65^\circ 5' 24''}$$

$$Aoc = -1 \cdot Aoc = -65.090045$$

$$Aoc = \underline{-65^\circ 5' 24.16''}$$

$$\text{Hora del ocaso} = 12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$$

$$-\tan(L) = -0.3475$$

$$\tan(D) = -0.4337$$

$$\text{Multiplicando tangentes} = 0.1507$$

$$\arccos = 1.4195 \text{ radianes}$$

$$81.3338 \text{ grados}$$

$$\text{Dividiendo entre 15} = 5.4223 \text{ horas}$$

$$\text{Sumandole 12 horas} = 17.4223 \text{ horas}$$

$$= \boxed{17 \text{ horas } 25 \text{ minutos } 20.28 \text{ segundos}}$$

$$\text{Hora del orto} = 24 - \text{hora del ocaso:}$$

$$= 6.5777 \text{ horas}$$

$$= \boxed{6 \text{ horas } 33 \text{ minutos } 27.72 \text{ segundos}}$$

Como $A > Aoc$, entonces:

$$\text{Hora del paso del sol por la fachada} = 12 - \Delta t = \boxed{9.6384 \text{ horas}}$$

$$= \underline{9 \text{ horas } 38 \text{ minutos } 18.24 \text{ segundos}}$$

$$\Delta \text{soleamiento} = \text{Hora del ocaso} - \text{hora de paso del sol por la fachada.}$$

$$= \boxed{7.7839 \text{ horas}}$$

$$= \underline{7 \text{ horas } 47 \text{ minutos } 2.04 \text{ segundos}}$$

Cubiculos de terapia 39-44
 $D = 23.45 \text{sen}((n-81) \cdot (360/365)) = -23.44$

$n = 356$ Dic-21
 $n-81 = 275$
 $360/365 = 0.99$
 $(n-81) \cdot (360/365) = 271.23$
 en radianes = 4.73
 $\text{sen}(x) = -0.9998$
 $x \cdot 23.45 = -23.44$

$$\cos \Delta H = \frac{1}{\cos L \cdot \cos D \cdot \sqrt{1 + \tan^2(L-D)} \cdot \frac{1}{\cos^2 A}} - \tan L \cdot \tan D$$

$L = 19^\circ 9' 36'' = 19.16$ 0.33 radianes
 $D = -23^\circ 26' 40.46'' = -23.44$ -0.41 radianes
 $A = 23^\circ 0' 24'' = 23.01$ 0.40 radianes

$\cos A = 0.9205$ $L - D = 42.60$ 0.74 radianes
 $\cos^2 A = 0.8472$ $\tan(L-D) = 0.9197$

$\tan^2(L-D) = 0.8458$

$$\frac{1}{\cos^2 A} = 1.1803$$

Multiplicando $\tan^2(L-D)$ por $\frac{1}{\cos^2 A} = 0.9983$

Y sumandole 1 para obtener el radicando. 1.9983
 Obteniendo la raíz cuadrada 1.4136

Calculando cosenos:

$\cos L = 0.9446$
 $\cos D = 0.9174$

Multiplicando cosenos y raíz cuadrada = 1.2251
 Obteniendo el inverso de la multiplicación = 0.8163

Calculando tangentes:

$\tan L = 0.3475$
 $\tan D = -0.4337$

Multiplicando tangentes = -0.1507

Calculando la diferencia $\cos \Delta H = 0.9669$

Por lo tanto $\Delta H = 0.2578$ radianes

Así $\Delta H = 14.7717$
 $14^\circ 46' 18.12''$

Así $\Delta t = \Delta H / 15 = 0.9848$

$$\cos(Aoc) = -\text{sen}(D) / \cos(L)$$

Calculando senos:

$\text{sen}(D) = -0.3979$
 $-\text{sen}(D) = 0.3979$

Dividiendo entre el coseno de la latitud = 0.4212

Por lo tanto $Aoc = 1.1360$ radianes

$Aoc = 65.0900$

$Aoc = 65^\circ 5' 24''$

$Aor = -1^\circ Aoc = -65.090045$

$Aor = 65^\circ 5' 24.16''$

Hora del ocaso = $12 + \arccos(-\tan(L) \cdot \tan(D)) / 15$

$-\tan(L) = -0.3475$

$\tan(D) = -0.4337$

Multiplicando tangentes = 0.1507

$\arccos = 1.4195$ radianes

81.3338 grados

Dividiendo entre 15 = 5.4223 horas

Sumandole 12 horas = 17.4223 horas

= 17 horas 25 minutos 20.28 segundos

Hora del orto = $24 - \text{hora del ocaso}$

= 6.5777 horas

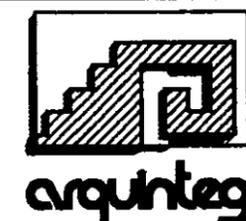
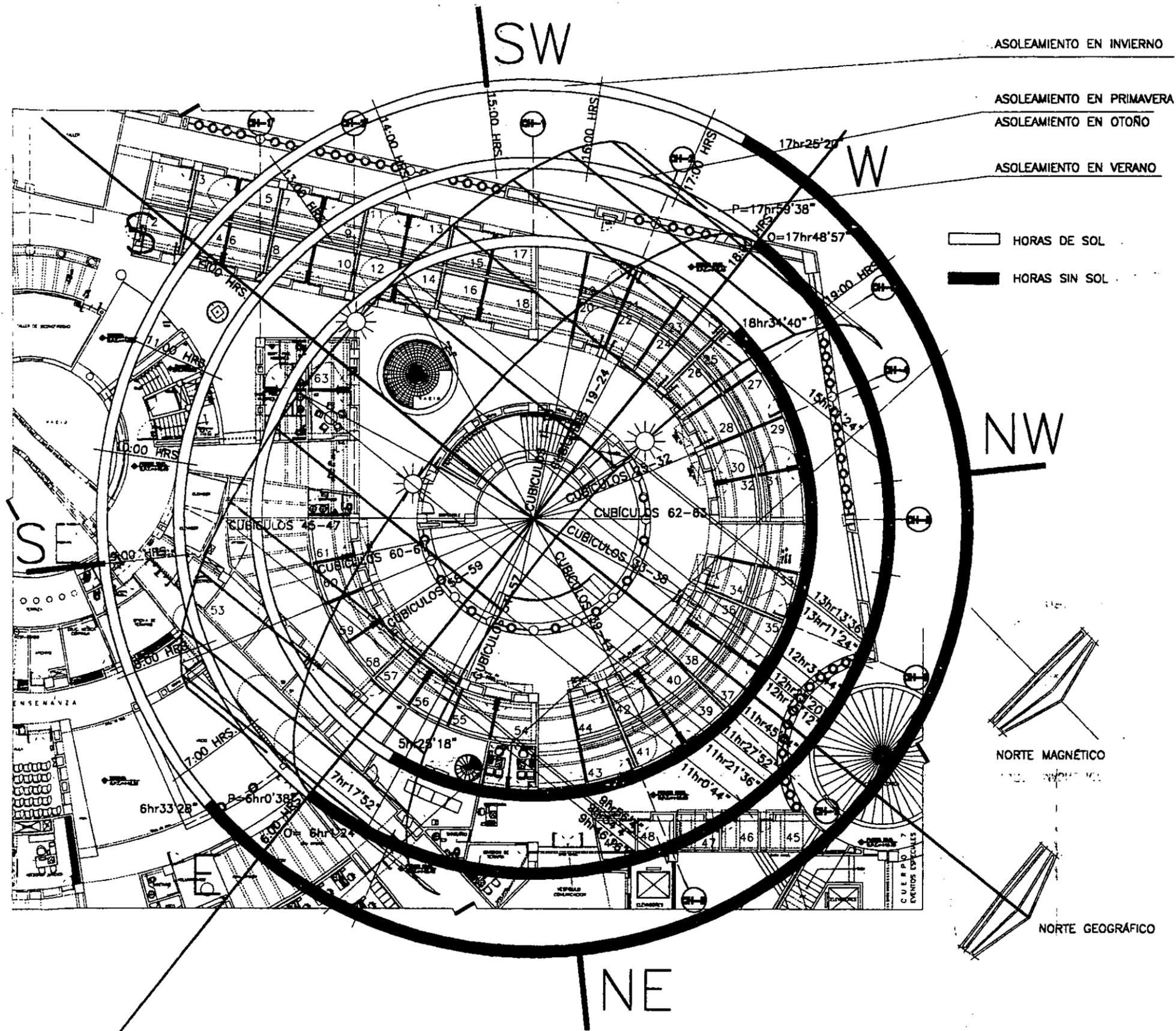
= 6 horas 33 minutos 27.72 segundos

Como $A < Aoc$, entonces:

Hora del paso del sol por la fachada = $12 + \Delta t = 12.9848$ horas
 = 12 horas 59 minutos 5.28 segundos

Asoleamiento = hora de paso del sol por la fachada - Hora del orto

= 6.4070 horas
 = 6 horas 24 minutos 25.2 segundos



Detalles de obra

Obra :
CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

Cuerpo :
 " B "

Area :
TERAPIAS

Plano de :
 Estudio de asoleamiento en diantes de sala de cubiculos de terapias

Referencias :

Aprobación ARQUITEG :

17-agosto-2000 B-A-8-
 Fecha: Clave:

1 : 300
 Escala: Revisión:

MINISTERIO DE SALUD
 Secretario: LIC. JOSE ANTONIO GONZALEZ
 Oficial Mayor: LIC. JORGE TAMAYO
 COORDINACION GENERAL DE OBRAS, CONSERVACION Y EQUIPAMIENTO
 Director General de Obras: ING. EDUARDO JUAN PEREZ
 Director de Obras del Centro: ING. GUILLERMO CORNEJO
 Director de Rehabilitación: ING. MARTINIANO ABELARDO
 Director de Conservación: ING. MARTINIANO ABELARDO
 Subdirector de Proyectos: ING. GILBERTO SALAZAR REYES
 UBICACION: ANILLO PERIFERICO SUR Y AV. MEXICO MICHUAN
 TIPO DE OBRA: REHA.

TUZANTLA

SOLAR COORDINATE CALCULATION PROGRAM SUNPATH FROM THE
FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER, CAPE CANAVERAL, FLORIDA

MICHALSKY SOLAR POSITIONS FOR TUZANTLA MICHOACAN

LATITUDE = 19 DEG 13 MIN 0 SEC
LONGITUDE = 100 DEG 35 MIN 0 SEC
TIME ZONE = 6 CASE 1 PRINT FILE: TUZANTLA.PRT
FOR THIS DATA CIVIL TIME IS DAYLIGHT SAVING TIME

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY EQUINOCCIO DE PRIMAVERA
2000 3 20 80

FACHADA SUROESTE

CIVIL SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
14.761 14:45:38 12.929 12:55:43

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG:MI:SEC DEGR DEG:MI:SEC
66.28 66:16:36 216.73 216:43:40

FACHADA SURESTE

CIVIL SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
12.261 12:15:39 10.428 10:25:42

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG:MI:SEC DEGR DEG:MI:SEC
59.80 59:47:49 127.38 127:22:33

HABITACIONES 45°

CIVIL SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
17.917 17:55:0 16.086 16:5:8

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG:MI:SEC DEGR DEG:MI:SEC
26.96 26:57:43 259.63 259:37:52

EQUINOCCIO DE OTOÑO

YEAR MONTH DAY JULIAN DAY
2000 9 22 266

FACHADA SUROESTE

CIVIL SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
14.515 14:30:52 12.929 12:55:43

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG:MI:SEC DEGR DEG:MI:SEC
66.72 66:43:26 217.51 217:30:19

FACHADA SURESTE

CIVIL SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
12.015 12:0:53 10.428 10:25:42

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG:MI:SEC DEGR DEG:MI:SEC
60.21 60:12:29 126.43 126:25:45

HABITACIONES 45°

CIVIL SOLAR SOLAR
HOUR HR:MI:SE HOUR HR:MI:SE
17.671 17:40:14 16.086 16:5:8

SOLAR ALTITUDE ANGLE SOLAR AZIMUTH ANGLE
DEGR DEG:MI:SEC DEGR DEG:MI:SEC
27.12 27:7:29 260.09 260:5:31

TUZANTLA

SOLAR COORDINATE CALCULATION PROGRAM SUNPATH FROM THE
FLORIDA SOLAR ENERGY CENTER, CAPE CANAVERAL, FLORIDA

MICHALSKY SOLAR POSITIONS FOR TUZANTLA MICHOCACAN

LATITUDE = 19 DEG 13 MIN 0 SEC
LONGITUDE = 100 DEG 35 MIN 0 SEC
TIME ZONE = 6 CASE 1 PRINT FILE: TUZANTLA.PRT
FOR THIS DATA CIVIL TIME IS DAYLIGHT SAVING TIME

YEAR	MONTH	DAY	JULIAN DAY	SOLSTICIO DE INVIERNO
2000	12	21	356	

FACHADA SUROESTE		SOLAR		SOLAR ALTITUDE ANGLE		SOLAR AZIMUTH ANGLE	
CIVIL	HR:MI:SE	HOUR	HR:MI:SE	DEGR	DEG:MI:SEC	DEGR	DEG:MI:SEC
15.762	15:45:42	14.090	14:5:25	37.54	37:32:11	217.00	217:0:10

FACHADA SURESTE		SOLAR		SOLAR ALTITUDE ANGLE		SOLAR AZIMUTH ANGLE	
CIVIL	HR:MI:SE	HOUR	HR:MI:SE	DEGR	DEG:MI:SEC	DEGR	DEG:MI:SEC
10.112	10:6:42	8.442	8:26:32	22.75	22:44:53	127.05	127:2:45

YEAR	MONTH	DAY	JULIAN DAY	SOLSTICIO DE VERANO
2000	6	21	173	

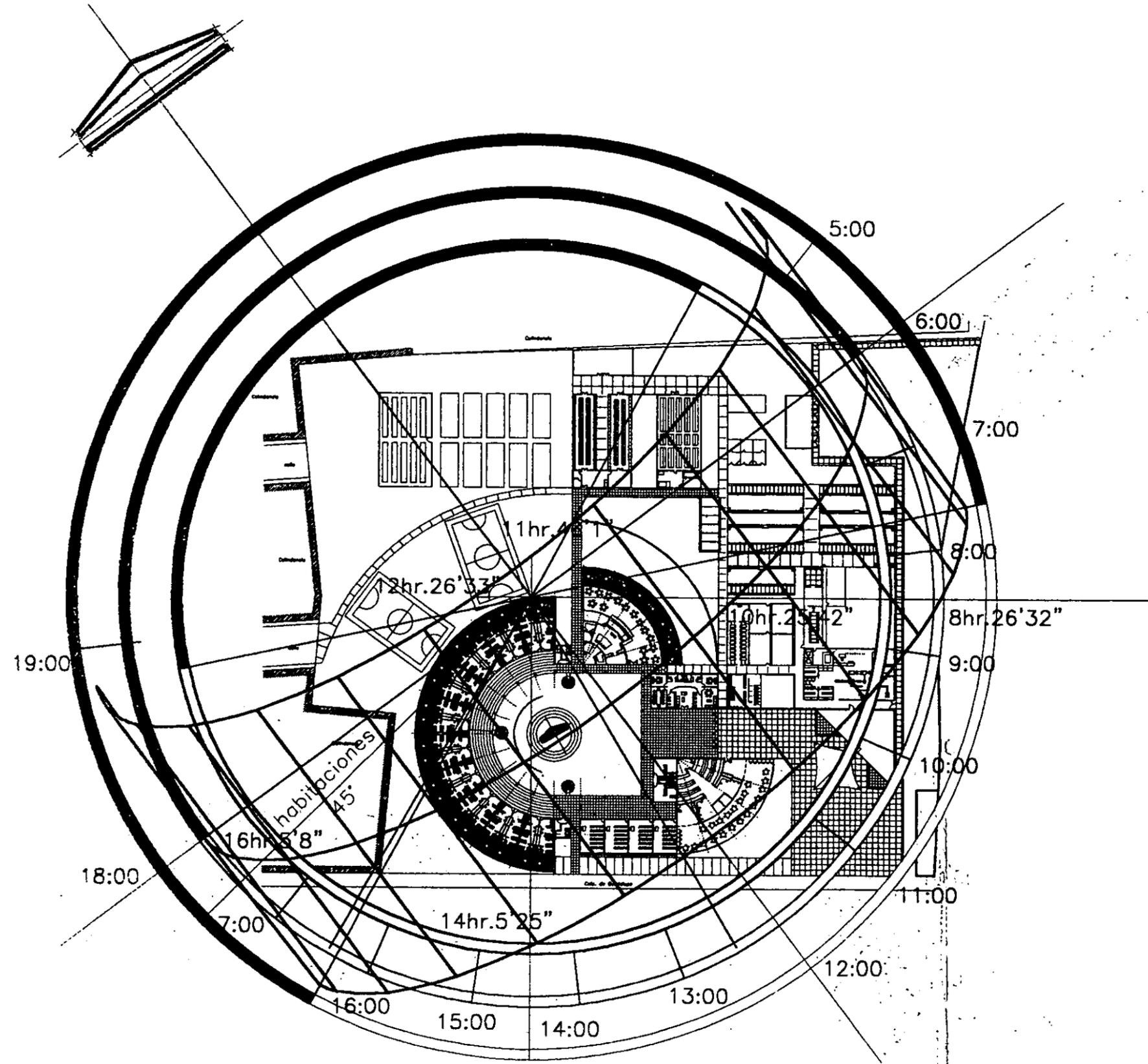
FACHADA NOROESTE		SOLAR		SOLAR ALTITUDE ANGLE		SOLAR AZIMUTH ANGLE	
CIVIL	HR:MI:SE	HOUR	HR:MI:SE	DEGR	DEG:MI:SEC	DEGR	DEG:MI:SEC
14.176	14:10:33	12.443	12:26:33	82.53	82:31:33	305.50	305:30:0

FACHADA NORESTE		SOLAR		SOLAR ALTITUDE ANGLE		SOLAR AZIMUTH ANGLE	
CIVIL	HR:MI:SE	HOUR	HR:MI:SE	DEGR	DEG:MI:SEC	DEGR	DEG:MI:SEC
13.500	13:30:1	11.767	11:46:1	84.66	84:40:45	37.02	37:1:19

VERANO	AMANECER	5 HR. 25 MIN. 12 SEG.
	ATARDECER	18 HR. 34 MIN. 47 SEG.

PRIMAVERA	AMANECER	6 HORAS.
	ATARDECER	18 HORAS.

INVIERNO	AMANECER	6 HR. 34 MIN. 47 SEG
	ATARDECER	17 HR. 25 MIN. 12 SEG.



Centro Industrial Agropecuario
 Universidad Nacional Autónoma de México
 PLANTA AGROPECUARIA
 PLANTA 100A

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Centro Industrial Agropecuario
 Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Arquitectura
 AERONÁUTICA





arquiteg

Detalles de obra

Obra:
CENTRO NACIONAL DE REHABILITACION

Cuerpo:
" B "

Área:
TERAPIAS

Plano de:
Estudio de acicalamiento en dientes de sierra de cubículos de terapias

Referencias:

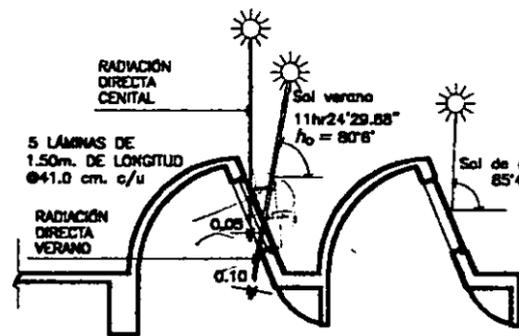
Aprobación ARQUITEG:

17-agosto-2000 B-A-B-
Fecha: Clave:

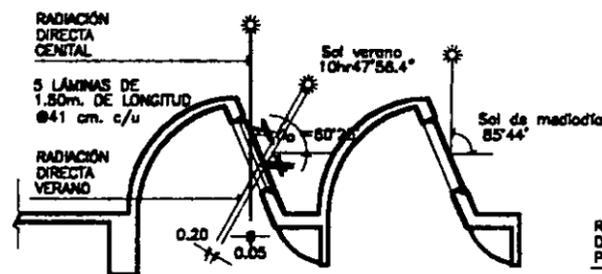
1 : 250
Escala: Revisión:

SECRETARÍA DE SALUD

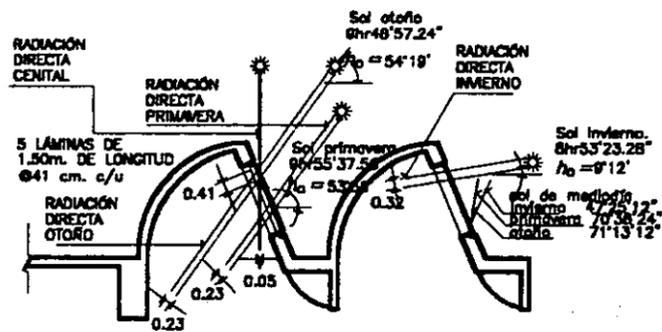
Secretaría: LIC. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ
 Oficial Mayor: LIC. JOSÉ TAPIA
 COORDINACIÓN GENERAL DE OBRAS, CONSERVACIÓN Y EQUIPAMIENTO
 Director General de Obras: ING. EDUARDO JIMÉNEZ PÉREZ
 Director de Obras del Centro: ING. ROBERTO GONZÁLEZ
 Director de Planeación: ING. ROBERTO GONZÁLEZ
 Director de Construcción: ING. ROBERTO GONZÁLEZ
 Subdirector de Proyectos: ING. ROBERTO GONZÁLEZ
 UBICACIÓN: AV. MEXICO-PANAMA S/N Y AV. MEXICO-BOCA
 TIPO DE OBRA: REHA



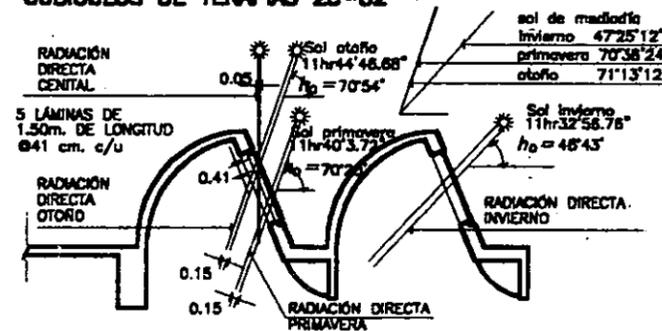
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 1-18



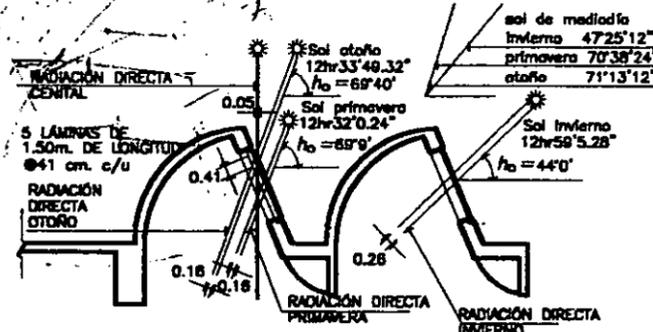
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 19-24



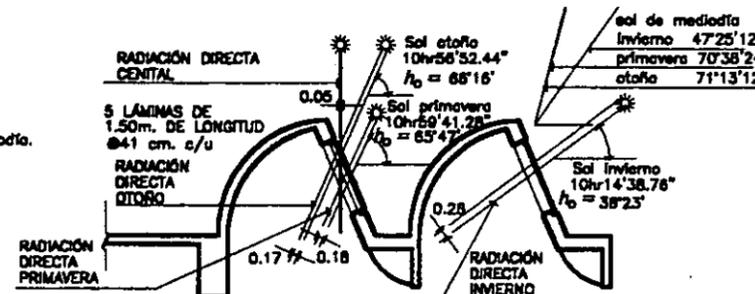
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 25-32



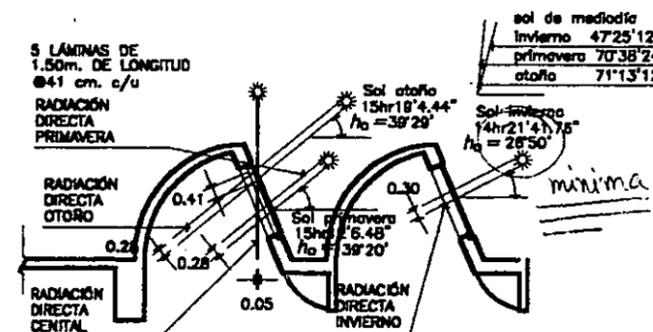
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 33-38



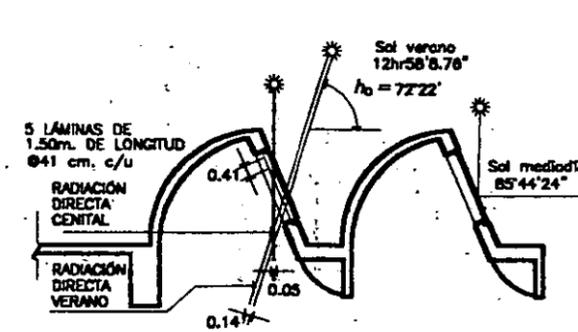
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 39-44



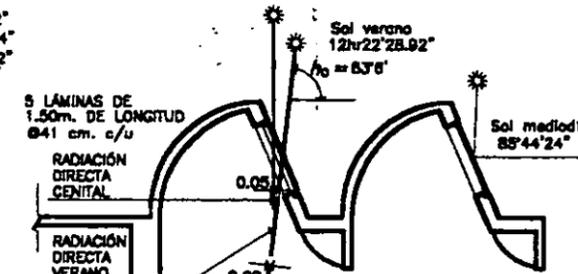
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 45-47



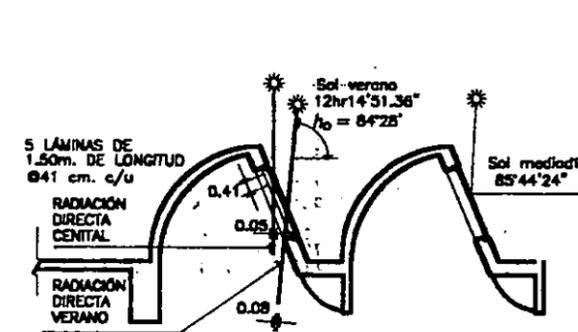
CUBÍCULOS DE TERAPIAS 54-57



CUBÍCULOS DE TERAPIAS 58-59



CUBÍCULOS DE TERAPIAS 60-61



CUBÍCULOS DE TERAPIAS 62-63

NOTAS:

- LAS HORAS INDICADAS ESTAN EN TIEMPO SOLAR VERDADERO (TSV), REFIERASE CON LA HORA CIVIL EN MEMORIA DE CÁLCULO.
- EL TRAZO DE LA GRÁFICA SOLAR SE REFIERE AL NORTE GEOGRÁFICO EL CUAL TIENE UNA DESVIACIÓN CON RESPECTO AL NORTE MAGNÉTICO DE 7°.
- LOS ÁNGULOS MARCADOS PARA SOL DE MEDIODÍA SON INDICATIVOS, POR LO QUE NO DEBERÁN MEDIRSE EN EL DIBUJO YA QUE EL AZIMUT SOLAR DEL MEDIODÍA NO ES IGUAL AL AZIMUT DE LA FACHADA.
- LOS ÁNGULOS Y HORAS DEFINIDAS POR LAS ESTACIONES SE REFIEREN AL MOMENTO EN EL CUAL EL SOL ES PERPENDICULAR (EN PLANTA) A LA FACHADA Y POR LO TANTO ESTÁN EN VERDADERA FORMA Y MAGNITUD EN BASE A LOS RESULTADOS DE LA MEMORIA DE CÁLCULO Y FUERON LOS QUE SE EMPLEARON PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA INCIDENCIA DEL SOL EN EL INTERIOR DE LOS CUBÍCULOS DE TERAPIAS.
- EL ORDENAMIENTO DE LOS CUBÍCULOS (INTERVALOS O AGRUPAMIENTO) ESTÁ EN BASE A LA MODULACIÓN DE LOS DIENTES DE SIERRA EN LA AZOTEA, POR LO QUE LOS MÓDULOS DE REJILLA LOUVER (PERSIANAS SOLARES) DEBERÁN MANTENER TANTO EL RITMO, LA PAUTA Y MODULACIÓN DE LOS VIDRIOS Y VENTANAS EN LOS DIENTES DE SIERRA.
- LOS DÍAS DE DISEÑO QUE SE CONSIDERARON FUERON LOS EQUINOCCIOS DE PRIMAVERA Y OTOÑO, Y LOS SOLSTICIOS DE VERANO E INVIERNO.
- LOS DÍAS EN LOS QUE EL SOL ESTÁ EN EL CENT (RADIACIÓN DIRECTA CENTAL) CORRESPONDEN AL 18 DE MAYO Y AL 28 DE JULIO.