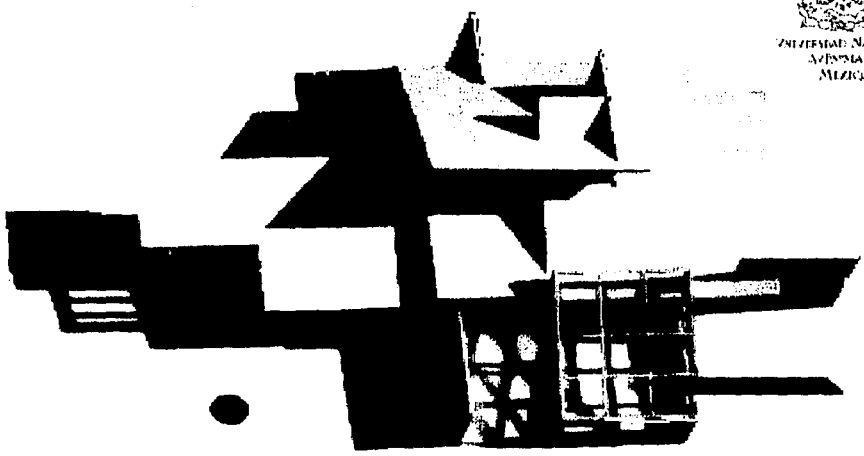


03045

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



4
Zey



ESTRATEGIAS SOLARES PASIVAS APLICADAS AL DISEÑO ARQUITECTONICO PARA EL CULTIVO DE HONGOS Y SETAS

Tesina que presenta Alma Rosa Ortega Mendoza para obtener el diploma de

ESPECIALISTA EN HELIODISEÑO
1995



Posgrado en Energía Solar de la
Unidad Académica de los Cielos
Profesional y de Posgrado del
Colegio de Ciencias y Humanidades

División de Estudios de Posgrado
de la Facultad de Arquitectura

FALLA DE ORIGEN



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

SINODALES:

DR. JOSE DIEGO MORALES RAMIREZ.

DR. RAUL REYES REYNOSO.

ING. RODOLFO MARTINEZ STREVEL.

DR. AGUSTIN MUHLIA VELAZQUEZ.

M. en ING. DAVID MORILLON GALVEZ.

A MI HIJA KARINA

**PERDONA LA CARA ANGUSTIADA
PERDONA LA FALTA DE ABRAZO
PERDONA LA FALTA DE ESPACIO
PERDONA LA FALTA DE ABRIGO
PERDON SI NO PUDE ELEGIR
*ESOS DIAS ERAN ASI***

**PERO CUANDO LO PASES EN LIMPIO
Y CUANDO DESATES LOS LAZOS
Y CUANDO CORTES LOS CINTOS
*VIVE LA FIESTA POR MI***

**Y CUANDO BROTEN LAS FLORES
Y CUANDO CREZCAN LAS PLANTAS
Y CUANDO RECOJAS LOS FRUTOS
*PRUEBA EL GUSTO POR MI***

ENTONCES SABRAS QUE LA VIDA ES ASI

INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

Generalmente, cuando hacemos referencia a la producción agrícola, tenemos una imagen de espacios abiertos en extensiones territoriales más o menos grandes, donde los elementos arquitectónicos apenas se utilizan para el almacenaje de los implementos y maquinaria agrícolas, cuando estos existen, además de la vivienda asentada de manera dispersa; ya no digamos lo referente a los índices de producción necesarios y a las temporadas para la siembra y cosecha, importantes para determinar los niveles de eficiencia de determinado producto. En estos términos, se puede notar la poca atención prestada a la producción agrícola que se realiza en espacios cerrados, porque de la concepción anterior, todo pareciera desarrollarse a la inversa: una extensión modesta de territorio, con un equipo mínimo para la producción, localizado en un sitio que cuente con cierta concentración de actividades e infraestructura y cuyos niveles de producción no son tan altos en la medida que no se encuentran tan supeditados a controles de mercado.

Es decir dentro del diseño de espacios urbano-arquitectónicos, se encuentran los centros de producción agrícola, los que por su complejidad necesitan, además del estudio climático del sitio, el estudio de los microclimas espaciales requeridos en las diferentes etapas de producción. Con el fin de mejorar la producción se deben aprovechar al máximo todos los elementos naturales en el diseño, así como la instrumentación de los dispositivos arquitectónicos necesarios.

En este trabajo se presentan las estrategias solares pasivas para un centro productor de hongos, propiedad de una cooperativa de mujeres campesinas, ubicado en Teocelo en el estado de Veracruz; en la siguiente sección se hace una breve descripción del clima de la región donde se encuentra el centro productor; en la tercera sección se presenta la descripción del proyecto así como los requerimientos térmicos, de iluminación y humedad de los diferentes espacios para la producción; en la cuarta sección se presentan las estrategias, los cálculos y los resultados obtenidos para el diseño arquitectónico.

Finalmente, dentro del proceso de producción en el espacio destinado a la esterilización de la materia prima tendremos que elevar la temperatura del agua en la cual será sumergida, para realizarlo se utilizara un colector solar plano aprovechando la irradiación solar.

LOCALIZACION

2.-LOCALIZACION

El estado de Veracruz se localiza entre 17° 08' y 22° 28' de latitud Norte y 93° 35' y 98° 38' de longitud WG, tiene una superficie de 72,800 Km² y ocupa por este concepto el décimo primer lugar a nivel nacional (4% de la extensión total del país). Su línea media mide aproximadamente 780 Km de longitud y sus amplitudes son variables debido a su forma irregular; la mayor es de 212 Km y la menor es de 36 Km (DGAHOP, 1977, p53).

Las dos terceras partes del territorio están ocupadas por planicies y lomeríos y el resto por montañas. Esta entidad cuenta con 203 municipios. Su población prácticamente se triplicó en los últimos 50 años, ya que de 1'377,293 personas en 1930 pasó a 5'387,680 en 1980. A nivel nacional Veracruz ocupa el tercer lugar en población.

El estado de Veracruz participa con el 9% de la producción agrícola nacional; esto se debe principalmente a su gran producción de caña de azúcar (33%) y café (26%). Además produce carne y leche, con las que tradicionalmente abastece el consumo de las grandes aglomeraciones urbanas del Altiplano (figura 1).

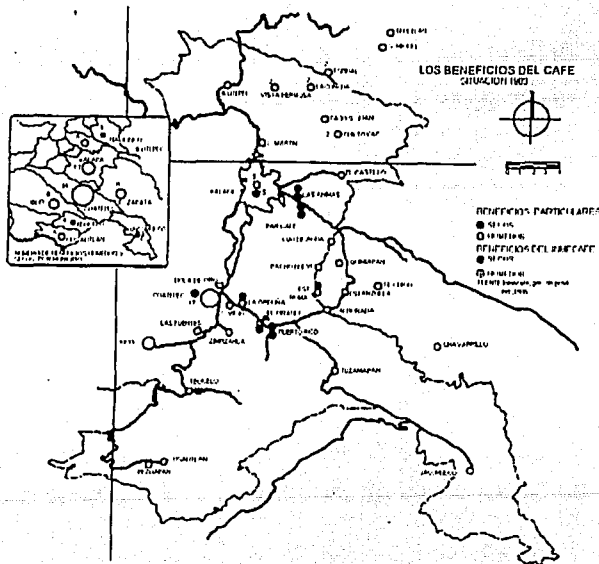


FIGURA 1

Veracruz es, después del estado de Chiapas, el segundo estado productor de café, la topografía del estado permite que la producción del café se desarrolle fundamentalmente en las sierras.

Existen esfuerzos por regionalizar al estado, presentaremos dos de ellos: El primero se desarrolló como una descripción meramente climática, tomando en cuenta los aspectos del relieve, vegetación y clima. El criterio para hacer la delimitación de las áreas geográficas correspondientes a cada región, fué el de una máxima homogeneidad de los factores naturales dentro de ellas (figura 2). El segundo criterio de regionalización es económico y social.

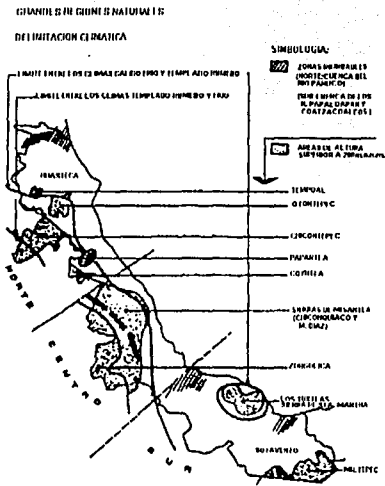


FIGURA 2

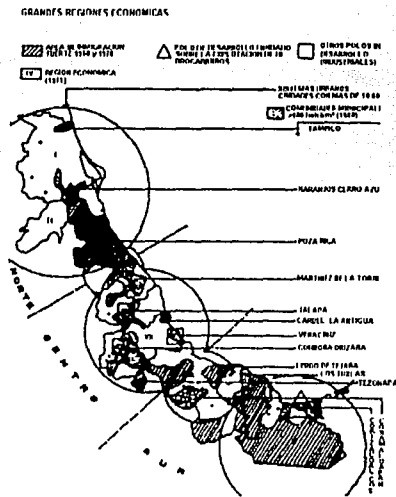


FIGURA 3

Como se observa en la figura 2 la principal división regional está dada entre los climas cálido húmedo y templado húmedo y los climas templado húmedo y frío. Asimismo por similitud de la flora, altura y topografía se delimitan tres grandes regiones, la zonas Norte, Centro y Sur. Ahora bien, utilizando como criterios de selección los grandes polos de desarrollo económico como son: Tuxpan, Xalapa, Córdoba-Orizaba, Veracruz y Coahuila-Minatitlán, centros de gran interés regional, y tomando en cuenta además, como factores determinantes, los nuevos centros de posibilidades energéticas que provocarán un aumento de infraestructura para el crecimiento poblacional dentro del estado, observamos también una división que regionaliza al estado en tres zonas; la zona Norte, Centro y Sur (figura 3).

De esta manera podemos señalar con certeza que nuestro proyecto queda ubicado en la zona Centro de las dos propuestas de regionalización. TEOCELO Veracruz, nuestro poblado en estudio, es cabecera municipal, corresponde a la cota $19^{\circ} 23' 08''$ latitud norte, tiene una longitud de $96^{\circ} 57' 47''$, la altitud del sitio está marcada con la cota 1218 m sobre el nivel del mar y la zona horaria correspondiente es 90° . Estos datos fueron tomados del Anuario del Observatorio Astronómico Nacional.

Como se ve, la ubicación de nuestra planta productora de hongos y setas corresponde en el aspecto geográfico a la zona de la sierra y lomeríos, y en el económico al nodo cafetalero de la zona centro (figura 4). Es por estas dos condiciones que la **COOPERATIVA DE MUJERES CAMPESINAS DE TEOCELO**, ha desarrollado un centro de producción de hongos y setas ya que la materia prima para el cultivo es la cáscara de café y/o la paja revuelta con polvo de miscelero.

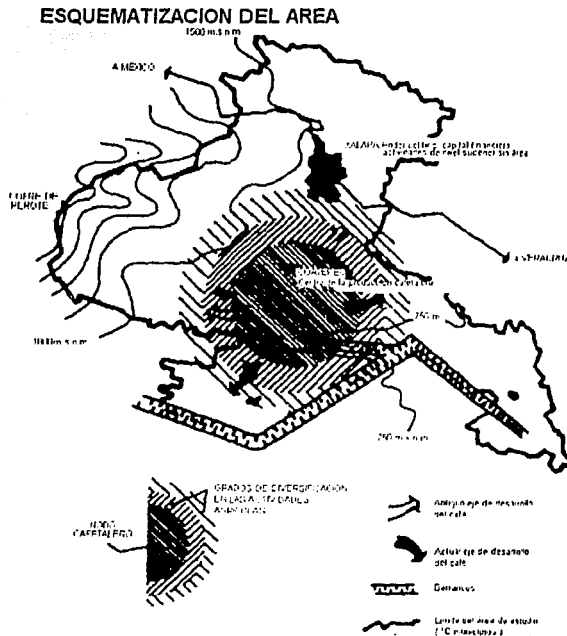


FIGURA 4

DESCRIPCION DEL TERRENO.

El terreno en donde se desarrolla el proyecto está ubicado en la zona de crecimiento hacia el norte del centro del poblado, por lo tanto, queda rodeado de casas habitación. Su superficie es de 300 m², compuesto por dos rectángulos; el primero es de 6 m. de frente por 12.50 m. de largo en la zona de acceso y en la parte posterior, perpendicular al primero, se encuentra el segundo de 18 x 12.5 m.

Sus colindancias son hacia el norte y sur con viviendas, hacia el este con un potrero y hacia el oeste con la calle. Se encuentra a las faldas de una ladera que da al sur y que tiene una altura aproximada de 20 m. En el subsuelo se encuentran mantos freáticos a niveles altos. El terreno tiene un pequeño desnivel, sin embargo se puede considerar prácticamente plano.

En función del régimen pluviométrico, temperaturas y la altura (de 1200 a 1300 m. snm.). La flora del lugar es fundamentalmente pinar de mediana altura y bosque caducifolio, además de los potreros o pastizales y las grandes plantaciones de café.

CLIMA

3. CLIMA

Para el estudio climatológico de la zona de Teocelo se utilizaron las normales climatológicas registradas durante 30 años por el Observatorio Astronómico Nacional.

Los parámetros climáticos utilizados son: temperatura, humedad relativa, nubosidad, velocidad y dirección del viento y finalmente la radiación global.

Descripción general del clima en el lugar.

Temperatura.- A partir de 30 años de registros se puede deducir que anualmente la temperatura máxima extrema y mínima extrema son de 39.5 y 0.5 °C respectivamente. La temperatura promedio máxima es de 24.4 °C, la promedio mínima es de 14.0 °C y la temperatura media es de 19.2 °C. En la gráfica de temperatura (gráfica 1) observamos que las temperatura más alta, entre 26 y 28°C, se alcanzan en los meses de abril a agosto y las temperatura más baja, entre 10.6 y 12 °C, se dan en los meses de noviembre a febrero.

Humedad relativa.- La humedad relativa se conserva aproximadamente constante durante el año, dentro de un intervalo de 69% a 79%, con un promedio anual del 75% (gráfica 2). La temperatura del bulbo húmedo varía de 12.4 °C en el invierno a 17.5 °C en el verano , con un promedio de 15.3 °C. Los porcentajes más altos de humedad, entre un 79% y 75%, se registran en los meses de junio a enero y los más bajos, de 75% a 69%, de febrero a mayo. Es importante señalar que el período de lluvias inicia cuando la temperatura todavía se considera alta.

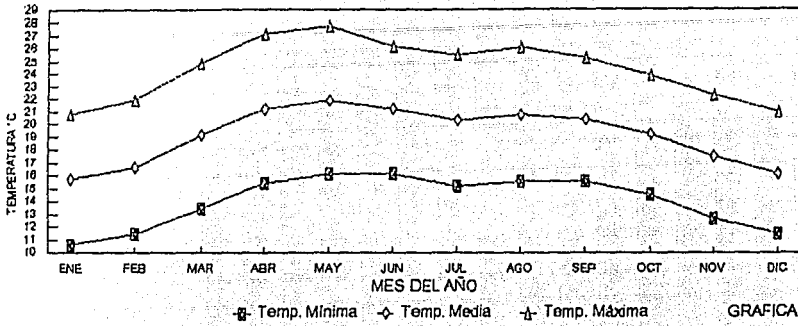
Nubosidad.- La nubosidad está dada en términos de días despejados, medio nublados y nublados (gráfica 3). El promedio anual es de 109, 132 y 122 días respectivamente. En los meses de mayo a junio se cuenta con los días de menor nubosidad, oscilando entre 4 y 9 días nublados. En los meses de noviembre a abril la nubosidad es mayor, se tienen de 9 a 14 días con nublado cerrado.

Radiación.- Los datos de radiación global se tomaron de los mapas de radiación solar promedio máxima mensual, la radiación máxima es de 642 W/m², la mínima promedio mensual es de 448 W/m² y la media anual es de 531.5 W/m² (gráfica 4). El comportamiento de la radiación es la siguiente: en los meses de abril a agosto la radiación extraterrestre es más alta, sin embargo la radiación global baja un 50%, el porcentaje de radiación difusa se conserva en un 33%, y el de radiación directa es de 25%. En los meses de septiembre a marzo la radiación extraterrestre es de 75%, la global de 37.5%, la radiación difusa de 17% y la directa de 25%, (gráfica 5).

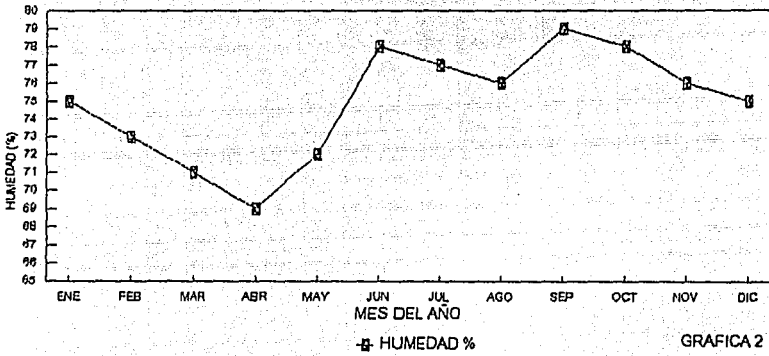
Insolación.-Para el cálculo de insolación se utilizó el Programa de Radición, elaborado por A. Tejeda y T. Zacarías, se toman como datos los días nublados, medio nublados y despejados de cada mes, de esta manera obtenemos las horas diarias de insolación por mes, proporcionándole los datos de Latitud, Longitud y Altitud del lugar, (gráfica 6).

Vientos.- Los vientos predominantes soplan del Este y Noreste durante todo el año. Por las noches los vientos soplan del Sur, ya que se encuentra un ladera con esa orientación cambiando por ello la dirección de los vientos. En los meses de octubre a abril el viento sopla predominantemente de la dirección Este y de mayo a septiembre la dirección predominante es Noreste. La velocidad del viento se conserva en un intervalo de 3 a 4 m/s (figura 7).

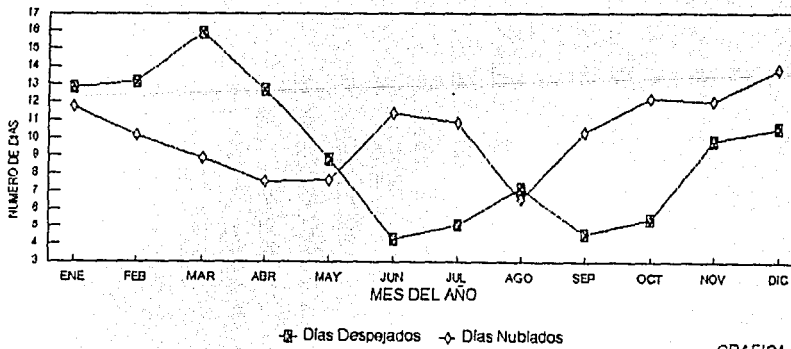
TEMPERATURA TEOCELO



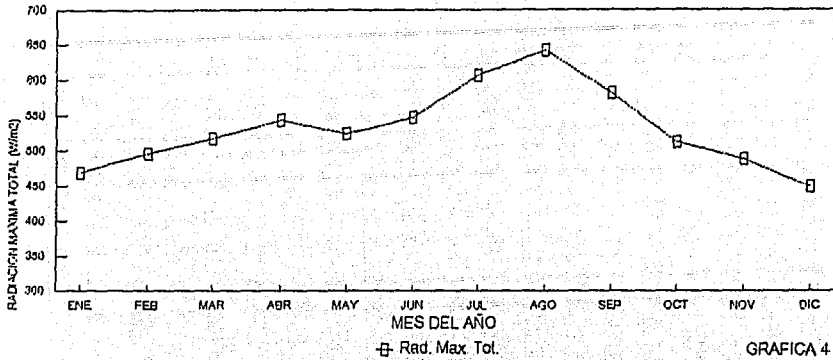
HUMEDAD RELATIVA MEDIA TEOCELO



NUBOSIDAD TEOCELO



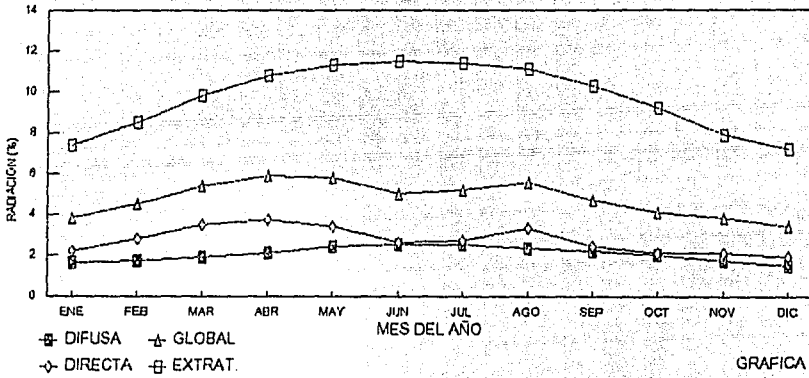
RADIACION TEOCELO



GRAFICA 4

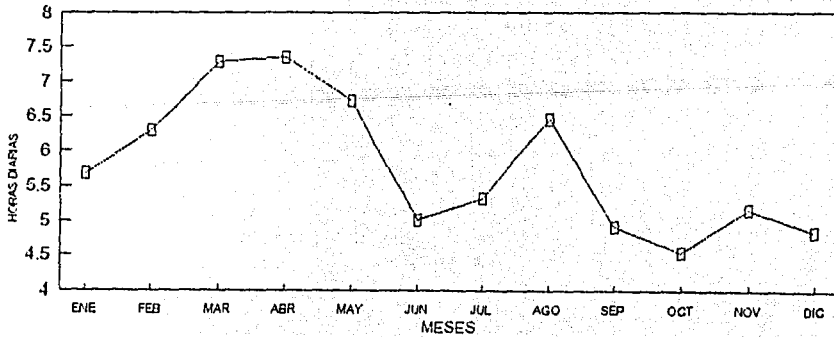
RADIACION TEOCELO

$\frac{KJ}{m^2 \cdot d}$
2



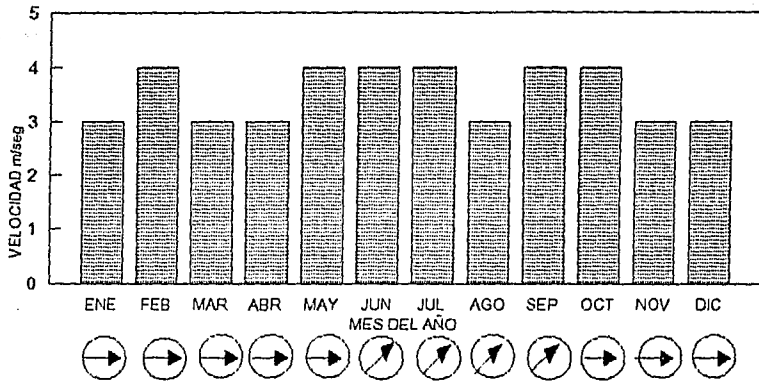
GRAFICA 5

INSOLACION TEOCELO



GRAFICA 6

VIENTO TEOCELO



GRAFICA 7

**REQUERIMIENTOS
TERMICOS
AMBIENTALES DEL
PROYECTO**

4. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO.

El proyecto que se desarrolla en el presente trabajo es un centro productor de hongos y setas. Por su función, el proyecto se divide en dos áreas principales: la zona pública y la zona de producción, ambas áreas se subdividen a su vez en pequeños espacios donde tienen lugar las diferentes etapas de la producción (diagrama 1).

En la zona pública se ubican los espacios de exposición y venta, administración, los baños y el espacio de descarga y almacenamiento de la materia prima.

La zona de producción cuenta con cuatro grandes espacios: en el primero se realiza la pasteurización y esterilización de la semilla así como la formación de las pacas, en el segundo espacio, denominado de siembra, se depositan las pacas, En el tercer espacio se lleva a cabo la deshidratación del hongo y finalmente el espacio de empaque y bodega.

Los horarios de funcionamiento y uso son diferentes para las dos zonas. Para la zona pública el uso horario es de 8 a.m. a 2 p.m. y de 4 p.m. a 7 p.m. y de 8a.m. a 3p.m. para la zona de producción.

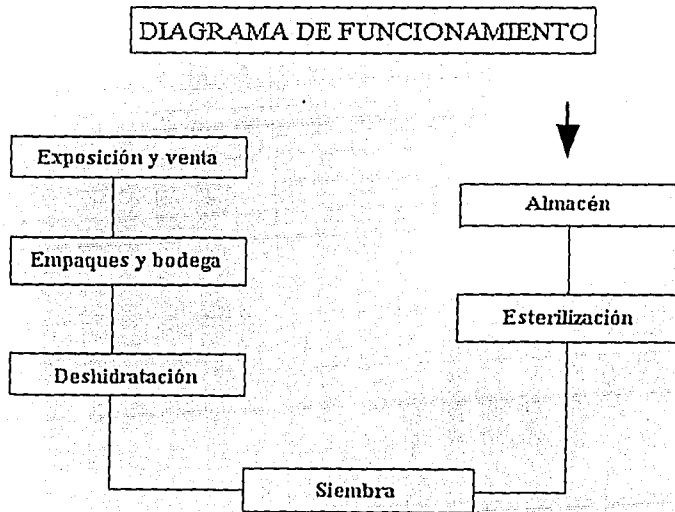


Diagrama 1

A nivel de requerimientos térmicos podemos señalar que la zona pública deberá conservar una temperatura estable y de confort, es decir, la temperatura se debe conservar entre los 22° a 27° C y la humedad relativa entre 30% y 60%.

En la zona de producción se hace el análisis térmico para cada uno de los espacios. En la subzona de pasteurización la temperatura deberá permanecer en un intervalo de 20° a 25° C y con una humedad del 30%, deberá tener una entrada de aire a temperatura más baja que la temperatura ambiente y contar con elementos que permitan sustraer de manera más o menos rápida el aire caliente del interior, además tendrá iluminación indirecta. La orientación recomendable para esta subzona es norte o noreste.

El área de siembra deberá contar con una temperatura poco variable, dentro de un intervalo de 25° a 30° C y humedad del 60 al 70%. La iluminación requerida es difusa y constante. En esta zona se genera una gran cantidad de gases que deben ser evacuados, por lo tanto, se requiere crear una circulación permanente de aire que permita tener una renovación adecuada. Finalmente, la orientación deberá ser norte o este.

Para la deshidratación del hongo se necesitan temperaturas altas, por lo tanto, el espacio debe captar la mayor cantidad posible de radiación solar directa, y debe contar además con una entrada permanente de aire caliente, así como un dispositivo para la eliminación de humedad. La orientación adecuada es sur.

Finalmente, el espacio de empaque, organización y distribución requiere de buena iluminación, debe ser un área lo más abierta posible con circulación de aire normal y temperatura entre 22° y 30° C, (tabla I).

Zona	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Iluminación
Almacén	22 - 27	30 - 50	indirecta
Esterilización	20 - 25	30 - 50	indirecta
Siembra	25 - 30	60 - 70	difusa
Deshidratación	50 - 80	0	directa
Empaque	22 - 27	30 - 50	indirecta
Venta	22 - 27	30 - 60	indirecta

Tabla I

4.1 EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Una vez recibida la materia prima (cáscara de café y/o paja), se traslada para ser esterilizada y fermentada. El proceso de esterilización se lleva a cabo sumergiendo, durante 30 minutos, la materia prima en recipientes con agua caliente, a temperaturas entre 70° y 80° C. Posteriormente se escurre y se deposita en mesas donde se enfría hasta alcanzar una temperatura de 20° C. Cuando tiene esta temperatura, la materia prima se deposita en bolsas de plástico blancas, las cuales no excederán de 5 a 6 capas de 10 cm. cada una.

Las bolsas que contienen la materia prima en fermentación son trasladadas al área de siembra, donde se colocan en anaqueles y son numeradas. Después de tres días del inicio de la siembra se les hacen ranuras horizontales de 1cm de longitud para provocar el intercambio gaseoso que requieren durante los siguientes 15 o 18 días. En estos momentos salen los primeros primordios y es cuando se retira la bolsa, en los siguientes 3 o 4 días se recoge la primera cosecha y dentro de los 4 o 5 días siguientes la segunda.

La mitad de la producción es trasladada para ser empaquetada y la otra mitad es llevada al proceso de deshidratación, donde recibirán radiación solar directa y permanente, en el invernadero. Finalmente, los hongos serán empaquetados y distribuidos (tabla 1).

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

5. ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Con el objeto de satisfacer las condiciones de climatización en cada uno de los espacios del proyecto, se aprovecharon al máximo los elementos naturales, para tal efecto se seleccionaron dos días de diseño típico uno en la época fría y otro en la calurosa, y por otra parte proponer los dispositivos arquitectónicos necesarios.

Descripción general del clima en época fría. Día típico del mes: enero 17.

Temperatura. Podemos considerar como época fría la temporada de noviembre a febrero, en estos meses se registra una temperatura promedio de 14°C , la temperatura mínima es de 10.6°C y la máxima de 20.7°C . Elegimos como día típico de diseño el día 17 de enero debido a que en este mes se registró la temperatura más baja, de 10.6°C (gráfica 8).

Humedad. La humedad relativa se conserva en un promedio de 74.75 %, debido a esta condición se sitúan hacia una zona de mayor frío dentro del diagrama psicrométrico y se tiene un nivel de humedad muy alto (gráfica 9).

Radiación. La radiación promedio mensual máxima total es de 475.25 W/m^2 . $\frac{KJ}{m^2/h}$

Vientos. Los vientos en estos meses se presentan regularmente del Este y con una velocidad promedio de 4 m/s.

Descripción general del clima en época fría. Día típico del mes: mayo 15.

Temperatura. Los meses con mayor temperatura son abril, mayo y junio, en los que se registra una temperatura máxima promedio de 27.7°C , una mínima de 15.6°C y una media de 22°C . Como día típico de diseño tomaremos el 15 de mayo (gráfica 11).

Humedad. Es interesante señalar que la época de lluvias inicia en el último mes considerado como de época calurosa, por lo tanto en el mes de junio se registra una humedad de 78 %. En los meses restantes de la época calurosa la humedad es de 70.5 % en promedio (gráfica 12).

Radiación. La radiación total máxima promedio mensual es de 600 W/m^2 . $\frac{KJ}{m^2/h}$

Vientos. La dirección de los vientos predominantes se presenta entre el Este y Noreste y su velocidad se mantiene en los 4 m/s.

Como hemos visto los requerimientos tanto de actividades, como de condiciones térmicas y espaciales dividen de forma natural el proyecto en dos zonas: la pública y la de producción, por lo tanto las estrategias de diseño son diferentes para ambas zonas.

La zona pública está en la parte frontal y de acceso inmediato, en esta zona se propuso una entrada para vehículo hacia el área de almacenamiento que permite, además, iluminación indirecta, por medio de pérgolas, hacia el área de exposición y venta, y el área administrativa.

En la zona de producción se eligió, como un primer criterio térmico, elevar la construcción para resolver dos necesidades fundamentales: la entrada permanente de aire y

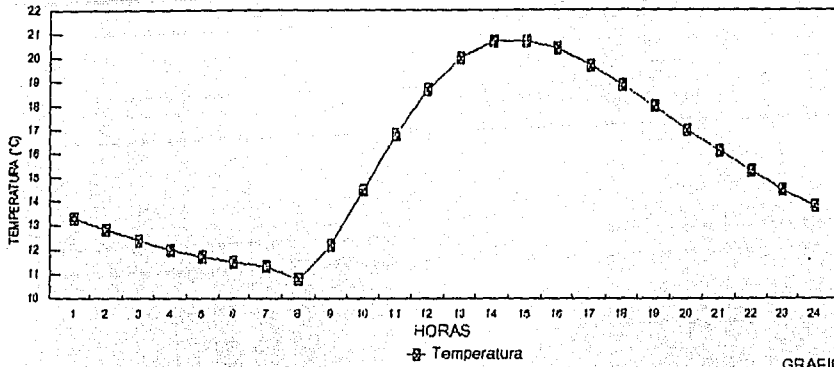
el control tanto del nivel de humedad como de las temperaturas necesarias. Además, con esto retomamos un recurso muy utilizado en las zonas cálido-húmedo de la región. Sin embargo, los subespacios de la zona de producción tienen requerimientos ambientales específicos que abordaremos por separado.

En el espacio de esterilización y fermentación se requiere mantener en el interior del local la temperatura y humedad relativa adecuadas (tabla 1). Para lograrlo, se aprovecha el viento que sopla predominantemente de la dirección Noreste, en primer lugar se baja la temperatura del viento por medio de una barrera de árboles, después, el viento pasa sobre un estanque que lo humedece. En la parte inferior del edificio se colocó un muro con el fin de direccionar el viento frío y húmedo hacia el local de esterilización. Como último recurso para enfriar el viento, este pasa por debajo del local, donde se colocó un lecho rocoso que se mantiene húmedo gracias al nivel casi superficial del manto freático. Finalmente la entrada de aire es por medio de rejillas ubicadas en el perímetro del local.

El proceso de siembra requiere una circulación permanente de aire a temperatura ambiente. El aire circula por convección natural, entra por ranuras en el piso y se evacúa en la parte superior por salidas en la techumbre. Como se requiere una temperatura estable todo el año, se diseñó un muro de agua, orientado hacia el Sur para captar la mayor cantidad de radiación solar. En los días de invierno, este muro almacena la energía de la radiación solar elevando su temperatura, de esta forma durante la noche mantiene la temperatura y el nivel de humedad requeridas en condiciones estables. El techo a dos aguas se aprovecha para colocar en la cumbrera una abertura que proporciona una iluminación difusa.

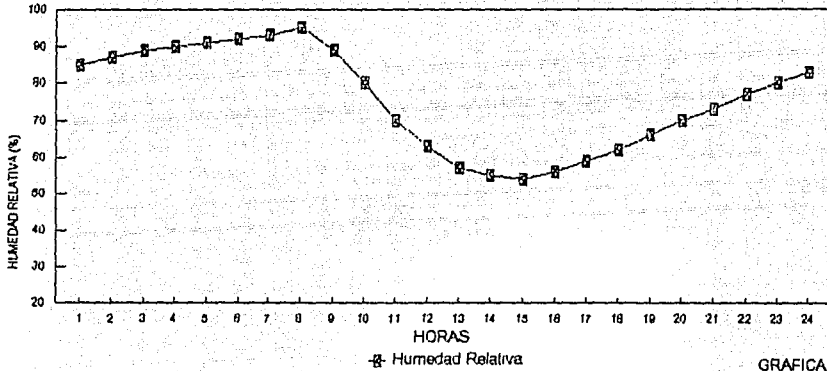
En el caso de la deshidratación el invernadero orientado hacia el Sur permite tener la mayor captación de radiación solar directa, la entrada y salida de aire de manera permanente elimina la humedad, en este caso la iluminación es directa.

TEMPERATURA DIA DE DISEÑO ENERO 17



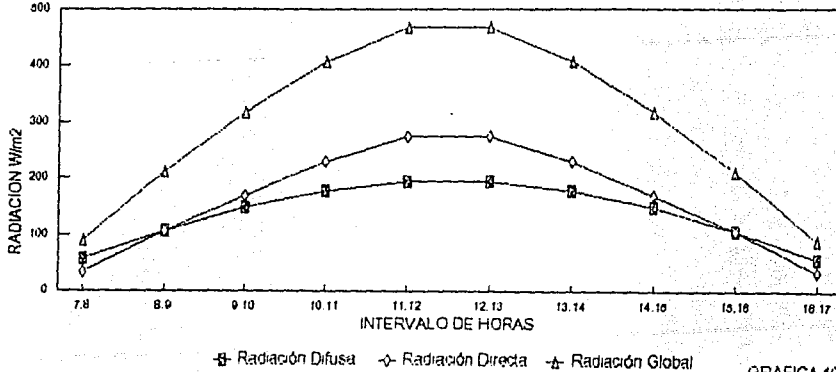
GRAFICA 8

HUMEDAD DIA DE DISEÑO ENERO 17



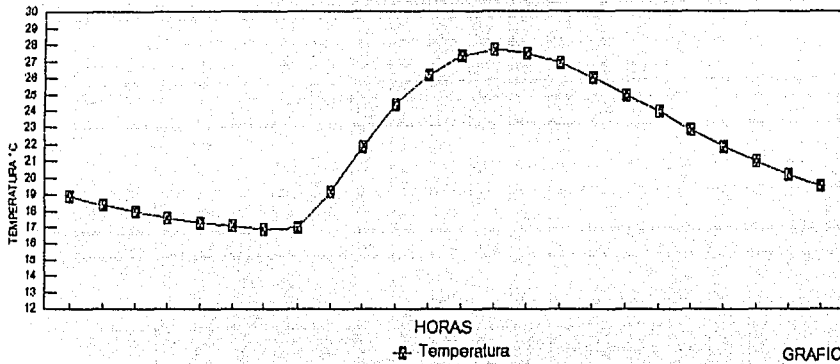
GRAFICA 9

RADIACION HORARIA DIA DE DISEÑO ENERO 17



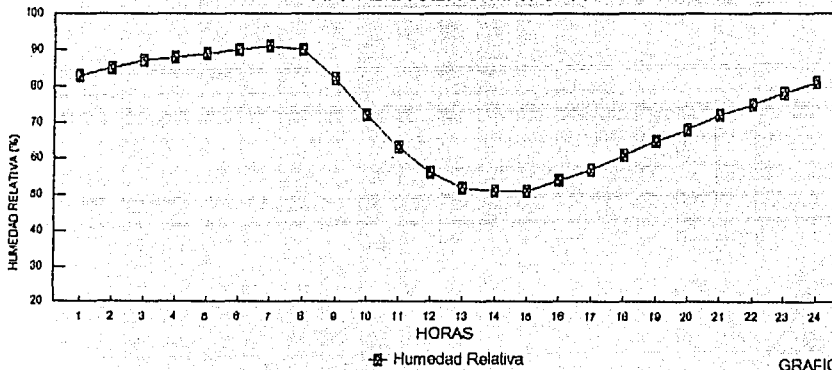
GRAFICA 10

TEMPERATURA DIA DE DISEÑO MAYO 15



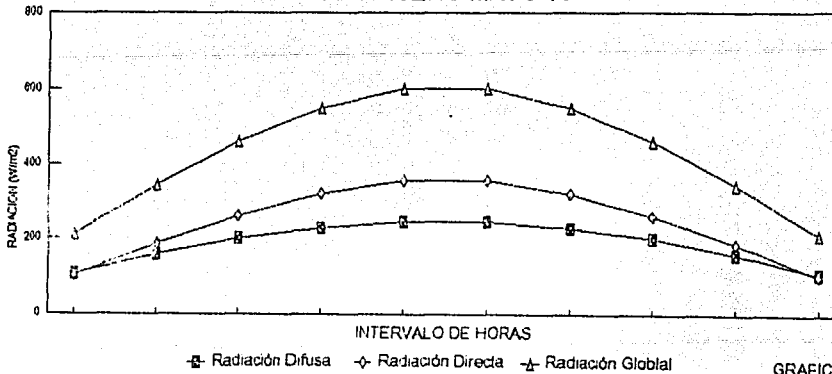
GRAFICA 11

HUMEDAD DIA DE DISEÑO MAYO 15

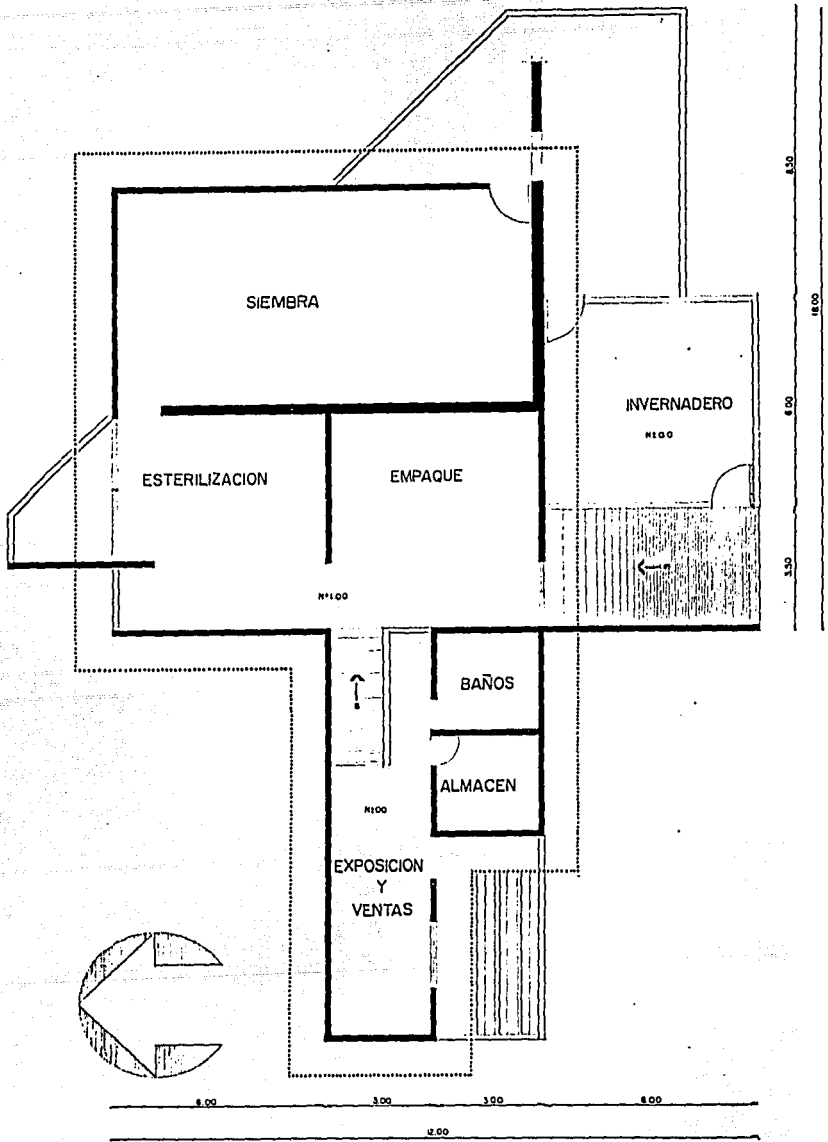
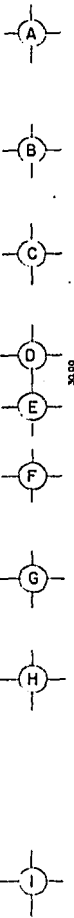
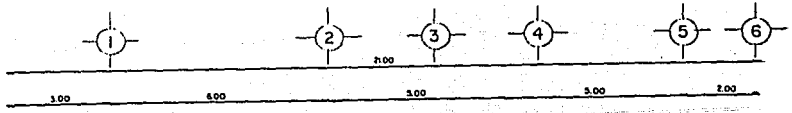


GRAFICA 12

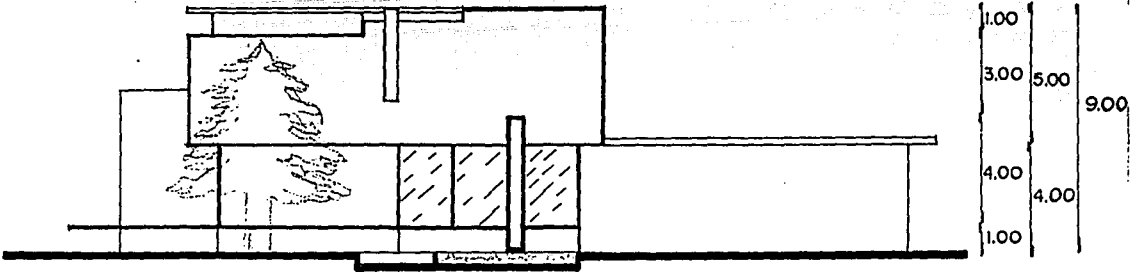
RADIACION HORARIA DIA DE DISEÑO MAYO 15



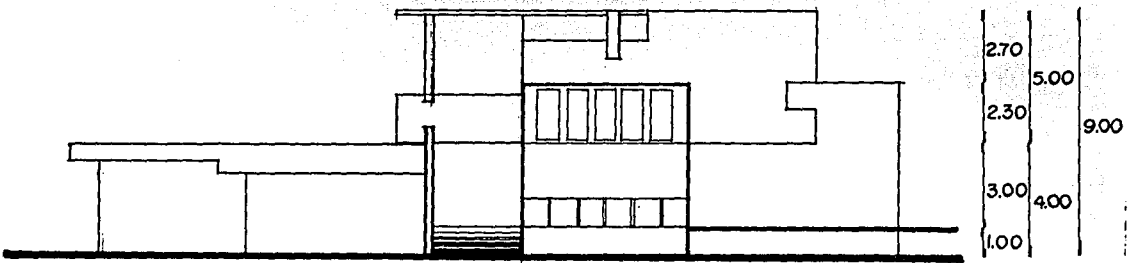
GRAFICA 13



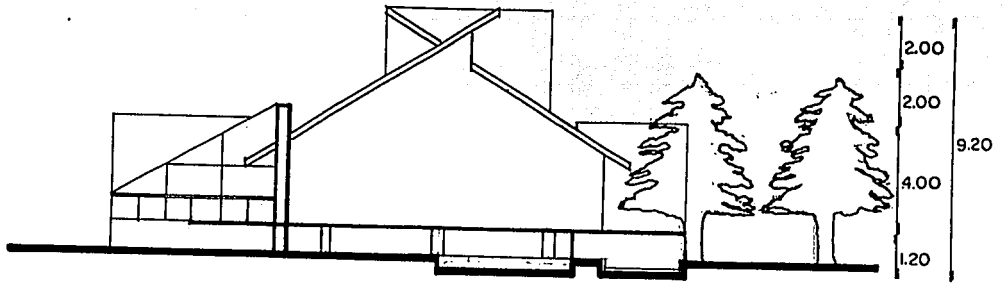
PLANTA



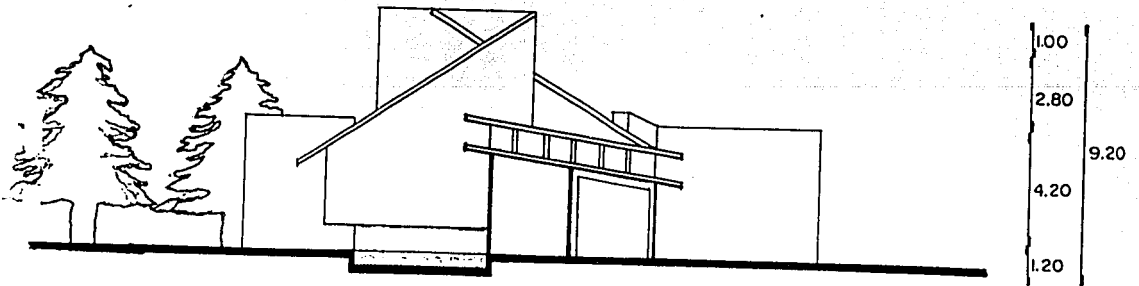
FACHADA NORTE



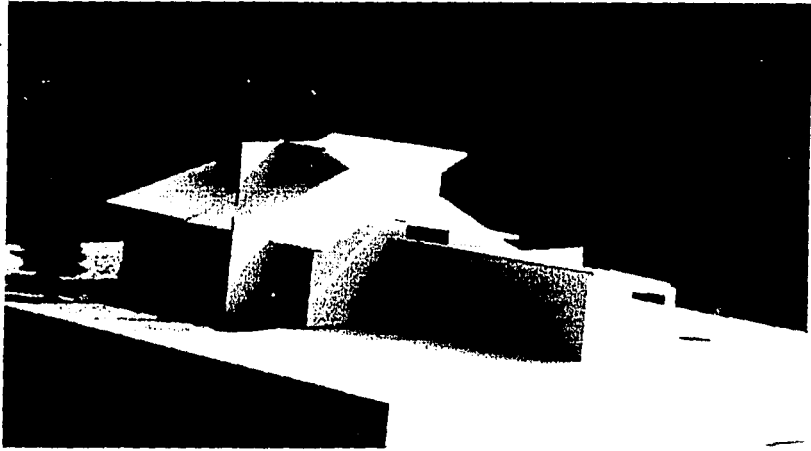
FACHADA SUR



FACHADA ESTE

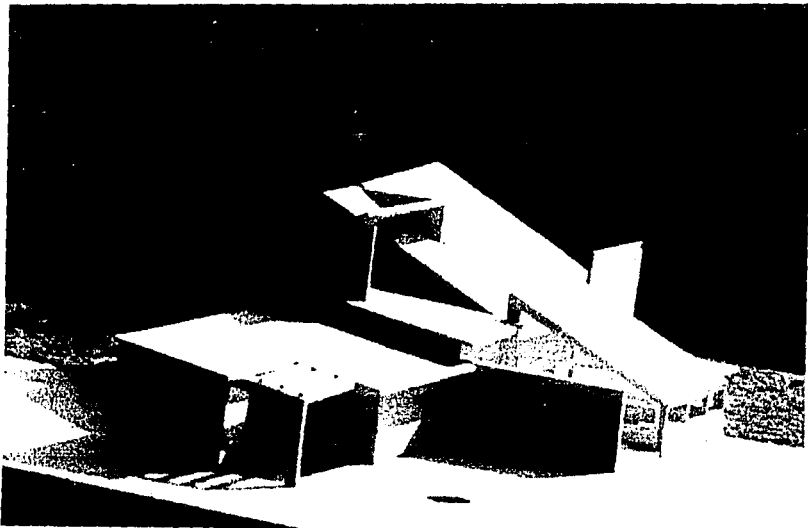


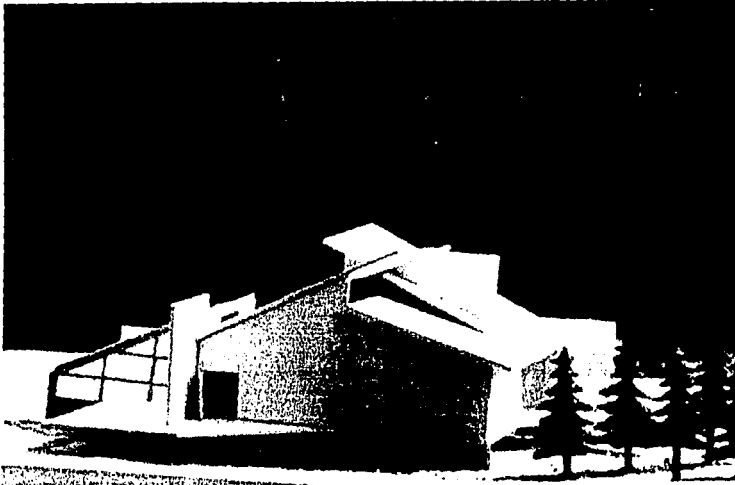
FACHADA OESTE



FACHADA NORTE

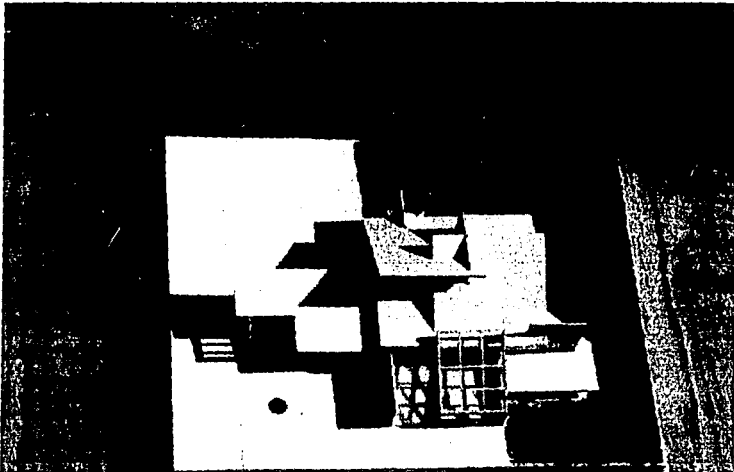
FACHADA SUR

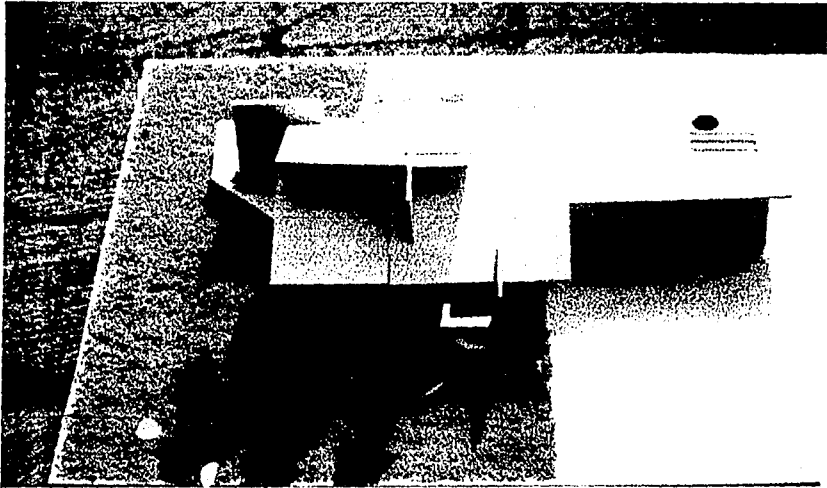




FACHADA ESTE

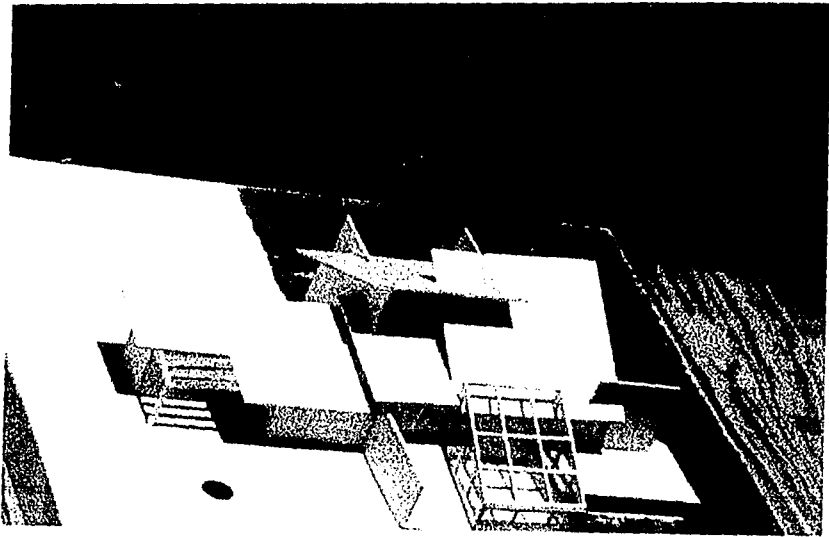
VISTA AEREA





VISTA DE LA FACHADA NORTE

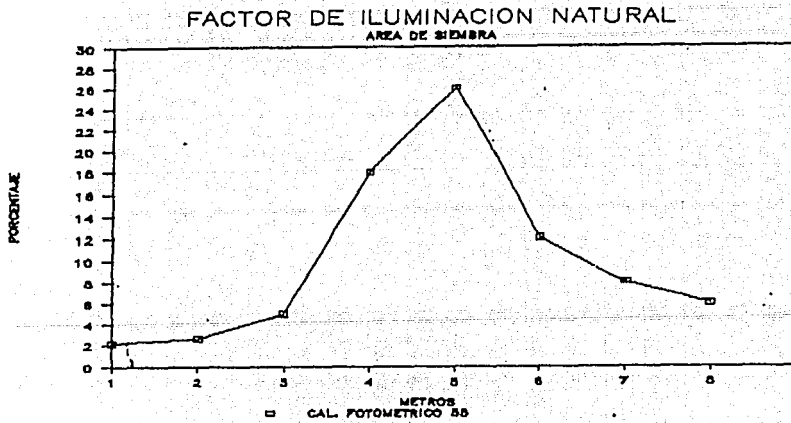
VISTA DE LA FACHADA SUR

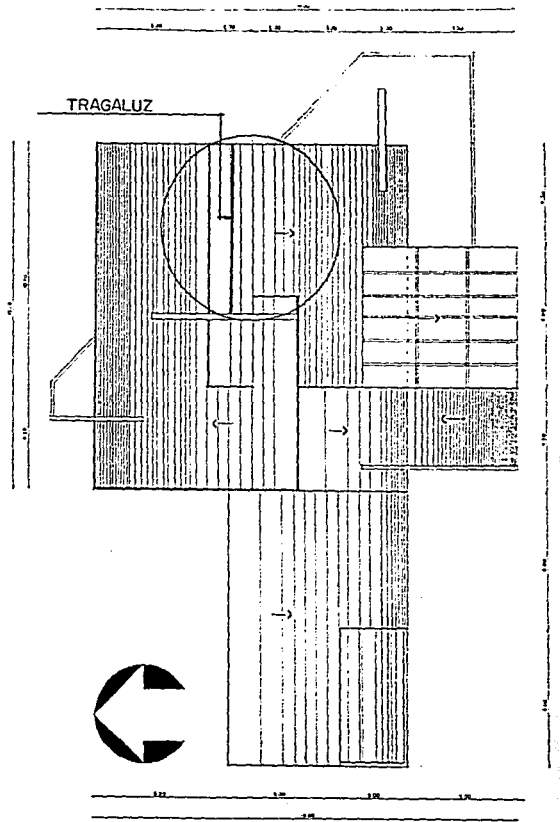
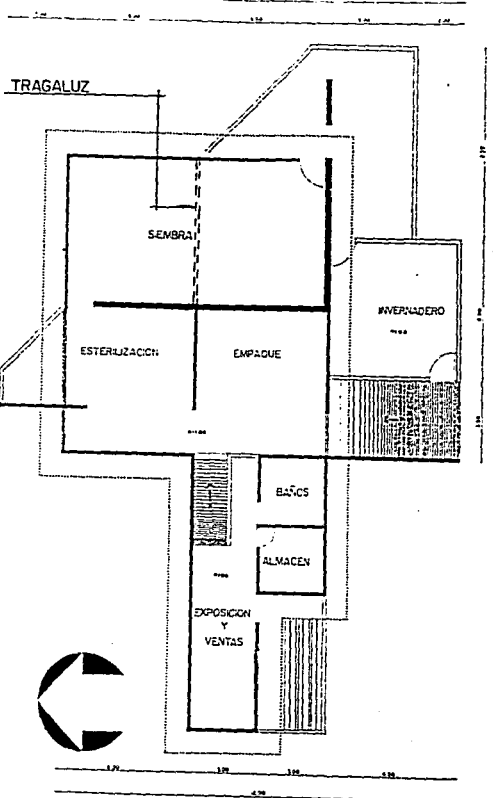


5.1 ANALISIS DE ILUMINACION NATURAL

En el caso de la iluminación natural se realizó un análisis elaborando un modelo a escala 1:50, con los colores que se piensan utilizar en muros, techos y pisos; se utilizó un fotómetro en un lugar con radiación difusa y en día nublado con una iluminancia exterior de 550 W/m^2 , al que consideraremos como el 100 %, las medidas se realizaron a cada metro así que los niveles de iluminación se darán en porcentajes.

El local seleccionado fue el de siembra por requerir una radiación difusa permanente y la estrategia de diseño utilizada consiste en tener en la parte superior del techo una ventana a todo lo ancho del local con orientación norte.





ILUMINACION NATURAL
PLANTA

P. DE AZOTEA

5.2. ANALISIS TÉRMICO.

El análisis térmico lo realizaremos para el 17 de enero que es nuestra fecha de diseño más crítico ya que requerimos una temperatura estable durante todo el año.

El primer paso será determinar el diferencial térmico para cada 4 horas de cada uno de los días, sacar las áreas de la zona de estudio, el coeficiente de transferencia de calor de cada uno de los elementos para poder determinar la conducción, convección, radiación, ganancias internas y finalmente graficar los resultados para determinar si la estrategia de diseño seleccionada es adecuada o proponer elementos que nos permitirán dar respuesta al requerimiento térmico.

Dadas las características del proyecto el cual requiere de condiciones térmicas que dependen de cada uno de los diferentes momentos del proceso de producción, haremos el análisis térmico del área de siembra.

ENERO 17, temperatura exterior máxima 20.7°C, temperatura exterior mínima 10.8°C.

DIFERENCIAL DE TEMPERATURAS CADA 4 HORAS

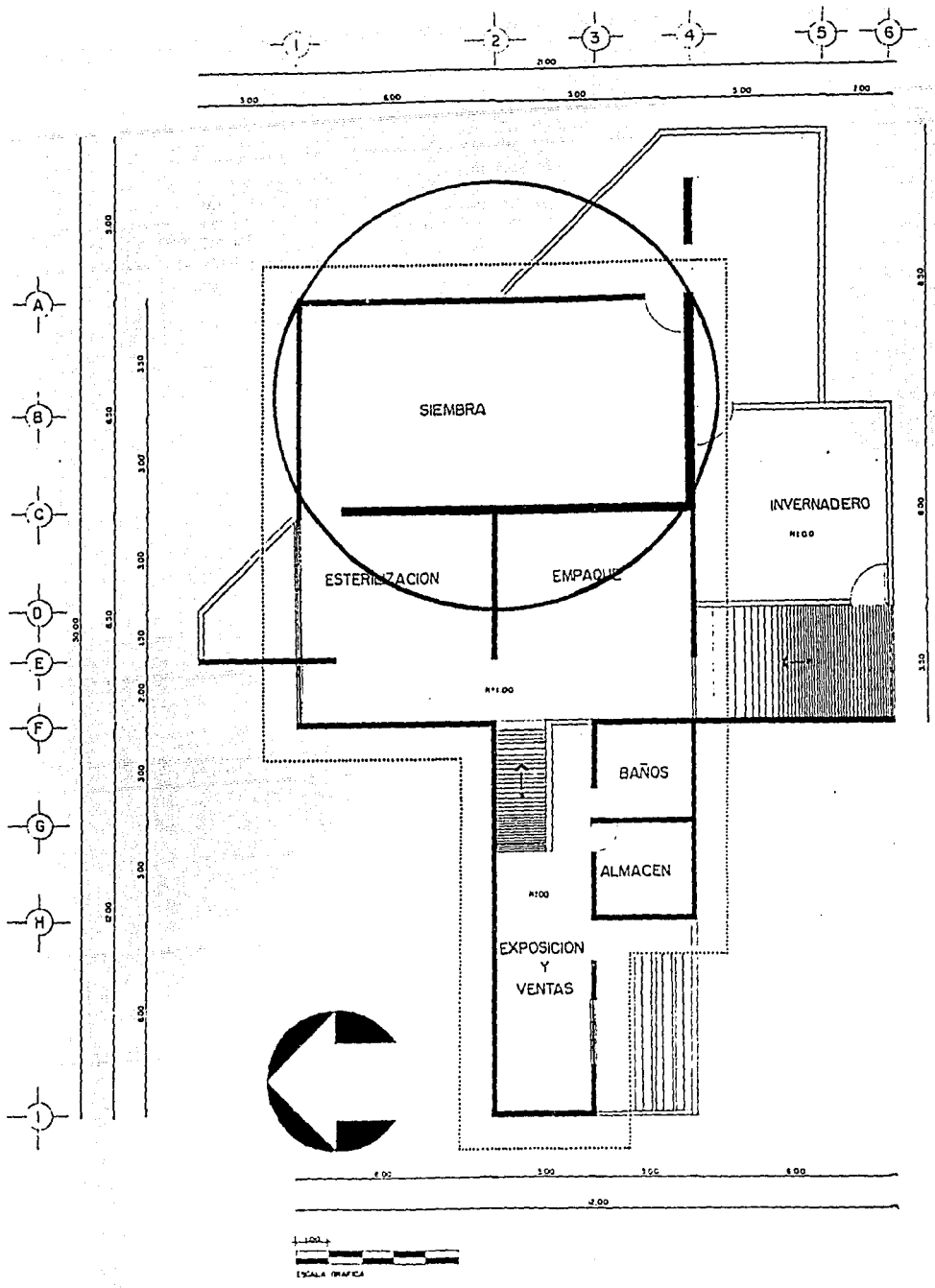
HORA	Temp. ext. °C	Temp. int. °C	Diferencia de temp.
12p.m.	13.30	25.00	-11.70
4a.m.	11.70	25.00	-13.30
8a.m.	12.20	25.00	-12.80
8a.m.	12.20	30.00	-17.80
10a.m.	16.80	30.00	-13.20
12a.m.	20.00	30.00	-10.00
2p.m.	20.70	30.00	-9.3
4p.m.	19.70	25.00	-10.30
8p.m.	16.10	25.00	-8.90

AREA DE SIEMBRA

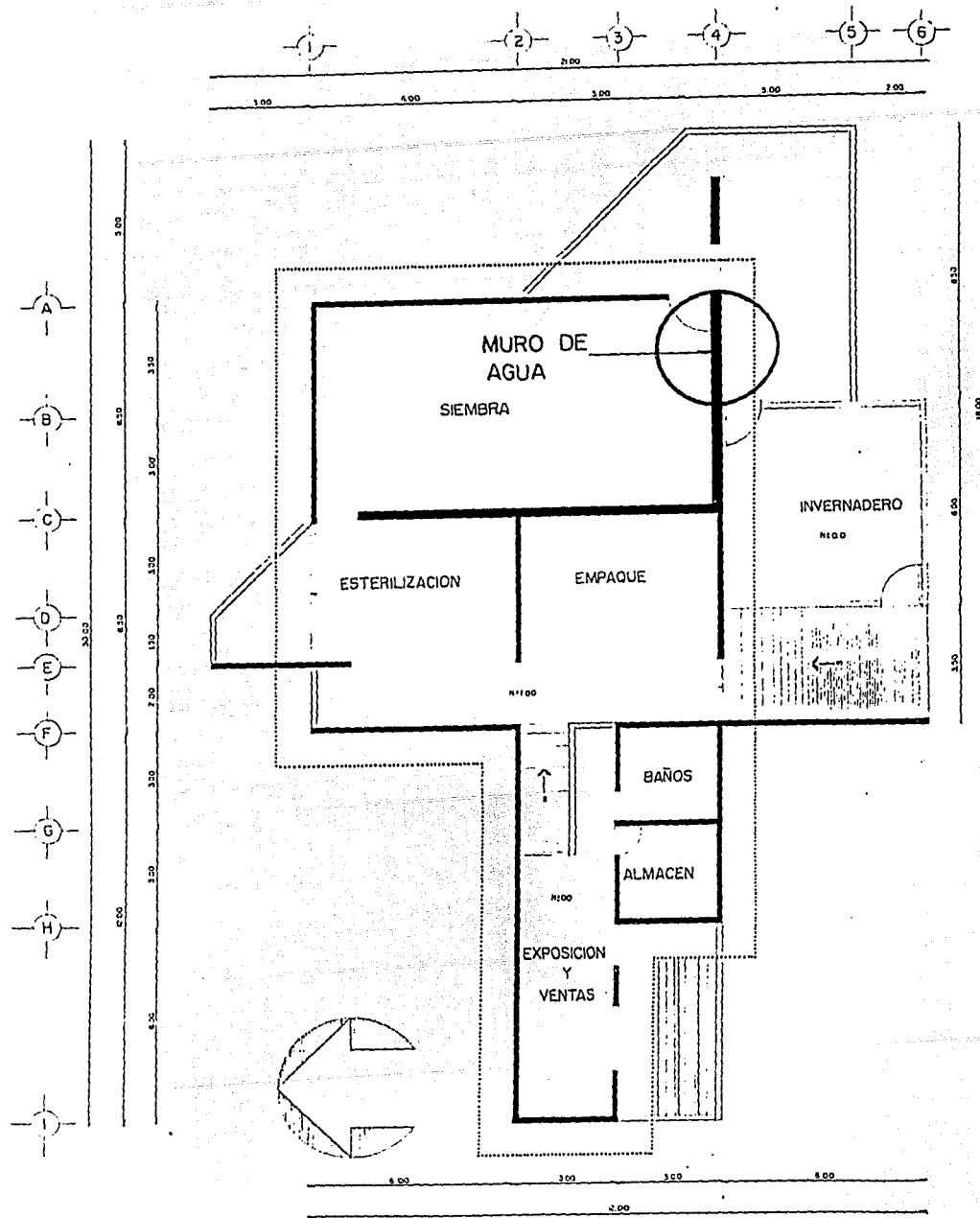
	Area	U	U x A
Muro norte	19.50	1.70	3.15
Muro este	54.00	1.70	91.80
Muro sur	9.00	1.70	15.30
Muro sur de agua	10.50	0.47	4.93
Piso	78.00	1.70	132.60
Tragaluz norte	7.50	7.83	55.35
Techo	127.50	1.36	173.40
TOTAL	506.53 0.50 KW/°C		

Para el cálculo de conducción se multiplicó la carga total por el diferencial de temperatura. En la convección se obtuvo $V_c = N \times V_a / 3600$, $V_c = 1 \times 351 / 3600$, $V_c = 0.097 \text{ m}^3/\text{s}$ posteriormente se aplicó la fórmula $Q_v = 1300 \times V_c \times \text{Diferencial térmico}$, $Q_v = 126.1 \times \Delta t$. La radiación se tomó factores de tabla para la latitud 20° N y para orientación norte, tomando como coeficiente de sombra 0.78. En el caso de ganancias internas solo se consideró la iluminación artificial únicamente por la noche, ya que normalmente no se encontrarán personas en el interior del local.

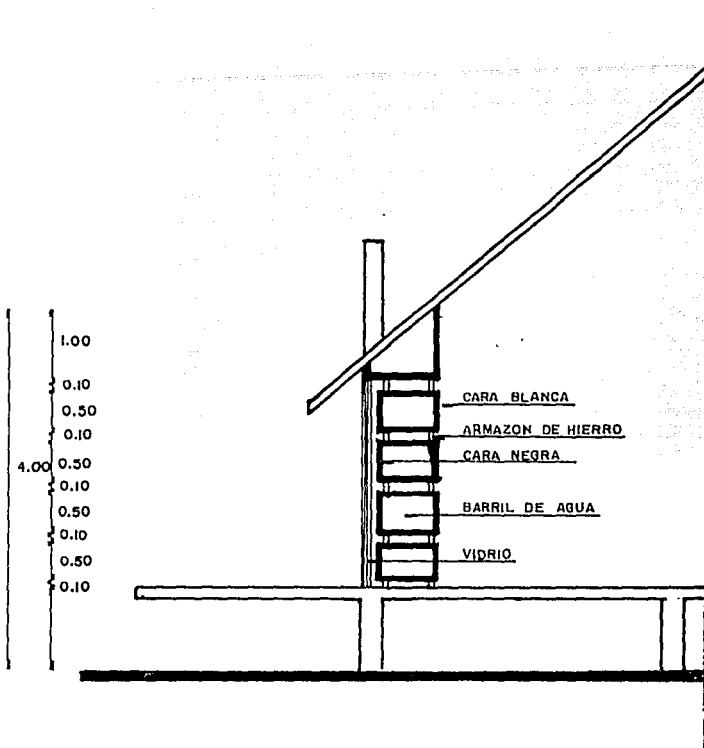
	12p.m.	4a.m.	8a.m.	8a.m.	10a.m.	12a.m.	2p.m.	4p.m.	4p.m.	8p.m.
COND.	-5.85	-6.65	-6.40	-8.90	-6.60	-5.00	-4.65	-5.15	-2.60	-4.40
CONV.	-0.14	-0.16	-0.16	-0.22	-0.16	-0.12	-0.11	-0.12	-0.66	-0.11
RAD. S	0.00	0.00	1.70	1.70	3.30	3.80	3.30	1.70	1.70	0.00
GAN. I	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30
TOTALES	-4.60	-5.51	-4.92	-7.35	-3.46	-1.32	-1.46	-3.57	-1.56	-3.21



PLANTA



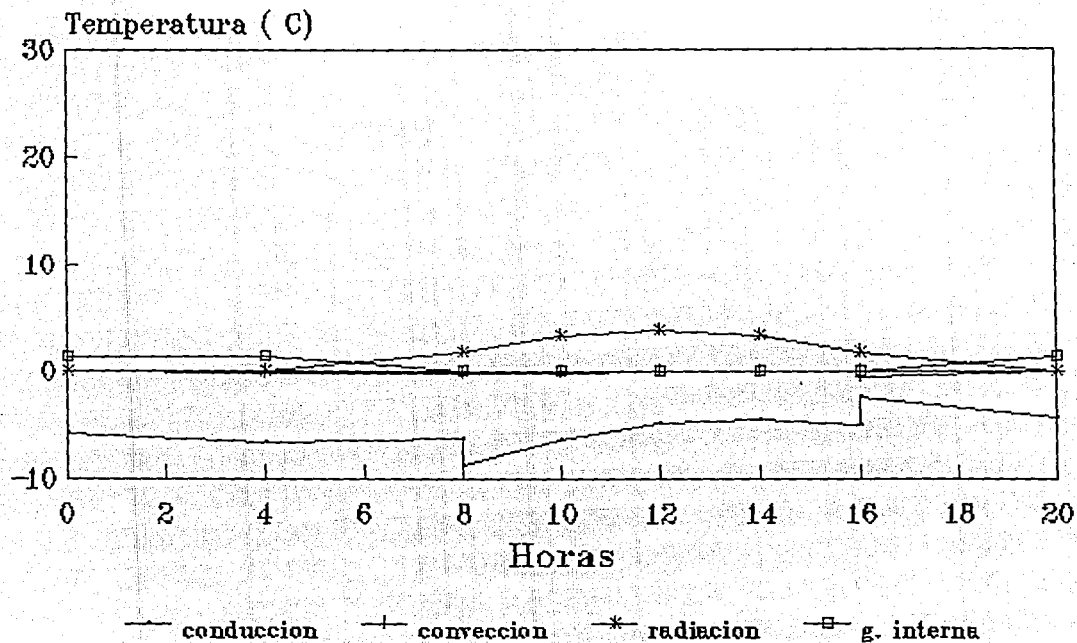
PLANTA



FACHADA SUR

MURO DE AGUA

CALCULO TERMICO TEOCELO



5.3 ANALISIS DE VENTILACION NATURAL

A nivel de ventilación natural hemos dividido con un muro en la parte inferior del piso, el área de siembra y de esterilización, con el propósito de direccionar los vientos y provocar entradas de aire a diferentes temperaturas, en el área de esterilización hemos colocado una zona arbolada, un estanque y un lecho de rocas, los que provocarán que el aire se enfríe y entre. En el área de siembra requerimos de renovación permanente de aire a temperatura ambiente para eliminar los gases que se generan por el crecimiento de los hongos.

Nuestro cálculo lo realizaremos en la zona de siembra, la cual tiene orientación hacia el Este, con dirección del viento por la parte Noreste, o sea a 45° y una velocidad de 5 m/s., tomando los datos de temperatura ambiente del día de diseño 15 de mayo, se cuenta con entrada de aire a nivel de piso y salida por medio de un tragaluz que corre a lo ancho del edificio.

Datos generales:

$$\text{Area del piso} = 12 \times 6.5 = 78 \text{ m}^2.$$

$$\text{Area de entrada} = 7.650 \text{ m}^2.$$

$$\text{Area de salida por medio del tragaluz} = 7.50 \text{ m}^2.$$

Viento = ángulo de incidencia a 45° , velocidad 5 m/s.

Temperatura exterior tomando la máxima = 27.6°C .

Temperatura interior tomando la máxima = 30°C .

PROPIEDADES TERMICAS DE LOS MATERIALES

MATERIAL	CALOR ESPECIFICO KJ (Kg°C)	DENSIDAD (Kg / m ³)	CALOR ESPECIFICO KJ (m ³ °C)
Hormigón	1.00	500	500
Aire	1.00	1.20	1.20

$$\text{Area } 78 - 7.650 = 70.35 \text{ m}^2.$$

$$q_c = 500 \times 70.35 \times 0.10 = 3.51 \text{ KJ} / ^\circ\text{C}. \quad \text{concreto}$$

$$q_a = 1.20 \times (30^\circ - 20.7^\circ) = 1.20 \times 9.30 = 11.16 \text{ KJ} / \text{m}^3.$$

$$V \text{ necesaria} = 3517 / 11.16 = 315 \text{ m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$V = 5 \text{ m/s} \times \cos 45^\circ = 5 \times 0.71 = 3.55 \text{ m/s}. = 3.55 \times 3.6 = 12.78 \text{ km/h.}$$

$$V_a = A_e \times N \times V$$

$$= 7.650 \times 600 \times 12.78 = 58 \text{ 660 m}^3 / \text{h}$$

$$= 58 \text{ 680} / 315 = 186 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{h.}$$

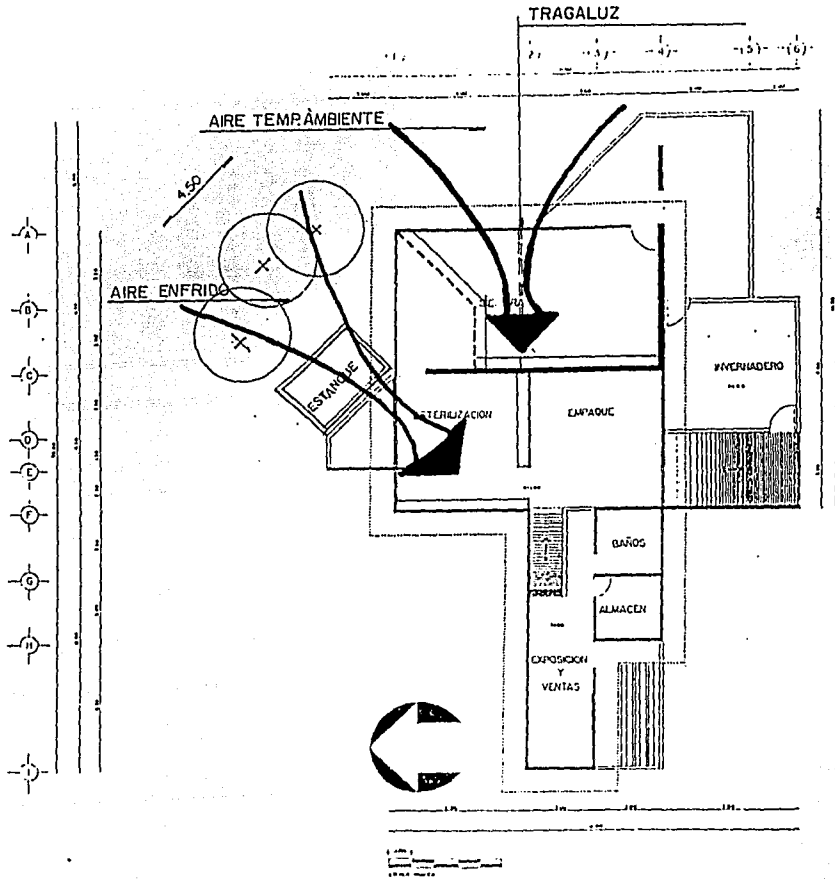
$$V_a = 2.40 / 186 = 0.012 \text{ h.}$$

donde:

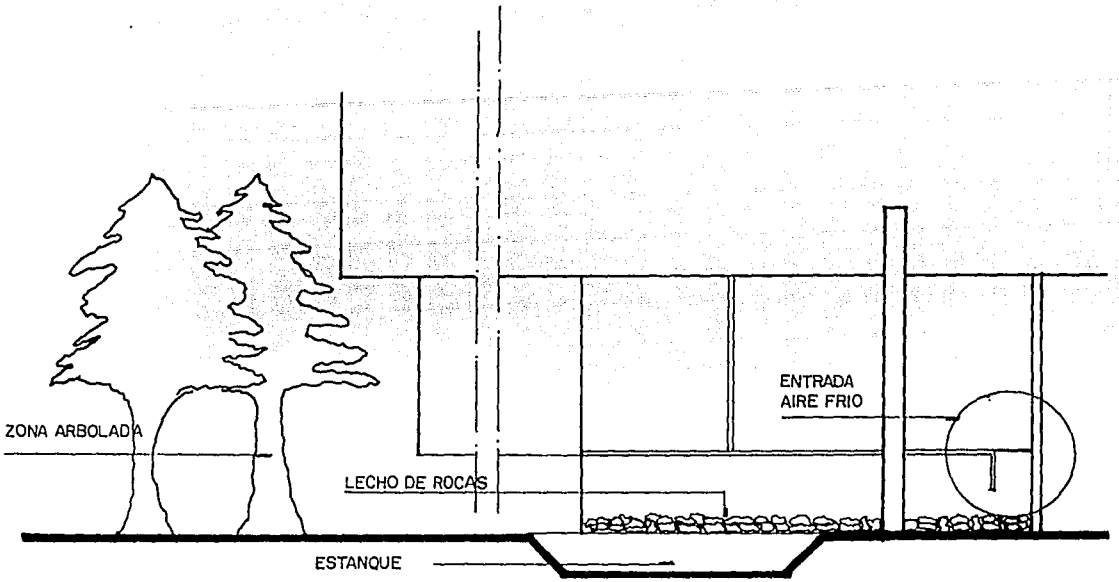
V = volumen de aire

V_a = volumen de aire renovado

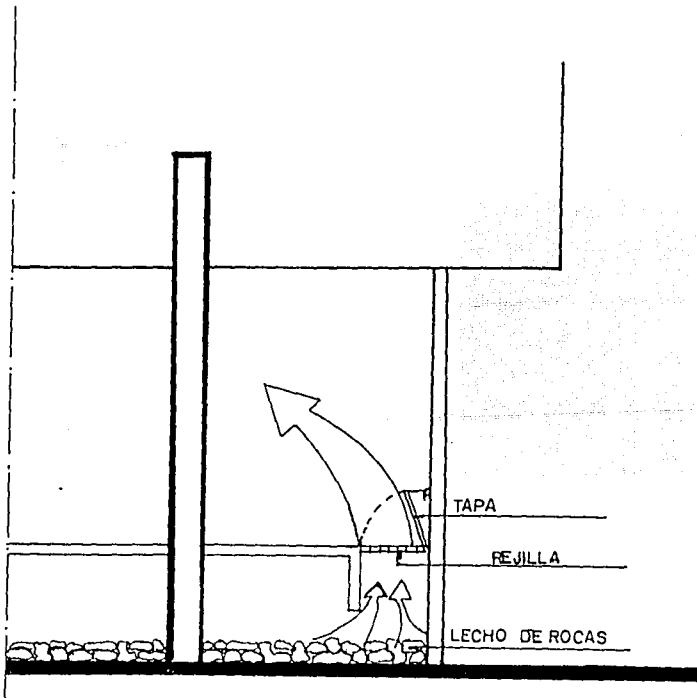
VENTILACION NATURAL



PLANTA



ESC: 1:75



ESC: 1:50

GRAFICAS SOLARES

6. GRAFICAS SOLARES

Una parte fundamental para la aplicación de estrategias de diseño y dispositivos arquitectónicos, así como los estudios de sombras, es el conocimiento necesario, tanto de la trayectoria, como del tiempo que recorre el Sol durante todo el año.

Para ello es necesario dominar las posiciones aparentes de las trayectorias del Sol, a través de las gráficas solares, reconociendo principalmente las rutas seguidas en los solsticios de verano e invierno y los equinoccios de primavera y otoño.

Para localizar la posición del Sol en el espacio o en la bóveda celeste, imaginaria, se utilizarán las dos coordenadas: ALTITUD Y AZIMUT. Estas coordenadas solares constituyen los datos básicos para cualquier estudio de soleamiento en el diseño bioclimático y de tecnología solar.

Resumiendo la posición del sol en la bóveda celeste depende de lo siguiente:

- a) el ángulo de declinación
- b) el ángulo horario (este ángulo es una medida del movimiento del sol en relación con el mediodía solar; se mide en grados, en un plano perpendicular al eje terrestre, y se requieren aproximadamente 24 horas para que la tierra de un giro completo de 360° en torno a su mismo eje; por tanto, cada hora equivaldrá a 15° de longitud)
- c) la latitud

ALTITUD: es el ángulo formado por el rayo solar dirigido al centro de la bóveda celeste y el plano del horizonte; se mide a partir del plano del horizonte hacia el cenit, de 0° A 90°.

AZIMUT: es el ángulo formado por la proyección del rayo solar sobre el horizonte con el eje Norte-Sur verdadero; se mide a partir del sur de 0° a 180°, hacia el Este u Oeste.

Con estos elementos en este trabajo presentamos tres tipos de gráficas solares:

- a) Gráfica solar Equidistante, elaborada por un programa computacional llamado "SUNCHART", VERSIÓN 1.0, - 1991, Mancini Massimo.
- b) Gráfica solar Cilíndrica, calculada por medio de coordenadas polares de posición solar.
- c) Gráfica solar Gnomónica, para su trazo nos apoyamos en la siguiente ecuación que se aplica para el cálculo de longitud de sombra:

$$S = \frac{\text{altura marcador}}{\tan(\alpha)}$$

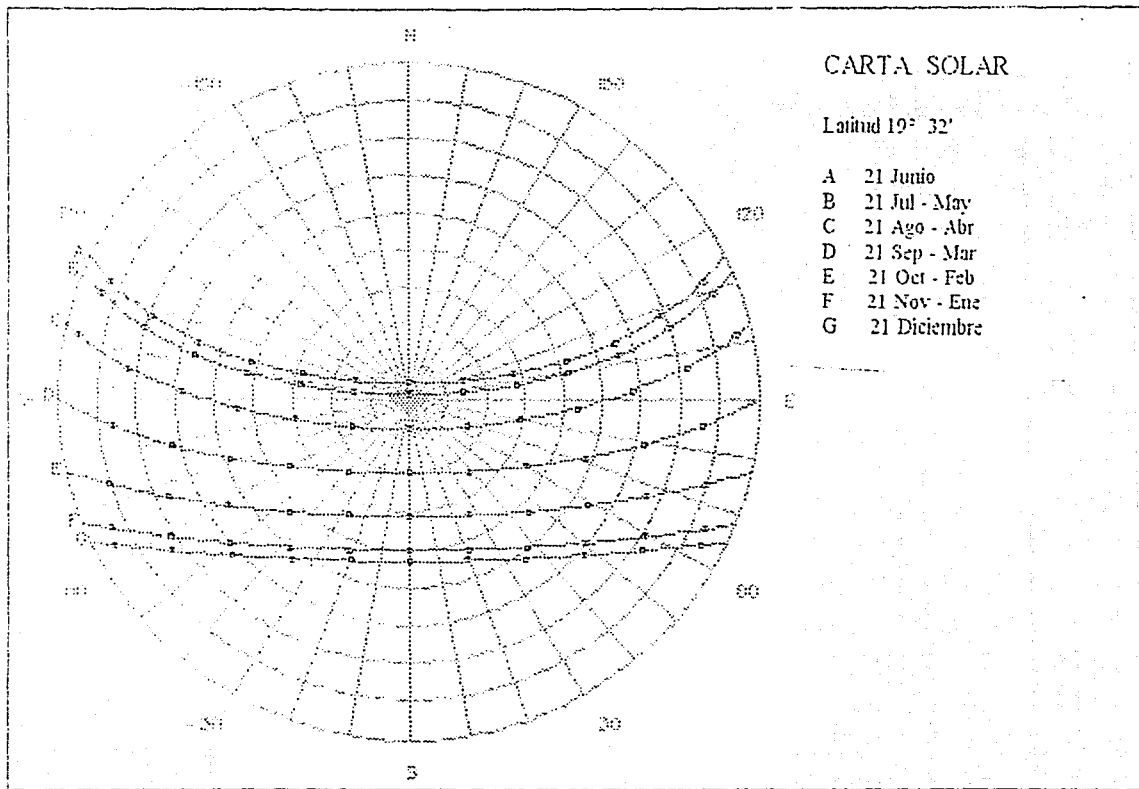
A continuación describiremos el procedimiento para la construcción de un Heliodon Horizontal.

- 1.- Definición de la altura del marcador, (es opcional).
- 2.- El punto inicial se traza al centro de la hoja tamaño carta, para posteriormente colocar en este punto el GNOMON.
- 3.- Se traza una línea vertical que pasa por el GNOMON, ésta nos define el Norte Sur.
- 4.- Sobre la línea se ubican los valores correspondientes presentados en la tabla de longitudes de sombra, partiendo del GNOMON hacia el norte.
- 5.- Sobre el mismo punto se traza una línea horizontal, que marcará los equinoccios.
- 6.- Calcular el "Punto Radial" de la siguiente manera:

$$\frac{\text{marca alturador}}{\tan \alpha}$$

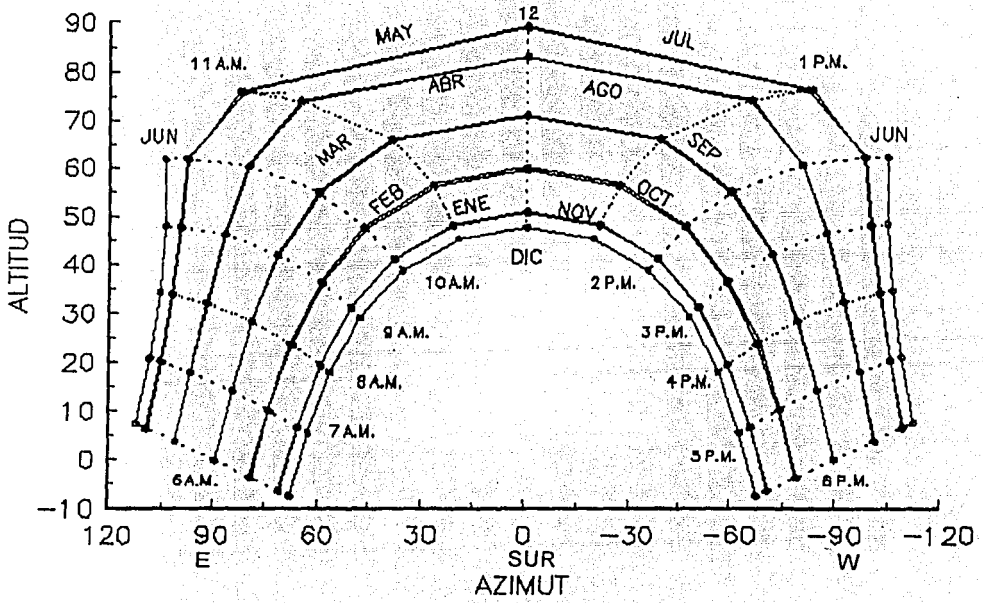
La distancia resultante de la operación anterior, se marca partiendo del GNOMON hacia el sur, en este punto convergen todas las líneas horarias.

- 7.- Corresponde trazar la curva al 21 de diciembre. La unión del punto radial con los puntos que indican la hora, representan las LINEAS HORARIAS.
- 8.- La línea horizontal será la línea horaria del las 8 y 18 horas, perpendicular al eje N-S y pasando por el Punto Radial.



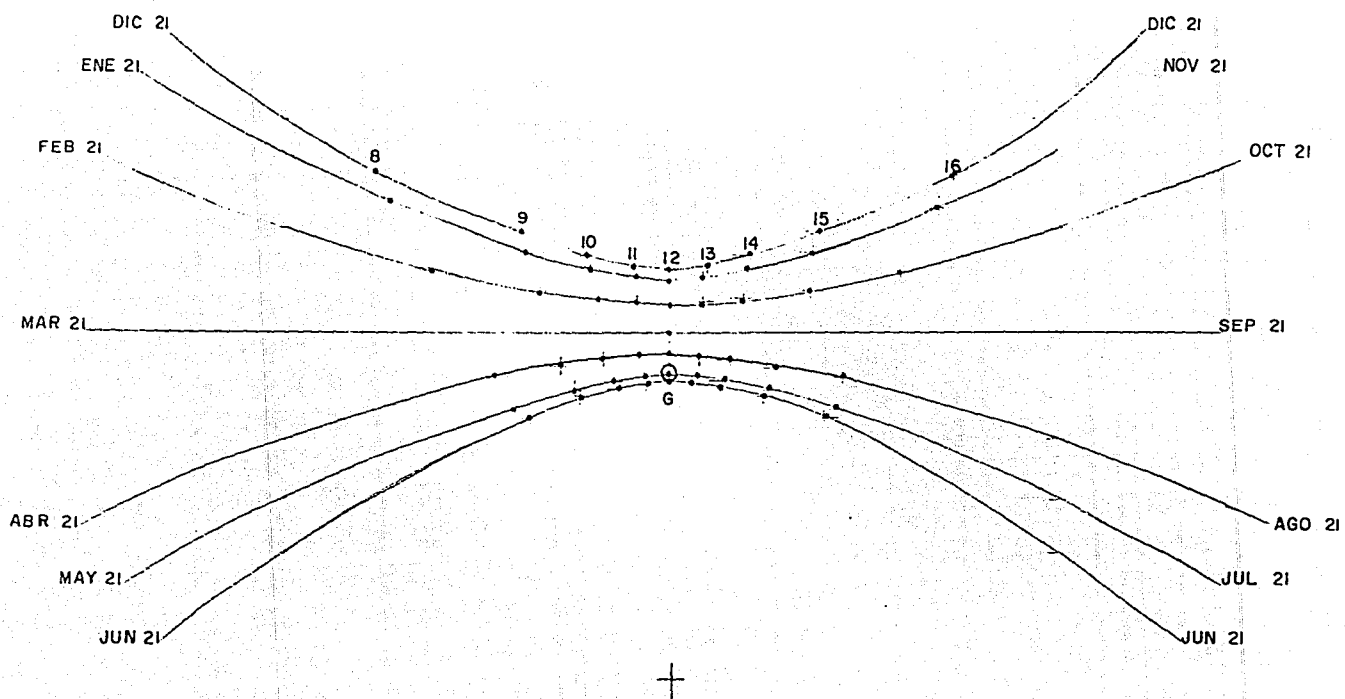
TEOCELO VER.

LATITUD = 19 GRADOS



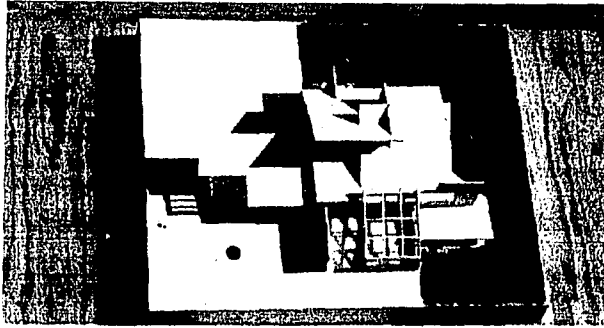


Latitud 20° N

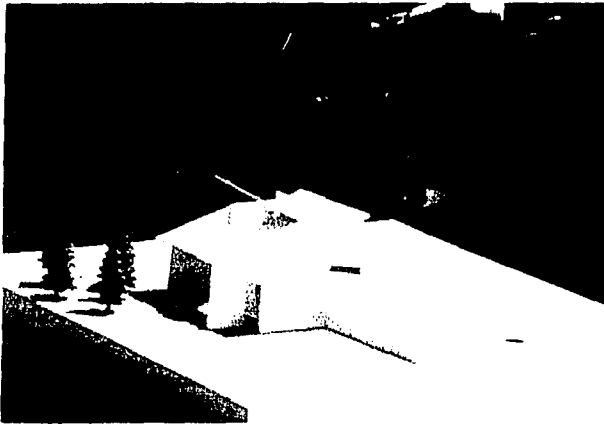


LONGITUD DE
VARILLA

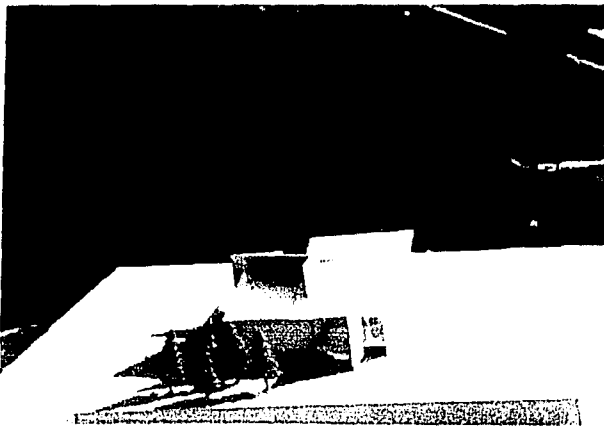
ANALISIS SOLAR



9 a.m.

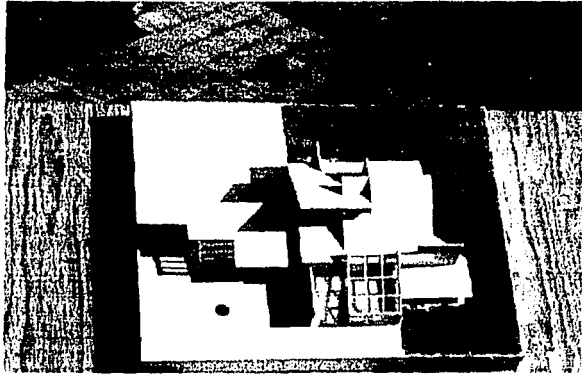


12 a.m.

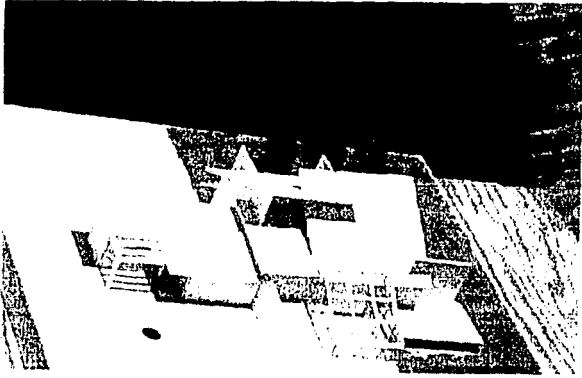


4 a.m.

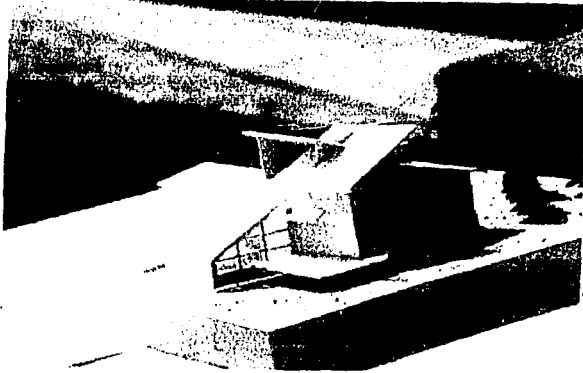
ESTUDIO DE SOMBRAS DEL MES DE ENERO



9 a.m.



12 a.m.



4 p.m.

ESTUDIO DE SOMBRAS DEL MES DE MAYO

COLECTOR SOLAR

IRRADIACION SOLAR.

Cálculo de irradiación solar diaria, en plano horizontal e inclinación respecto a la latitud del lugar.
Ecuaciones para evaluar la irradiación horaria a partir de diaria, radiación global, directa y difusa.

Ho, irradiación extraterrestre diaria, no se ve afectada por las nubes ni por la atmósfera.

$I_{cs} := 4921.2$... constante solar [kJ/m² hr.] (1367 W/m²).

$i := 1..12$... período de estimación.

... días representativos, para manejar el promedio mensual diario que sugiere KLEIN.

$n_i :=$

17
47
75
105
135
162
198
228
258
288
318
344

17 de enero.

16 de febrero.

16 de marzo.

15 de abril.

15 de mayo.

11 de junio.

17 de julio.

14 de agosto.

15 de septiembre.

15 de octubre.

14 de noviembre.

10 de diciembre

$$\Gamma_i := 2 \cdot \pi \cdot \frac{(n_i) - 1}{365}$$

$$\phi := 19.5 \text{ deg}$$

... latitud de la localidad, en grados. (JALAPA).

$$\delta_i := 0.006918 - 0.399912 \cdot \cos(\Gamma_i) + 0.070257 \cdot \sin(\Gamma_i) \dots$$

$$+ -0.006758 \cdot \cos(2 \cdot \Gamma_i) + 0.000907 \cdot \sin(2 \cdot \Gamma_i) \dots$$

$$+ -0.002697 \cdot \cos(3 \cdot \Gamma_i) + 0.00148 \cdot \sin(3 \cdot \Gamma_i)$$

... declinación solar, posición angular entre el sol y el plano ecuatorial.

$$\omega s_i := \arccos(-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta_i))$$

... ángulo horario en el ocaso.

$$H_{o_i} := \frac{24}{\pi} I_{cs} \left(1 + 0.033 \cdot \cos\left(360 \text{ deg} \cdot \frac{n_i}{365}\right) \right) \cdot \left(\cos(\phi) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega s_i) \dots \right)$$

$$+ \omega s_i \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_i)$$

... irradiación extraterrestre.

Valores de los mapas
de irradiación (KJ/ m2 día)

KJ/ m2 día

H_{0i}	$H_i :=$	$kt_i := \frac{H_i}{H_{0i}}$	kt_i
27209.506	11000		0.404
31081.575	12600		0.405
35033.025	14200		0.405
37966.805	15300		0.403
39219.914	16500		0.421
39437.048	16000		0.406
39210.445	17600		0.449
38368.284	18100		0.472
36212.687	15800		0.436
32562.012	13200		0.405
28449.424	12000		0.422
26155.213	10800		0.413

$$H_{di} := H_i \left[1.390 - 4.027 \cdot kt_i + 5.531 \cdot (kt_i)^2 - 3.108 \cdot (kt_i)^3 \right]$$

$s := 24 \text{ deg}$ $s = 0.419$...ángulo de inclinación del colector.

Se toma como ángulo horario en el ocaso ($\omega's_i$) el menor de

$$\omega's_i := \arccos(-\tan(\phi - s) \cdot \tan(\delta_i)) \quad \text{y de } \omega s \dots$$

$$\omega's_i := \text{if}(|\omega's_i| < |\omega s_i|, \omega's_i, \omega s_i)$$

ωs_i	$\omega's_i$	$\omega's_i$
deg	deg	deg
82.227	91.723	91.723
85.457	91.009	91.009
89.277	90.161	90.161
93.39	89.247	90.161
96.874	88.476	89.247
98.661	88.082	88.476
97.955	88.237	88.082
95.061	88.877	88.237
91.185	89.737	88.877
87.069	90.651	89.737
83.377	91.469	90.651
81.422	91.9	91.469
		91.9

$\rho := 0.2$...reflectividad del piso.

$\omega := 0$...ángulo horario al medio día solar.

DETERMINACION DE "Rb" y "R".

$$R_b := \frac{\cos(\phi - s) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega' s_i) + \omega' s_i \cdot \sin(\phi - s) \cdot \sin(\delta_i)}{\cos(\phi) \cdot \cos(\delta_i) \cdot \sin(\omega s_i) + \omega s_i \cdot \sin(\phi) \cdot \sin(\delta_i)}$$

$$R_i := \left(1 - \frac{Hd_i}{I_i}\right) \cdot R_b + \left(\frac{Hd_i}{I_i}\right) \cdot \left(\frac{1 + \cos(s)}{2}\right) + \left[\rho \cdot \left(\frac{1 - \cos(s)}{2}\right)\right]$$

...en esta ecuación los tres términos representan la componenete directa, la difusa y la reflectividad respectivamente.

$$I_t := R_i \cdot k_t \cdot I_o$$

... irradiación solar global diaria promedio mensual incidente sobre un plano inclinado.

$$D1_i := I_i - Hd_i$$

... irradiación solar directa diaria promedio mensual incidente sobre un plano horizontal.

$$D2_i := D1_i \cdot R_b$$

... irradiación solar directa diaria promedio mensual incidente sobre un plano inclinado.

$$Hd_i := I_t - D2_i$$

... irradiación solar difusa diaria promedio mensual incidente sobre un plano inclinado.

$$\frac{s}{\text{deg}} = 24$$

Irradiación diaria promedio mensual en kJ/m² día, (con datos de ALMANZA).

mes	Global	Directa	Difusa	Global	Directa	Difusa + albedo
	Horiz.	Horiz.	Horiz.	Inclin. 24°	Inclin. 24°	Inclin. 24°
	I _i	D _{1_i}	Hd _i	I _{t_i}	D _{2_i}	Hd _i
ene	11000	5933.306	5066.694	13086.23	8143.456	4942.774
feb	12600	6811.453	5788.547	14034.724	8387.467	5647.257
mar	14200	7675.59	6524.41	14681.805	8316.662	6365.143
abr	15300	8231.403	7068.597	14684.521	7789.205	6895.316
may	16500	9184.875	7315.125	14932.382	7790.82	7141.562
jun	16000	8655.051	7344.949	14119.258	6953.483	7165.774
jul	17600	10283.131	7316.869	15592.17	8439.43	7152.74
ago	18100	10952.639	7147.361	16823.354	9828.471	6994.883
sep	15800	9041.574	6758.426	15795.446	9192.57	6602.876
sep	13200	7135.744	6064.256	14241.19	8324.955	5916.235
oct	12000	6693.352	5306.648	14018.915	8837.914	5181.001
nov	10800	5924.8	4875.2	13113.346	8355.517	4757.83
dice						

IRRADIACION SOLAR DIARIA PROMEDIO MENSUAL
(KJ / m² día)

PLANO HORIZONTAL

$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.5$

	II GLOBAL	I _{bt} DIRECTA	I _d DIFUSA
	I _g	I _{bt}	I _d
ene	11000	5933.306	5066.694
feb	12600	6811.453	5788.547
mar	14200	7675.59	6524.41
abr	15300	8231.403	7068.597
may	16500	9184.875	7315.125
jun	16000	8655.051	7344.949
jul	17600	10283.131	7316.869
ago	18100	10952.639	7147.361
sep	15800	9041.574	6758.426
oct	13200	7135.744	6064.256
nov	12000	6693.352	5306.648
dic	10800	5924.8	4875.2

PLANO INCLINADO (al sur)

$\frac{s}{\text{deg}} = 24$

$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.5$

	II _T GLOBAL	I _{bt} DIRECTA	I _{Td} DIFUSA
	I _{Tg}	I _{bt}	I _{Td}
ene	13086.23	8143.456	4942.774
feb	14034.724	8387.467	5647.257
mar	14681.805	8316.662	6365.143
abr	14684.521	7789.205	6895.316
may	14932.382	7790.82	7141.562
jun	14119.258	6953.483	7165.774
jul	15592.17	8439.43	7152.74
ago	16823.354	9828.471	6994.883
sep	15795.446	9192.57	6602.876
oct	14241.19	8324.955	5916.235
nov	14018.915	8837.914	5181.001
dic	13113.346	8355.517	4757.83

RESULTADOS DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN EL CALCULO

DECLINACION
(grados)

FACTOR DE CLARIDAD
(adimensional)

	δ_i deg	KT_i	R_i	Rb_i
ene	-20.904	0.404	1.19	1.372
feb	-12.609	0.405	1.114	1.231
mar	-2.042	0.405	1.034	1.084
abr	9.481	0.403	0.96	0.946
may	18.674	0.421	0.905	0.848
jun	23.038	0.406	0.882	0.803
jul	21.346	0.449	0.886	0.821
ago	13.989	0.472	0.929	0.897
sep	3.343	0.436	1	1.017
oct	-8.218	0.405	1.079	1.167
nov	-18.041	0.422	1.168	1.32
dic	-22.841	0.413	1.214	1.41

COMPARACION GRAFICA DE IRRADIACION INCIDENTE SOBRE PLANOS HORIZONTAL E INCLINADO

ROJO

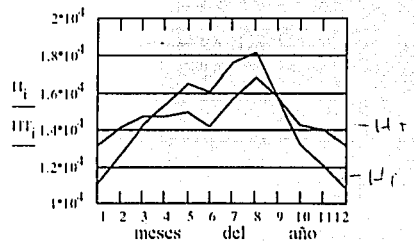
AZUL

I_i
11000
12600
14200
15300
16500
16000
17600
18100
15800
13200
12000
10800

II_i
13086.23
14034.724
14681.805
14684.521
14932.382
14119.258
15592.17
16823.354
15795.446
14241.19
14018.915
13113.346

$$\frac{s}{\text{deg}} = 24$$

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.5$$



DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR GLOBAL HORARIA PROMEDIO
MENSUAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL (I_h):

$$I_h = I \cdot RG$$

donde:

RG = valor obtenido de gráfica o mediante la expresión siguiente:

T = longitud del día en horas. T := 24

ω = ángulo horario correspondiente a 1/2 horas (rad).

$$a_1 := 0.409 + 0.5016 \cdot \sin(\omega s_1 - 1.047)$$

$$b_1 := 0.6609 - 0.4767 \cdot \sin(\omega s_1 - 1.047)$$

$$RGenc_k := \frac{\pi}{T} \cdot (a_1 + b_1 \cdot \cos(\omega_k)) \cdot \frac{\cos(\omega_k) - \cos(\omega s_1)}{\sin(\omega s_1) - \omega s_1 \cdot \cos(\omega s_1)}$$

$\omega_k :=$
82.5-deg
67.5-deg
52.5-deg
37.5-deg
22.5-deg
7.5-deg

DETERMINACION DE LA IRRADIACION SOLAR DIFUSA HORARIA PROMEDIO
MENSUAL SOBRE UN PLANO HORIZONTAL (I_{dn}):

$$I_{dn} = I_d \cdot RD$$

$$RDenc_k := \frac{\pi}{T} \cdot \frac{\cos(\omega_k) - \cos(\omega s_1)}{\sin(\omega s_1) - (\omega s_1) \cdot \cos(\omega s_1)}$$

RESULTADOS DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN EL CALCULO $\frac{\phi}{deg} = 19.5$

DECLINACION (grados) FACTOR DE CLARIDAD (adimensional)

	δ_1 deg	KT_1	R_1	Rb_1
ene	-20.904	0.404	1.19	1.372
feb	-12.609	0.405	1.114	1.231
mar	-2.042	0.405	1.034	1.084
abr	9.481	0.403	0.96	0.946
may	18.674	0.421	0.905	0.848
jun	23.038	0.406	0.882	0.803
jul	21.346	0.449	0.886	0.821
ago	13.989	0.472	0.929	0.897
sep	3.343	0.436	1	1.017
oct	-8.218	0.405	1.079	1.167
nov	-18.041	0.422	1.168	1.32
dic	-22.841	0.413	1.214	1.41

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL
(KJ / m2 hr)

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19,5$$

MAYO	(I _h) GLOBAL H _h may _k	(I _{hd}) DIFUSA H _{hd} may _k	(I _b) DIRECTA H _b may _k
6 a 7 y 17 a 18	343.184	200.462	142.722
7 a 8 y 16 a 17	774.838	402.487	372.351
8 a 9 y 15 a 16	1235.075	583.617	651.458
9 a 10 y 14 a 15	1662.199	731.509	930.69
10 a 11 y 13 a 14	1992.079	836.085	1155.995
11 a 12 y 12 a 13	2171.903	890.217	1281.686

JUNIO	(I _h) GLOBAL H _h jun _k	(I _{hd}) DIFUSA H _{hd} jun _k	(I _b) DIRECTA H _b jun _k
6 a 7 y 17 a 18	363.205	216.587	146.618
7 a 8 y 16 a 17	770.922	410.862	360.06
8 a 9 y 15 a 16	1202.344	585.044	617.301
9 a 10 y 14 a 15	1600.786	727.262	873.524
10 a 11 y 13 a 14	1907.588	827.826	1079.761
11 a 12 y 12 a 13	2074.554	879.882	1194.672

JULIO	(I _h) GLOBAL H _h jul _k	(I _{hd}) DIFUSA H _{hd} jul _k	(I _b) DIRECTA H _b jul _k
6 a 7 y 17 a 18	386.559	209.916	176.643
7 a 8 y 16 a 17	839.728	406.75	432.978
8 a 9 y 15 a 16	1320.662	583.226	737.436
9 a 10 y 14 a 15	1765.672	727.319	1038.353
10 a 11 y 13 a 14	2108.734	829.208	1279.526
11 a 12 y 12 a 13	2295.555	881.949	1413.606

AGOSTO	(I _h) GLOBAL H _h ago _k	(I _{hd}) DIFUSA H _{hd} ago _k	(I _b) DIRECTA H _b ago _k
6 a 7 y 17 a 18	339.207	179.136	160.071
7 a 8 y 16 a 17	825.515	385.631	439.884
8 a 9 y 15 a 16	1348.295	570.77	777.526
9 a 10 y 14 a 15	1835.981	721.935	1114.046
10 a 11 y 13 a 14	2213.835	828.825	1385.011
11 a 12 y 12 a 13	2420.168	884.155	1536.014

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO HORIZONTAL
(KJ / m² hr)

$$\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.5$$

MAYO	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
	I _{hmay_k}	I _{dnmay_k}	I _{bmay_k}
6 a 7 y 17 a 18	343.184	200.462	142.722
7 a 8 y 16 a 17	774.838	402.487	372.351
8 a 9 y 15 a 16	1235.075	583.617	651.458
9 a 10 y 14 a 15	1662.199	731.509	930.69
10 a 11 y 13 a 14	1992.079	836.085	1155.995
11 a 12 y 12 a 13	2171.903	890.217	1281.686

JUNIO	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
	I _{hjun_k}	I _{dnjun_k}	I _{bjun_k}
6 a 7 y 17 a 18	363.205	216.587	146.618
7 a 8 y 16 a 17	770.922	410.862	360.06
8 a 9 y 15 a 16	1202.344	585.044	617.301
9 a 10 y 14 a 15	1600.786	727.262	873.524
10 a 11 y 13 a 14	1907.588	827.826	1079.761
11 a 12 y 12 a 13	2074.554	879.882	1194.672

JULIO	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
	I _{hjul_k}	I _{dnjul_k}	I _{bjul_k}
6 a 7 y 17 a 18	386.559	209.916	176.643
7 a 8 y 16 a 17	839.728	406.75	432.978
8 a 9 y 15 a 16	1320.662	583.226	737.436
9 a 10 y 14 a 15	1765.672	727.319	1038.353
10 a 11 y 13 a 14	2108.734	829.208	1279.526
11 a 12 y 12 a 13	2295.555	881.949	1413.606

AGOSTO	(I _h) GLOBAL	(I _{dn}) DIFUSA	(I _b) DIRECTA
	I _{hago_k}	I _{dnago_k}	I _{bago_k}
6 a 7 y 17 a 18	339.207	179.136	160.071
7 a 8 y 16 a 17	825.515	385.631	439.884
8 a 9 y 15 a 16	1348.295	570.77	777.526
9 a 10 y 14 a 15	1835.981	721.935	1114.046
10 a 11 y 13 a 14	2213.835	828.825	1385.011
11 a 12 y 12 a 13	2420.168	884.155	1536.014

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO
 (para un plano inclinado hacia el sur)
 (KJ / m² hr)

LATITUD: $\phi = 19.5$
deg

INCLINACION: $\delta = 24$
deg

ENERO	(Iht) GLOBAL Ihtene _k	(Ihdh) DIFUSA Ihdhtene _k	(Ibn) DIRECTA Ibnene _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	0	0	0
de 7 a 8 y de 16 a 17	416.401	197.083	219.318
de 8 a 9 y de 15 a 16	907.456	377.148	530.308
de 9 a 10 y de 14 a 15	1386.715	524.171	862.544
de 10 a 11 y de 13 a 14	1768.095	628.132	1139.963
de 11 a 12 y de 12 a 13	1979.338	681.946	1297.392

FEBRERO	(Iht) GLOBAL Ihtfeb _k	(Ihdh) DIFUSA Ihdhtfeb _k	(Ibn) DIRECTA Ibnfeb _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	73.402	42.343	31.058
de 7 a 8 y de 16 a 17	507.046	250.381	256.665
de 8 a 9 y de 15 a 16	998.899	436.903	561.996
de 9 a 10 y de 14 a 15	1472.754	589.197	883.556
de 10 a 11 y de 13 a 14	1847.025	696.885	1150.14
de 11 a 12 y de 12 a 13	2053.52	752.629	1300.891

MARZO	(Iht) GLOBAL Ihtmar _k	(Ihdh) DIFUSA Ihdhtmar _k	(Ibn) DIRECTA Ibnmar _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	164.166	98.289	65.877
de 7 a 8 y de 16 a 17	593.519	308.485	285.033
de 8 a 9 y de 15 a 16	1069.127	496.942	572.185
de 9 a 10 y de 14 a 15	1521.026	650.816	870.21
de 10 a 11 y de 13 a 14	1875.057	759.622	1115.435
de 11 a 12 y de 12 a 13	2069.539	815.944	1253.596

ABRIL	(Iht) GLOBAL Ihtabr _k	(Ihdh) DIFUSA Ihdhtabr _k	(Ibn) DIRECTA Ibnabr _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	245.506	153.397	92.109
de 7 a 8 y de 16 a 17	649.861	357.326	292.535
de 8 a 9 y de 15 a 16	1088.05	540.165	547.885
de 9 a 10 y de 14 a 15	1498.873	689.451	809.421
de 10 a 11 y de 13 a 14	1818.149	795.013	1023.135
de 11 a 12 y de 12 a 13	1992.783	849.656	1143.127

IRRADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO
(para un plano inclinado hacia el sur)
(KJ / m² hr)

LATITUD: $\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.5$

INCLINACION: $\frac{s}{\text{deg}} = 24$

MAYO	(Iht) GLOBAL Ihtmay _k	(Ildht) DIFUSA Ildhtmay _k	(Ibn) DIRECTA Ibnmay _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	310.579	191.805	118.774
de 7 a 8 y de 16 a 17	701.223	385.097	316.126
de 8 a 9 y de 15 a 16	1117.734	558.397	559.337
de 9 a 10 y de 14 a 15	1504.279	699.897	804.382
de 10 a 11 y de 13 a 14	1802.818	799.952	1002.866
de 11 a 12 y de 12 a 13	1965.556	851.744	1113.812

JUNIO	(Iht) GLOBAL Ihtjun _k	(Ildht) DIFUSA Ildhtjun _k	(Ibn) DIRECTA Ibnjun _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	320.511	207.233	113.278
de 7 a 8 y de 16 a 17	680.303	393.11	287.193
de 8 a 9 y de 15 a 16	1061.013	559.762	501.251
de 9 a 10 y de 14 a 15	1412.62	695.834	716.786
de 10 a 11 y de 13 a 14	1683.358	792.05	891.307
de 11 a 12 y de 12 a 13	1830.698	841.856	988.842

JULIO	(Iht) GLOBAL Ihtjul _k	(Ildht) DIFUSA Ildhtjul _k	(Ibn) DIRECTA Ibnjul _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	342.46	200.85	141.61
de 7 a 8 y de 16 a 17	743.931	389.176	354.755
de 8 a 9 y de 15 a 16	1169.999	558.024	611.975
de 9 a 10 y de 14 a 15	1564.242	695.888	868.354
de 10 a 11 y de 13 a 14	1868.167	793.372	1074.795
de 11 a 12 y de 12 a 13	2033.675	843.834	1189.841

AGOSTO	(Iht) GLOBAL Ihtago _k	(Ildht) DIFUSA Ildhtago _k	(Ibn) DIRECTA Ibnago _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	315.281	171.401	143.881
de 7 a 8 y de 16 a 17	767.289	368.97	398.319
de 8 a 9 y de 15 a 16	1253.196	546.106	707.091
de 9 a 10 y de 14 a 15	1706.484	690.736	1015.747
de 10 a 11 y de 13 a 14	2057.687	793.005	1264.682
de 11 a 12 y de 12 a 13	2249.467	845.944	1403.523

IR RADIACION HORARIA PROMEDIO MENSUAL SOBRE UN PLANO INCLINADO
 (para un plano inclinado hacia el sur)
 (KJ / m² hr)

LATITUD: $\frac{\phi}{\text{deg}} = 19.5$

INCLINACION: $\frac{s}{\text{deg}} = 24$

SEPTIEMBRE	(Iht) GLOBAL Ihtsep _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtsep _k	(Ibn) DIRECTA Ibnsep _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	218,84	123,946	94,895
de 7 a 8 y de 16 a 17	668,079	330,62	337,458
de 8 a 9 y de 15 a 16	1160,468	515,92	644,548
de 9 a 10 y de 14 a 15	1625,334	667,217	958,118
de 10 a 11 y de 13 a 14	1988,136	774,199	1213,936
de 11 a 12 y de 12 a 13	2187,029	829,578	1357,451

OCTUBRE	(Iht) GLOBAL Ihtoct _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtoct _k	(Ibn) DIRECTA Ibnoct _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	111,722	65,475	46,247
de 7 a 8 y de 16 a 17	541,707	273,419	268,287
de 8 a 9 y de 15 a 16	1024,364	459,858	564,507
de 9 a 10 y de 14 a 15	1486,564	612,084	874,48
de 10 a 11 y de 13 a 14	1850,344	719,724	1130,62
de 11 a 12 y de 12 a 13	2050,676	775,443	1275,233

NOVIEMBRE	(Iht) GLOBAL Ihtnov _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtnov _k	(Ibn) DIRECTA Ibnnov _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	22,608	12,236	10,373
de 7 a 8 y de 16 a 17	468,683	215,252	253,431
de 8 a 9 y de 15 a 16	981,988	397,271	584,717
de 9 a 10 y de 14 a 15	1480,586	545,889	934,697
de 10 a 11 y de 13 a 14	1876,276	650,978	1225,298
de 11 a 12 y de 12 a 13	2095,133	705,376	1389,757

DICIEMBRE	(Iht) GLOBAL Ihtdic _k	(Ihdht) DIFUSA Ihdhtdic _k	(Ibn) DIRECTA Ibn dic _k
de 6 a 7 y de 17 a 18	0	0	0
de 7 a 8 y de 16 a 17	401,736	183,554	218,182
de 8 a 9 y de 15 a 16	902,396	361,242	541,154
de 9 a 10 y de 14 a 15	1392,707	506,324	886,384
de 10 a 11 y de 13 a 14	1783,643	608,912	1174,731
de 11 a 12 y de 12 a 13	2000,399	662,016	1338,384

CALCULO DEL ANGULO DE INCIDENCIA SOBRE UNA SUPERFICIE INCLINADA

Valores horarios en los días más representativos del mes y el plano. Es con relación a un eje normal al plano.

LOCALIDAD: Teocelo, Ver.

$$\phi = 19.5\text{-deg}$$

...latitud del lugar.

$$s = 24\text{-deg}$$

...ángulo de inclinación del colector.

DECLINACION

$$\Gamma_i = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_i - 1}{365}$$

$$\delta_i = 0.006918 - 0.399912 \cdot \cos(\Gamma_i) \dots \\ + 0.070257 \cdot \sin(\Gamma_i) - 0.006758 \cdot \cos(2 \cdot \Gamma_i) \dots \\ + 0.000907 \cdot \sin(2 \cdot \Gamma_i) - 0.002697 \cdot \cos(3 \cdot \Gamma_i) + 0.00148 \cdot \sin(3 \cdot \Gamma_i)$$

Días más representativos de los 12 meses del año (de acuerdo a KLEIN):

DECLINACION

(rad)

δ_i	
0.365	enero 17
0.22	febrero 16
0.036	marzo 16
0.165	abril 15
0.326	mayo 15
0.402	junio 11
0.373	julio 17
0.244	agosto 14
0.058	septiembre 15
0.143	octubre 15
0.315	noviembre 14
0.399	diciembre 10

6 1/2
7 1/2
8 1/2
9 1/2
10 1/2
11 1/2
12 1/2
13 1/2
14 1/2
15 1/2
16 1/2
17 1/2

ANGULO HORARIO

θ_i
82.5-deg
67.5-deg
52.5-deg
37.5-deg
22.5-deg
7.5-deg
7.5-deg
22.5-deg
37.5-deg
52.5-deg
67.5-deg
82.5-deg

$$\theta I_i = \arccos(\sin(\delta I) \cdot \sin(\phi - s) + \cos(\delta I) \cdot \cos(\phi - s) \cdot \cos(\theta_i))$$

...ecuación que se aplica para la determinación del ángulo de incidencia con respecto a un eje normal al plano del colector.

ANGULO DE INCIDENCIA HORARIO, PROMEDIO MENSUAL

ϕ = 19.5 deg ...latitud en grados.

α = 24 deg ...inclinación hacia el sur en grados.

	enero θT_1 deg	febrero θT_2 deg	marzo θT_3 deg	abril θT_4 deg	mayo θT_5 deg	junio θT_6 deg
de 6 a 7	81.399	81.714	82.366	83.372	84.367	84.892
de 7 a 8	67.394	67.081	67.415	68.693	70.348	71.315
de 8 a 9	53.492	52.456	52.461	54.15	56.646	58.144
de 9 a 10	39.929	37.912	37.514	39.899	43.602	45.803
de 10 a 11	27.326	23.66	22.595	26.424	32.067	35.227
de 11 a 12	17.949	10.985	7.88	15.853	24.323	28.495
de 12 a 13	17.949	10.985	7.88	15.853	24.323	28.495
de 13 a 14	27.326	23.66	22.595	26.424	32.067	35.227
de 14 a 15	39.929	37.912	37.514	39.899	43.602	45.803
de 15 a 16	53.492	52.456	52.461	54.15	56.646	58.144
de 16 a 17	67.394	67.081	67.415	68.693	70.348	71.315
de 17 a 18	81.399	81.714	82.366	83.372	84.367	84.892

	julio θT_7 deg	agosto θT_8 deg	septiembre θT_9 deg	octubre θT_{10} deg	noviembre θT_{11} deg	diciembre θT_{12} deg
de 6 a 7	84.685	83.84	82.8	81.952	81.488	81.351
de 7 a 8	70.927	69.438	67.897	67.12	67.229	67.54
de 8 a 9	57.541	55.255	53.039	52.275	53.034	53.861
de 9 a 10	44.92	41.541	38.281	37.439	39.075	40.593
de 10 a 11	33.974	28.985	23.81	22.663	25.836	28.446
de 11 a 12	26.871	19.93	10.848	8.328	15.4	19.722
de 12 a 13	26.871	19.93	10.848	8.328	15.4	19.722
de 13 a 14	33.974	28.985	23.81	22.663	25.836	28.446
de 14 a 15	44.92	41.541	38.281	37.439	39.075	40.593
de 15 a 16	57.541	55.255	53.039	52.275	53.034	53.861
de 16 a 17	70.927	69.438	67.897	67.12	67.229	67.54
de 17 a 18	84.685	83.84	82.8	81.952	81.488	81.351

ANALISIS OPTICO

REFLEXION:
En nuestro análisis consideraremos
cubiertas de vidrio.

RELACION DE FRESNEL:

- θ_1 = ángulo de incidencia.
- θ_2 = radiación reflejada.
- n_1 = índice de refracción del medio 1
- n_2 = índice de refracción del medio 2
- n = Número de cubiertas.
- θ_2 = ángulo de refracción.
- n_1 1.000 (aire)
- n_2 1.526 (vidrio)
- $n = 2$

$$\theta_2 = \text{asin}\left(n_1 \frac{\sin(\theta_1)}{n_2}\right) \quad (\text{Ley de Snell})$$

**REFLEXION CUÁNDO EL ANGULO DE INCIDENCIA NO ES
NORMAL**
(θ_1 dif. de 0):

$$r_{\text{pene}_i} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)^2}{\sin(\theta_2 + \theta_1)^2} + \frac{\tan(\theta_2 - \theta_1)^2}{\tan(\theta_2 + \theta_1)^2} \right]$$

Componentes polarizadas:

$$r_{\text{p1ene}_i} = \left(\frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)^2}{\sin(\theta_2 + \theta_1)^2} \right) \quad r_{\text{p2ene}_i} = \left(\frac{\tan(\theta_2 - \theta_1)^2}{\tan(\theta_2 + \theta_1)^2} \right)$$

**LEY DE SNELL PARA CALCULAR EL ANGULO DE REFRACCION A
PARTIR
DEL ANGULO DE INCIDENCIA:**

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \quad \frac{n_1}{n_2} = 0.655 \quad \dots\dots\dots(2)$$

REFLEXION CUANDO EL ANGULO DE INCIDENCIA ES NORMAL
($\theta_i = 0$):

$$I_{p0} = \frac{I_r}{I_o} \quad \text{..o también:} \quad I_{p0} = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad \dots(3)$$

$$I_{p0} \cdot 100 = 4.336 \quad \%$$

TRANSMISION

TRANSMISION A TRAVES DE UNA SOLA CUBIERTA DE VIDRIO
CONSIDERANDO SOLO REFLEXION (NO ABSORCION) (τ_{r1}):

$$\tau_{r1enc_i} = \frac{1 - I_{penc_i}}{1 + I_{penc_i}} \quad \dots(4)$$

TRANSMISION A TRAVES DE "n" CUBIERTAS DE VIDRIO
CONSIDERANDO SOLO REFLEXION (NO ABSORCION) (τ_{rn}):

A incidencia normal: Número de cubiertas: $n = 1$

$$\tau_{rn0} = \frac{1 - I_{p0}}{1 + (2 \cdot n - 1) \cdot I_{p0}} \quad \tau_{rn0} = 0.917 \quad \dots(5)$$

A incidencia diferente de 0:

$$\tau_{rnCP1enc_i} = \frac{1 - CP1enc_i}{1 + (2 \cdot n - 1) \cdot CP1enc_i} \quad \tau_{rnCP2enc_i} = \frac{1 - CP2enc_i}{1 + (2 \cdot n - 1) \cdot CP2enc_i}$$

RADIACION TRANSMITIDA SIN CONSIDERAR
ABSORCION:

$$\tau_{rne_i} = 0.5 \cdot \{ \tau_{rnCP1enc_i} + \tau_{rnCP2enc_i} \}$$

TRANSMISION A TRAVES DE "n" CUBIERTAS CONSIDERANDO ABSORCION (τ_a):

Coefficiente de extinción (propiedad óptica)

$k = 0.04 / \text{cm}$ para vidrios claros $k = 0.32 / \text{cm}$

para vidrios verdes del país.

$k = 0.161 / \text{cm}$

...coeficiente de extinción.

$n = 1$

...número de cubiertas.

$l = 0.23 \text{ cm}$

...anótese el espesor del vidrio.

$$\tau_{\text{ene}_1} = e^{-\frac{n \cdot k \cdot l}{\cos(\theta_{\text{ene}_1})}} \quad \dots\dots(6)$$

TRANSMISION TOTAL

Considerando ambos fenómenos, absorción y reflexión:

$$\tau_{\text{ene}_1} = \tau_{\text{ene}_1} \cdot \tau_{\text{ene}_1} \quad \dots\dots(7)$$

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA

Hasta este punto hemos valorado solamente la energía que pasa a través del vidrio, a continuación consideraremos las propiedades ópticas del colector:

REFLECTANCIA

DIFUSA:

$\rho_d =$ reflectancia difusa para 1 cubierta:	$\rho_{d1} = 0.16$
para 2 cubiertas:	$\rho_{d2} = 0.24$
para 3 cubiertas:	$\rho_{d3} = 0.29$
para 4 cubiertas:	$\rho_{d4} = 0.32$

$\alpha =$ absortancia sup. selectiva:	$\alpha_1 = 0.95$
negro mate comercial:	$\alpha_2 = 0.83$

Una superficie selectiva tiene una alta absorción de la radiación solar y una baja emisividad de radiación infrarroja.
Se propone superficie selectiva:

$$\rho_d := \rho_{d1}$$

$$\alpha_1 := 0.95$$

$$\rho_d := \rho_{d1}$$

$$\alpha_2 := 0.83$$

SUPERFICIE
SELECTIVA

NEGRO MATE
COMERCIAL

$$\tau_{\text{ef1}} = \frac{\tau_{\text{ene}} \cdot \alpha_1}{1 - (1 - \alpha_1) \cdot \rho_d}$$

$$\tau_{\text{ef2}} = \frac{\tau_{\text{ene}} \cdot \alpha_2}{1 - (1 - \alpha_2) \cdot \rho_d}$$

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO.

Incluye otros efectos térmicos, temperatura ambiente, emisividad de placa y velocidad del viento.

El valor de la constante "a", está en función del número de cubiertas y de la emisividad de la placa:

NEGRO MATE COMERCIAL			SUPERFICIE SELECTIVA	
$\epsilon = 0.95$			$\epsilon = 0.10$	
τ_{ef1}	$a_1 = 0.27$	1 cubierta	$a_{01} = 0.13$	τ_{ef1}
τ_{ef2}	$a_{21} = 0.15$ $a_{22} = 0.62$	2 cubiertas	$a_{021} = 0.09$ $a_{022} = 0.40$	τ_{ef2}
τ_{ef3}	$a_{31} = 0.14$ $a_{32} = 0.45$ $a_{33} = 0.75$	3 cubiertas	$a_{031} = 0.06$ $a_{032} = 0.31$ $a_{033} = 0.53$	τ_{ef3}

$$\tau_{\text{ene}} := \tau_{\text{ef2}} \quad (\text{superficie selectiva})$$

$$\tau_{\text{ef1}} = \tau_{\text{ene}} + (1 - \tau_{\text{ene}}) \cdot a_{01} \cdot (\tau_{\text{ene}})^{1-1} \quad (1 \text{ cubierta})$$

$$\tau_{\text{ef2}} = \tau_{\text{ene}} + (1 - \tau_{\text{ene}}) \cdot a_{21} \cdot (\tau_{\text{ene}})^{2-1} + (1 - \tau_{\text{ene}}) \cdot a_{22} \cdot (\tau_{\text{ene}})^{1-1} \quad (2 \text{ cubiertas})$$

$$\begin{aligned}
 u_{i3} &= u_{i2} + (1 - u_{i2}) \cdot a_{31} \cdot (u_{i2})^{3-1} \dots \\
 &+ (1 - u_{i2}) \cdot a_{32} \cdot (u_{i2})^{2-1} \dots \\
 &+ (1 - u_{i2}) \cdot a_{33} \cdot (u_{i2})^{1-1} \dots
 \end{aligned}$$

(3 cubiertas)

CONSTANTES CONSIDERADAS:

n = 1 ...No. de cubiertas
 n1 = 1 ...indice ref. aire
 n2 = 1.526 ...indice ref. vidrio

$\alpha_1 = 0.95$...absortancia (superficie selectiva)
 $k = 0.161$...coeficiente de extinción
 $L = 0.23$...espesor del vidrio
 $\epsilon = 0.10$...emitancia (superficie selectiva)

	ANGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISION (reflexión y absorción) (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFFECTIVO (%)
ENERO				
	01ene _i	tene _i · 100	α_1 tene _i · 100	α_{ref} tene _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	81.399	38.245	36.626	37.243
7 a 8 y 16 a 17	67.394	73.033	69.941	70.532
8 a 9 y 15 a 16	53.492	84.043	80.485	81.039
9 a 10 y 14 a 15	39.929	87.177	83.486	84.006
10 a 11 y 13 a 14	27.326	88.045	84.318	84.813
11 a 12 y 12 a 13	17.949	88.261	84.524	85.006
FEBRERO				
	01feb _i	rfeb _i · 100	α_1 feb _i · 100	α_{ref} feb _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	81.714	37.036	35.468	38.675
7 a 8 y 16 a 17	67.081	73.456	70.346	73.66
8 a 9 y 15 a 16	52.456	84.439	80.864	84.031
9 a 10 y 14 a 15	37.912	87.393	83.693	86.67
10 a 11 y 13 a 14	23.66	88.155	84.422	87.255
11 a 12 y 12 a 13	10.985	88.326	84.586	87.343
MARZO				
	01mar _i	tmar _i · 100	α_1 mar _i · 100	α_{ref} mar _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	82.366	34.472	33.013	33.631
7 a 8 y 16 a 17	67.415	73.004	69.913	70.504
8 a 9 y 15 a 16	52.461	84.437	80.863	81.414
9 a 10 y 14 a 15	37.514	87.431	83.729	84.244
10 a 11 y 13 a 14	22.595	88.179	84.446	84.934
11 a 12 y 12 a 13	7.88	88.341	84.601	85.075
ABRIL				
	01abr _i	tabr _i · 100	α_1 abr _i · 100	α_{ref} abr _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	83.372	30.364	29.079	29.698
7 a 8 y 16 a 17	68.693	71.15	68.137	68.731
8 a 9 y 15 a 16	54.15	83.772	80.225	80.781
9 a 10 y 14 a 15	39.899	87.18	83.489	84.009
10 a 11 y 13 a 14	26.424	88.076	84.347	84.841
11 a 12 y 12 a 13	15.853	88.286	84.548	85.028

TABLA DE RESULTADOS

ANALISIS OPTICO

CONSTANTES CONSIDERADAS:

$n = 1$	...No. de cubiertas	$\alpha_1 = 0.95$	...absortancia (superficie selectiva)
$n_1 = 1$	...índice ref. aire	$k = 0.161$	...coeficiente de extinción
$n_2 = 1.526$	...índice ref. vidrio	$l = 0.23$	...espesor del vidrio
		$c = 0.10$	...emitanca (superficie selectiva)

	ANGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISION (reflexión y absorción)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFFECTIVA
	(%)	(%)	(%)	(%)
MAYO	01 may _i deg	t _{may} · 100	α_1 may _i · 100	α_{ef} may _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	84.367	26.132	25.025	25.645
7 a 8 y 16 a 17	70.348	68.431	65.534	66.131
8 a 9 y 15 a 16	56.646	82.584	79.087	79.65
9 a 10 y 14 a 15	43.602	86.665	82.996	83.524
10 a 11 y 13 a 14	32.067	87.831	84.112	84.616
11 a 12 y 12 a 13	24.323	88.138	84.406	84.896
JUNIO	01 jun _i deg	t _{jun} · 100	α_1 jun _i · 100	α_{ef} jun _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	84.892	23.836	22.827	23.447
7 a 8 y 16 a 17	71.315	66.661	63.839	64.438
8 a 9 y 15 a 16	58.144	81.732	78.272	78.838
9 a 10 y 14 a 15	45.803	86.265	82.613	83.147
10 a 11 y 13 a 14	35.227	87.624	83.914	84.424
11 a 12 y 12 a 13	28.495	88.001	84.275	84.772
JULIO	01 jul _i deg	t _{jul} · 100	α_1 jul _i · 100	α_{ef} jul _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	84.685	24.746	23.698	24.318
7 a 8 y 16 a 17	70.927	67.388	64.535	65.134
8 a 9 y 15 a 16	57.541	82.089	78.613	79.178
9 a 10 y 14 a 15	44.92	86.435	82.776	83.308
10 a 11 y 13 a 14	33.974	87.714	84	84.507
11 a 12 y 12 a 13	26.871	88.061	84.333	84.827
AGOSTO	01 ago _i deg	t _{ago} · 100	α_1 ago _i · 100	α_{ef} ago _i · 100
6 a 7 y 17 a 18	83.84	28.394	27.192	27.811
7 a 8 y 16 a 17	69.438	69.972	67.01	67.605
8 a 9 y 15 a 16	55.255	83.278	79.753	80.311
9 a 10 y 14 a 15	41.541	86.973	83.291	83.814
10 a 11 y 13 a 14	28.985	87.981	84.256	84.754
11 a 12 y 12 a 13	19.93	88.231	84.495	84.98

TABLA DE RESULTADOS

ANALISIS OPTICO

CONSTANTES CONSIDERADAS:

$n = 1$	...No. de cubiertas	$\alpha_1 = 0.95$	...absortancia (superficie selectiva)
$n_1 = 1$	...indice ref. aire	$k = 0.161$	...coeficiente de extinción
$n_2 = 1.526$	...indice ref. vidrio	$l = 0.23$	...espesor del vidrio
		$\epsilon = 0.10$	...emitancia (superficie selectiva)

	ANGULO DE INCIDENCIA (grados)	TRANSMISION (reflexión y absorción) (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA (%)	TRANSMITANCIA ABSORTANCIA EFECTIVA (%)
SEPTIEMBRE				
	θ_{1sep_i} deg	$t_{sep_i} \cdot 100$	$\tau_{1sep_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1sep_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	82.8	32.722	31.337	31.955
7 a 8 y 16 a 17	67.897	72.328	69.266	69.858
8 a 9 y 15 a 16	53.039	84.221	80.655	81.208
9 a 10 y 14 a 15	38.281	87.356	83.658	84.174
10 a 11 y 13 a 14	23.81	88.151	84.419	84.908
11 a 12 y 12 a 13	10.848	88.327	84.587	85.063
OCTUBRE				
	θ_{1oct_i} deg	$t_{oct_i} \cdot 100$	$\tau_{1oct_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1oct_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	81.952	36.109	34.581	35.198
7 a 8 y 16 a 17	67.12	73.404	70.296	70.887
8 a 9 y 15 a 16	52.275	84.505	80.927	81.478
9 a 10 y 14 a 15	37.439	87.438	83.736	84.25
10 a 11 y 13 a 14	22.663	88.178	84.445	84.933
11 a 12 y 12 a 13	8.328	88.339	84.599	85.074
NOVIEMBRE				
	θ_{1nov_i} deg	$t_{nov_i} \cdot 100$	$\tau_{1nov_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1nov_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	81.488	37.906	36.301	36.918
7 a 8 y 16 a 17	67.229	73.258	70.156	70.746
8 a 9 y 15 a 16	53.034	84.223	80.657	81.21
9 a 10 y 14 a 15	39.075	87.273	83.578	84.096
10 a 11 y 13 a 14	25.836	88.095	84.365	84.857
11 a 12 y 12 a 13	15.4	88.291	84.553	85.032
DICIEMBRE				
	θ_{1dic_i} deg	$t_{dic_i} \cdot 100$	$\tau_{1dic_i} \cdot 100$	$\tau_{ef1dic_i} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	81.351	38.428	36.801	37.418
7 a 8 y 16 a 17	67.54	72.832	69.748	70.339
8 a 9 y 15 a 16	53.861	83.893	80.341	80.896
9 a 10 y 14 a 15	40.593	87.097	83.409	83.93
10 a 11 y 13 a 14	28.446	88.003	84.277	84.774
11 a 12 y 12 a 13	19.722	88.234	84.499	84.983

METODO PARA CALCULAR EL COEFICIENTE DE PERDIDAS POR LA PARTE SUPERIOR (UT). K L E I N

LIMITACIONES:

se requiere hacer ajuste si el ángulo de inclinación es diferente de: 45°

temperatura de placa: $40^\circ\text{C} < T_p < 130^\circ\text{C}$

precisión: $\pm 0.2 \text{ W / m}^2 \text{ K}$

DATOS:

$n = 1$... número de cubiertas:

$v = 3.5$... velocidad del viento m/ s

temperatura ambiente

$hw = 5.7 + 3.8 \cdot v$

... coeficiente de convección del viento ($\text{W / m}^2 \text{ K}$)

($^\circ\text{C}$)

ene
feb
mar
abr
may
jun
jul
ago
sep
oct
nov
dic

T_{a_i}
15.75
16.7
19.15
21.3
21.9
19.25
20.85
20.7
20.45
19.2
17.5
16.25

$$f = (1.0 - 0.04 \cdot hw + 5.0 \cdot 10^{-4} \cdot hw^2) \cdot \left(\frac{1.0}{1 + 0.058 \cdot n} \right)$$

$T_p = 65 + 273.15$... temperatura de placa (K).

$T_{a_i} = T_{a_i} + 273.15$... temperatura ambiente (K).

$\eta_p = 0.15$... emisividad de la placa. (superficie solar)

$\epsilon_v = 0.88$... emisividad del vidrio.

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$... constante de Stefan Boltzmann.

$s = 24$... inclinación del colector.

$$UT_i = \frac{\frac{344}{T_p} \left(\frac{T_p - T_{a_i}}{n + f} \right)^{0.31} + hw}{\sigma (T_p + T_{a_i}) \left[(T_p)^2 + (T_{a_i})^2 \right] + (1 + 0.0425 \cdot n \cdot (1 - \eta_p)) + \frac{2 \cdot n + f - 1}{\epsilon_v}} \cdot n$$

$\text{W/m}^2\text{K}$

	UT_i
ene	3.788
feb	3.78
mar	3.757
abr	3.735
may	3.729
jun	3.756
jul	3.74
ago	3.741
sep	3.744
oct	3.756
nov	3.772
dic	3.784

...cuando el ángulo de inclinación es diferente de 45 grados es necesario hacer la corrección.

$$UT_{s_i} = UT_i \cdot (1 - (s - 45) \cdot (0.00259 - 0.00144 \cdot \tan))$$

PERDIDAS POR LA CARA INFERIOR DEL COLECTOR:		W/m²K
		UT _{s_i}
		ene 3.977
		feb 3.968
		mar 3.944
		abr 3.922
		may 3.915
		jun 3.943
		jul 3.926
		ago 3.928
		sep 3.931
		oct 3.943
		nov 3.96
		dic 3.972
Datos adicionales:		
l'' = 0.05	...espesor del aislante (m):	
k = 0.045	...coeficiente de conductividad térmica del aislante (W / m K):	
UIB = $\frac{k}{l''}$	UIB = 0.9	W / m² K

COEFICIENTE GLOBAL DE PERDIDAS DE CALOR :

$$UI_1 = UT_{s_i} + UIB$$

	W/m²K
	UI ₁
ene	4.877
feb	4.868
mar	4.844
abr	4.822
may	4.815
jun	4.843
jul	4.826
ago	4.828
sep	4.831
oct	4.843
nov	4.86
dic	4.872

COEFICIENTE GLOBAL PROMEDIO ANUAL.

$$\sum_i^{12} UI_1 = 4.844 \quad \text{W/m}^2\text{K}$$

FACTORES DE DISEÑO

Habíamos determinado que:

$$HR * (\alpha_{ef}) * A = Q_u + Q_L$$

También que:

$$Q_L = UL * A (T_p - T_a) \quad (1)$$

Si llamamos "S" al producto $HR * (\alpha_{ef})$:

$$Q_u = S * A - Q_L \quad (2)$$

De 1 y 2 obtenemos la ecuación de calor útil:

$$Q_u = A (S - UL * (T_p - T_a)) \quad (3)$$

FACTOR DE EFICIENCIA (F') DE UN COLECTOR DE TUBO (cobre de 3/8" tipo "m") Y ALETA:

$UL = 4.844$	$\frac{W}{m^2 K}$	...coeficiente global de pérdidas de calor
$D = 1.27$	cm	...diámetro exterior de tubos.
$Di = 1.14$	cm	...diámetro interior de tubos.
$W = 10$	cm	...distancia @ de tubos.
$m = 0.02$	Kg / s	...flujo másico.
$k = 385$	$\frac{W}{m K}$	...coeficiente de conductividad térmica del cobre.
$\delta = 0.03$	cm	...espesor de placa.
$kb = 63$	$\frac{W}{m K}$	...coeficiente de conductividad térmica de la unión soldada (estaño).
$b = 1.00$	m	...longitud de la unión soldada.
$\Gamma = 0.003$	m	...espesor de la unión soldada.
$C_b = \frac{kb \cdot b}{\Gamma}$		...conductancia de la unión soldada:
si $C_b = 21000$	$> 33 W / m K:$	...se considera una unión de buena conductancia.
o si $\frac{1}{C_b} = 0$	$< 0.03 W / m K:$	...se considera aceptable la resistencia térmica.

h_{fi} = Coeficiente de transferencia de calor por conducción entre el fluido y la pared del fluido.

Valores de h_{fi} : CONVECCION NATURAL: $h_{fi} = 300 \text{ W / m}^2 \text{ K}$
 CONVECCION FORZADA: $h_{fi} = 1500 \text{ W / m}^2 \text{ K}$

En este caso: $h_{fi} = 1500 \text{ W / m}^2 \text{ K}$

$$mm = \sqrt{\frac{UL}{k \cdot \delta}}$$

$$mm = 0.648$$

$$F > F' > F_n$$

FACTOR DE ALETA:

$$F = \frac{(\tanh(mm) \cdot (W - D)) \cdot 0.5}{mm \cdot (W - D) \cdot 0.5}$$

$$F = 0.88$$

FACTOR DE EFICIENCIA:

$$F' = \frac{\frac{1}{UL}}{W \cdot \left[\frac{1}{UL \cdot (D + (W - D) \cdot F)} + \frac{1}{Ch} + \frac{1}{\pi \cdot D_i \cdot h_{fi}} \right]}$$

$$F' = 0.886$$

$$L = 1.83 \text{ m}$$

... largo del colector.

$$W = 0.92 \text{ m}$$

... ancho del colector.

$$A = L \cdot W$$

... área del colector.

$$A = 1.684 \text{ m}^2$$

FACTOR DE REMOCION DE CALOR (FR):

$$G = \frac{m}{A} \text{ Kg / s m}^2 \quad G = 0.012$$

... flujo másico por unidad de superficie del colector.

$$C_p = 4187 \text{ J / Kg K}$$

... calor específico del agua.

$$FR = \left(G \cdot C_p \cdot \frac{1 - e^{-\frac{UL \cdot F'}{G \cdot C_p}}}{\frac{UL \cdot F'}{G \cdot C_p}} \right)$$

$$FR = 0.849$$

CALCULO DEL CALOR UTIL EN BASE A LA TEMPERATURA DE ENTRADA.
CALCULO DE LA EFICIENCIA.

DATOS:

UL = 4.844 W/m²K

...coeficiente global de pérdidas de calor.

A = 1.684 m²

...área del colector.

FR = 0.849

...factor de remoción de calor.

(° C)
TEMPERATURA AMBIENTE

(° C)
TEMPERATURA DE ENTRADA

T_{a,j}

T_{e,i} = T_{a,i} + 5

ene	15.75
feb	16.7
mar	19.15
abr	21.3
may	21.9
jun	19.25
jul	20.85
ago	20.7
sep	20.45
oct	19.2
nov	17.5
dic	16.25

	T _{e,i}
ene	20.75
feb	21.7
mar	24.15
abr	26.3
may	26.9
jun	24.25
jul	25.85
ago	25.7
sep	25.45
oct	24.2
nov	22.5
dic	21.25

T_{a,i} = T_{a,j} = 273.15

T_{e,i} = T_{e,j} = 273.15

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO INCLINADO (HR):
(KJ / m2 hr)

ENERO FEBRERO MARZO ABRIL

	HRene _j	HRfeb _j	HRmar _j	HRabr _j
6 a 7 y 17 a 18	0	73.40	164.16	246
7 a 8 y 16 a 17	416.40	507.04	594	650
8 a 9 y 15 a 16	907.45	999	1069	1088
9 a 10 y 14 a 15	1387	1473	1521	1499
10 a 11 y 13 a 14	1768	1847	1876	1818
11 a 12 y 12 a 13	1979	2053	2069	1993

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO, HORARIO, PROMEDIO MENSUAL (τ_{ef}):

	ENERO (%)	FEBRERO (%)	MARZO (%)	ABRIL (%)
	τ _{efene_j}	τ _{effeb_j}	τ _{efmar_j}	τ _{efabr_j}
6 a 7 y 17 a 18	37.24	38.67	33.63	29.69
7 a 8 y 16 a 17	70.53	73.66	70.50	68.73
8 a 9 y 15 a 16	81.03	84.03	81.41	80.78
9 a 10 y 14 a 15	84	86.67	84.24	84
10 a 11 y 13 a 14	84.81	87.25	84.93	84.84
11 a 12 y 12 a 13	85	87.34	85.07	85.02

CALCULO DEL CALOR UTIL EN BASE A LA TEMPERATURA DE ENTRADA. CALCULO LA EFICIENCIA Y DE LAS TEMPERATURAS DE SALIDA Y DE ESTANCAMIENTO:

DATOS: $U_L := 4.844$ W / m² K ...coeficiente global de pérdidas de calor
 $A := 1.684$ m² ...área del colector
 $FR := 0.849$...factor de remoción de calor

	(o C) TEMPERATURA AMBIENTE $T_{a_i} :=$	(o C) TEMPERATURA DE ENTRADA $T_{e_i} = T_{a_i} + 5$
ene	15.75	20.75
feb	16.7	21.7
mar	19.15	24.15
abr	21.3	26.3
may	21.9	26.9
jun	19.25	24.25
jul	20.85	25.85
ago	20.7	25.7
sep	20.45	25.45
oct	19.2	24.2
nov	17.5	22.5
dic	16.25	21.25
	$T_{a_i} - T_{a_j} := 273.15$	$T_{e_i} - T_{e_j} := 273.15$

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL, SOBRE EL PLANO INCLINADO (HR):
(KJ / m² hr)

	MAYO HR _{may}	JUNIO HR _{jun}	JULIO HR _{jul}	AGOSTO HR _{ago}
6 a 7 y 17 a 18	310	320	342	315
7 a 8 y 16 a 17	701	680	743	767
8 a 9 y 15 a 16	1117	1061	1169	1253
9 a 10 y 14 a 15	1504	1412	1564	1706
10 a 11 y 13 a 14	1802	1683	1868	2057
11 a 12 y 12 a 13	1965	1830	2033	2249

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO, HORARIO, PROMEDIO MENSUAL. (taef):

	MAYO (%) taef _{may}	JUNIO (%) taef _{jun}	JULIO (%) taef _{jul}	AGOSTO (%) taef _{ago}
6 a 7 y 17 a 18	25.64	23.44	24.32	27.81
7 a 8 y 16 a 17	66.13	64.43	65.13	67.60
8 a 9 y 15 a 16	79.05	78.83	79.18	80.31
9 a 10 y 14 a 15	83.52	83.14	83.31	83.81
10 a 11 y 13 a 14	84.61	84.42	84.51	84.75
11 a 12 y 12 a 13	84.89	84.77	84.83	84.98

CALCULO DEL CALOR UTIL EN BASE A LA TEMPERATURA DE ENTRADA. CALCULO LA EFICIENCIA Y DE LAS TEMPERATURAS DE SALIDA Y DE ESTANCAMIENTO:

DATOS: $U_L = 4.844$ W/m² K ...coeficiente global de pérdidas de calor
 $A = 1.684$ m² ...área del colector
 $FR = 0.849$...factor de remoción de calor

(o C)
 TEMPERATURA AMBIENTE
 $T_{a_i} =$

ene	15.75
feb	16.7
mar	19.15
abr	21.3
may	21.9
jun	19.25
jul	20.85
ago	20.7
sep	20.45
oct	19.2
nov	17.5
dic	16.25

$T_{a_j} = T_{a_i} + 273.15$

(o C)
 TEMPERATURA DE ENTRADA

$T_{e_i} = T_{a_i} + 5$

ene	20.75
feb	21.7
mar	24.15
abr	26.3
may	26.9
jun	24.25
jul	25.85
ago	25.7
sep	25.45
oct	24.2
nov	22.5
dic	21.25

$T_{e_j} = T_{e_i} + 273.15$

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL SOBRE EL PLANO INCLINADO (I_R):
 (KJ / m² hr)

	MAYO HR _{may_j}	JUNIO HR _{jun_j}	JULIO HR _{jul_j}	AGOSTO HR _{ago_j}
6 a 7 y 17 a 18	310	320	342	315
7 a 8 y 16 a 17	701	680	743	767
8 a 9 y 15 a 16	1117	1061	1169	1253
9 a 10 y 14 a 15	1504	1412	1564	1706
10 a 11 y 13 a 14	1802	1683	1868	2057
11 a 12 y 12 a 13	1965	1830	2033	2249

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO, HORARIO, PROMEDIO MENSUAL (τ_{ef}):

	MAYO (%) τ _{efmay_j}	JUNIO (%) τ _{efjun_j}	JULIO (%) τ _{efjul_j}	AGOSTO (%) τ _{efago_j}
6 a 7 y 17 a 18	25.61	23.41	24.32	27.81
7 a 8 y 16 a 17	66.13	64.43	65.13	67.60
8 a 9 y 15 a 16	79.65	78.83	79.18	80.31
9 a 10 y 14 a 15	83.52	83.14	83.31	83.81
10 a 11 y 13 a 14	84.61	84.42	84.51	84.75
11 a 12 y 12 a 13	84.89	84.77	84.83	84.98

DETERMINANDO "S":

	MAYO (W/m2)	JUNIO (W/m2)	JULIO (W/m2)	AGOSTO (W/m2)
	S_{may_j}	S_{jun_j}	S_{jul_j}	S_{ago_j}
6 a 7 y 17 a 18	22.079	20.836	23.104	24.334
7 a 8 y 16 a 17	128.77	121.701	134.421	144.026
8 a 9 y 15 a 16	247.136	232.33	257.115	279.523
9 a 10 y 14 a 15	348.928	326.094	361.936	397.166
10 a 11 y 13 a 14	423.52	394.664	438.513	484.252
11 a 12 y 12 a 13	463.358	430.914	479.054	530.889

CALOR UTIL.

$$QU_{may_j} = FR \cdot A \cdot [S_{may_j} - UL \cdot (T_{e_s} - T_{a_s})]$$

	MAYO (W)	JUNIO (W)	JULIO (W)	AGOSTO (W)
	QU_{may_j}	QU_{jun_j}	QU_{jul_j}	QU_{ago_j}
6 a 7 y 17 a 18	3.061	4.839	1.596	0.163
7 a 8 y 16 a 17	149.477	139.37	157.556	171.288
8 a 9 y 15 a 16	318.707	297.538	332.974	365.011
9 a 10 y 14 a 15	464.24	431.593	482.837	533.207
10 a 11 y 13 a 14	570.886	529.629	592.321	657.715
11 a 12 y 12 a 13	627.843	581.457	650.283	724.393

EFICIENCIA

$$\eta_{may_j} = \frac{QU_{may_j}}{A \cdot FR_{may_j}} \cdot 3.6$$

	(%)	(%)	(%)	(%)
	MAYO $\eta_{may_j} \cdot 100$	JUNIO $\eta_{jun_j} \cdot 100$	JULIO $\eta_{jul_j} \cdot 100$	AGOSTO $\eta_{ago_j} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	2.111	3.233	0.997	0.11
7 a 8 y 16 a 17	45.584	43.815	45.332	47.741
8 a 9 y 15 a 16	60.996	59.95	60.891	62.275
9 a 10 y 14 a 15	65.987	65.343	65.997	66.816
10 a 11 y 13 a 14	67.726	67.274	67.786	68.354
11 a 12 y 12 a 13	68.304	67.925	68.379	68.857

CALCULO DEL CALOR UTIL EN BASE A LA TEMPERATURA DE ENTRADA. CALCULO LA EFICIENCIA Y DE LAS TEMPERATURAS DE SALIDA Y DE ESTANCAMIENTO:

DATOS:

$UL := 4.844 \quad W/m^2 K$

$A := 1.684 \quad m^2$

$FR := 0.849$

...coeficiente Global de P,rdidas de Calor:

...área del colector:

...factor de remoción de calor:

(o C)
TEMPERATURA AMBIENTE

T_{a_i}

ene	11.6
feb	12.5
mar	15.2
abr	18.2
may	19.7
jun	19.3
jul	18.6
ago	17.9
sep	17.6
oct	15.4
nov	13.5
dic	11.7

$T_{a_j} := T_{a_i} + 273.15$

(o C)
TEMPERATURA DE ENTRADA

$T_{e_i} := T_{a_i} + 5$

T_{e_i}

ene	16.6
feb	17.5
mar	20.2
abr	23.2
may	24.7
jun	24.3
jul	23.6
ago	22.9
sep	22.6
oct	20.4
nov	18.5
dic	16.7

$T_{e_j} := T_{e_i} + 273.15$

IRRADIACION HORARIA, PROMEDIO MENSUAL, SOBRE EL PLANO INCLINADO (I_{HR}):
(KJ / m² hr)

SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE

I_{HRsep_j}

I_{HROct_j}

I_{HRnov_j}

I_{HRdic_j}

6 a 7 y 17 a 18
7 a 8 y 16 a 17
8 a 9 y 15 a 16
9 a 10 y 14 a 15
10 a 11 y 13 a 14
11 a 12 y 12 a 13

219
669
1160
1625
1988
2187

112
541
1024
1487
1850
2050

23
469
982
1481
1876
2095

0
402
902
1393
1784
2000

PRODUCTO TRANSMITANCIA - ABSORTANCIA EFECTIVO, HORARIO, PROMEDIO MENSUAL ($\tau \alpha_{ef}$):

SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE

(%)

(%)

(%)

(%)

$\tau \alpha_{efsep_j}$

$\tau \alpha_{efoct_j}$

$\tau \alpha_{efnov_j}$

$\tau \alpha_{efdic_j}$

6 a 7 y 17 a 18
7 a 8 y 16 a 17
8 a 9 y 15 a 16
9 a 10 y 14 a 15
10 a 11 y 13 a 14
11 a 12 y 12 a 13

31.95
69.86
81.21
84.17
84.91
85.06

35.20
70.89
81.48
84.25
84.93
85.17

36.92
70.74
81.21
84.09
84.86
85.03

37.42
70.34
80.90
83.93
84.77
84.98

DETERMINANDO "S":

	SEPTIEMBRE (W/m2)	OCTUBRE (W/m2)	NOVIEMBRE (W/m2)	DICIEMBRE (W/m2)
	Ssep _j	Soct _j	Snov _j	Sdic _j
6 a 7 y 17 a 18	19.436	10.951	2.359	0
7 a 8 y 16 a 17	129.823	106.532	92.158	78.546
8 a 9 y 15 a 16	261.677	231.765	221.523	202.699
9 a 10 y 14 a 15	379.934	347.999	345.937	324.762
10 a 11 y 13 a 14	468.892	436.446	442.215	420.082
11 a 12 y 12 a 13	516.74	484.426	494.827	472.111

CALOR UTIL

$$Q_{Usep_j} = FR \cdot A \cdot [S_{sep_j} - UL \cdot (T_{e_j} - T_{a_j})]$$

	SEPTIEMBRE (W)	OCTUBRE (W)	NOVIEMBRE (W)	DICIEMBRE (W)
	QUsep _j	QUoct _j	QUnov _j	QUdic _j
6 a 7 y 17 a 18	6.839	18.971	31.255	34.628
7 a 8 y 16 a 17	150.983	117.683	97.133	77.671
8 a 9 y 15 a 16	339.496	296.731	282.087	255.175
9 a 10 y 14 a 15	508.57	462.912	459.964	429.69
10 a 11 y 13 a 14	635.755	589.366	597.614	565.971
11 a 12 y 12 a 13	704.163	657.964	672.835	640.357

EFICIENCIA

$$\eta_{sep_j} = \frac{Q_{Usep_j}}{A \cdot FR_{sep_j}} \cdot 3.6$$

	(%)	(%)	(%)	(%)
	SEPTIEMBRE $\eta_{sep_j} \cdot 100$	OCTUBRE $\eta_{oct_j} \cdot 100$	NOVIEMBRE $\eta_{nov_j} \cdot 100$	DICIEMBRE $\eta_{dic_j} \cdot 100$
6 a 7 y 17 a 18	6.676	36.21	290.507	321.852
7 a 8 y 16 a 17	48.246	46.502	44.274	35.404
8 a 9 y 15 a 16	62.566	61.947	61.409	55.55
9 a 10 y 14 a 15	66.905	60.55	66.394	62.024
10 a 11 y 13 a 14	68.365	68.104	68.1	64.494
11 a 12 y 12 a 13	68.831	68.613	68.657	65.343

F-171R

TABLA DE RESULTADOS												
MES / HORA	H	θ _T	τ	α	αωφ	HR	S	F	F'	FR	QU	η
ENERO	KJ/m2 dia	grados	%	%	%	KJ/m2 hr.	W/m2				W	%
07-08	11000	67.4	73	70	70.5	416.4	81.6	0.88	0.886	0.85	82	34.57
08-09		53.5	84	80.5	81	907.5	204.2				257.4	55.1
09-10		40	87.2	83.5	84	1386.7	323.6				428.1	62.1
10-11		27.3	88	84.3	84.8	1768.1	416.5				560.9	85
11-12		18	88.2	84.5	85	1979.3	467.2				633.4	65.9
											14125	66.834
FEBRERO	12600											
07-08		67	73.5	70.3	73.6	507	103.7	0.88	0.886	0.85	113.7	48
08-09		52.5	84.5	80.7	84	999	233.2				298.8	64
09-10		38	87.4	83.6	86.6	1472.7	354.6				472.4	68.8
10-11		23.6	88.1	84.4	87.2	1847	447.6				605.4	70.1
11-12		11	88.3	84.6	87.3	2053.5	498				677.5	70.8
											15608.2	64.22
MARZO	14200											
07-08		67.4	73	70	70.5	593.5	116.3	0.88	0.886	0.85	131.7	47.3
08-09		52.5	84.4	80.8	81.4	1069.1	241.7				311	62.2
09-10		37.5	87.4	83.8	84.2	1521	356				474	66.7
10-11		22.6	88.2	84.5	85	1375	442.5				598.1	68.2
11-12		7.9	88.3	84.6	85.1	2069.5	488.9				664.4	68.7
											15690.2	62.62
ABRIL	15300											
07-08		68.7	71.1	68.1	68.7	649.9	124.1	0.88	0.886	0.85	142.8	47
08-09		54.1	83.7	80.2	80.8	1088	244.2				314.4	61.8
09-10		39.9	87.1	83.5	84	1498.8	349.7				465.4	68.3
10-11		26.4	88	84.3	84.8	1818.1	428.4				578	68
11-12		15.8	88.2	84.5	85	1992.7	470.6				638.3	68.8
											15400.1	62.32
MAYO	16500											
07-08		70.3	68.4	65.5	66.1	701.2	128.7	0.88	0.886	0.85	149.5	45.6
08-09		56.6	82.6	79	79.6	1117.7	247.1				318.8	61
09-10		43.6	86.6	83	83.5	1504.2	343.9				464.2	66
10-11		32.1	87.8	84.1	84.6	1802.8	423.5				570.9	67.8
11-12		24.3	88.1	84.4	84.9	1955.6	463.3				627.8	68.3
											15344.6	61.74
JUNIO	16000											
07-08		71.3	65.6	63.8	64.3	630.3	121.7	0.88	0.886	0.85	139.4	43.8
08-09		58.1	81.7	76.2	76.8	1061	232.3				297.5	60
09-10		44.8	86.2	82.5	83.1	1412.5	326.1				431.6	65.3
10-11		35.2	87.6	84	84.4	1633.3	354.6				529.6	67.2
11-12		28.5	88	84.2	84.8	1830.7	430.9				581.5	68
											16949.5	65.78

MES / HORA	H	θ ₁	τ	τα	ταμφ	HR	S	F	F'	FR	QU	η
JULIO	KJ/m2 dia	grados	%	%	%	KJ/m2 hr.	W/m2				W	%
07-08	17600	70.9	67.4	64.5	65.1	744	134.4	0.88	0.886	0.85	2791	46.3
08-09		57.5	82.1	78.6	79.2	1170	257.1				333	60.9
09-10		44.9	86.4	82.7	83.3	1564.2	361.9				482.8	69
10-11		34	87.7	84	84.5	1868.1	438.5				592.3	67.8
11-12		26.9	88	84.3	84.8	2033.7	479				650.2	68.3
											15954.5	61.66
AGOSTO	18100											
07-08		69.4	69.9	67	67.6	767.3	144	0.88	0.886	0.85	171.3	47.7
08-09		55.2	83.2	79.7	80.3	1253.2	279.5				365	62.3
09-10		41.5	86.9	83.3	83.8	1706.5	397.1				533.2	68.8
10-11		29	87.9	84.2	84.7	2057.7	484.2				657.7	68.3
11-12		19.9	88.2	84.5	85	2249.5	530.9				724.4	68.8
											17651.5	62.8
SEPTIEMBRE	15800											
07-08		67.9	72.3	69.3	69.8	668.1	129.8	0.88	0.886	0.85	151	48.3
08-09		53	84.2	80.6	81.2	1160.5	261.6				339.5	62.6
09-10		38.3	87.3	83.6	84.1	1625.3	379.9				508.6	67
10-11		23.8	88.1	84.4	85	1988.1	468.9				635.8	68.4
11-12		10.8	88.3	84.6	85.1	2187	516.7				704.2	68.8
											16841.5	63.02
OCTUBRE	13200											
07-08		67.1	73.4	70.3	70.8	541.7	106.5	0.88	0.886	0.85	117.7	46.5
08-09		52.3	84.5	81	81.4	1024.3	231.7				296.8	62
09-10		37.4	87.4	83.7	84.2	1486.5	346				463	66.6
10-11		22.7	88.1	84.4	85	1850.3	436.5				589.4	68.1
11-12		6.3	88.3	84.6	85.1	2050.6	484.4				658	68.6
											15299.3	62.36
NOVIEMBRE	12000											
07-08		67.2	73.2	70.1	70.7	468.7	92.1	0.88	0.886	0.85	97.1	44.2
08-09		53	84.2	80.6	81.2	982	222.5				282	61.4
09-10		39.1	87.2	83.6	84.1	1480.5	345.9				460	66.3
10-11		25.8	88	84.3	84.6	1875.2	442.2				597.6	68.1
11-12		15.4	88.3	84.5	85	2095.1	464.8				672.8	68.7
											15188.4	61.74
DIEMBRE	10800											
07-08		67.5	72.8	69.8	70.3	401.7	78.5	0.88	0.886	0.85	77.7	35.4
08-09		53.8	83.9	80.3	80.9	962.4	202.6				255.2	55.6
09-10		40.6	87	83.4	84	1352.7	324.7				429.7	62
10-11		26.5	88	84.2	84.7	1789.6	420				566	64.5
11-12		19.7	88.2	84.5	85	2000.4	472.1				640.4	65.3
											14176.8	66.66

EQUIPO RECOMENDADO Y ANTEPRESUPUESTO

Calor útil por cada colector:
(KJ/ día)

Irradiación incidente Global, mensual P. 1.
(KJ / m² día)

Eficiencia promedio diario del equipo (%):

	QU_i	HR_i	$\eta_i = \frac{QU_i}{A \cdot HR_i}$
ene	14125	13086.2	0.641
feb	15608.2	14034.7	0.66
mar	15690.2	14681.8	0.635
abr	15400.1	14684.5	0.623
may	15344.6	14932.4	0.61
jun	16949.5	14119.3	0.713
jul	15954.5	15592.2	0.608
ago	17651.5	16823.4	0.623
sep	16841.5	15795.4	0.633
oct	15299.3	14241.2	0.638
nov	15188.4	14018.9	0.643
dic	14176.8	13113.3	0.642

*Letados
may
el 11/73*

Se dimensionará el sistema con los datos de enero, por ser el mes que presenta irradiación en el plano inclinado baja, y calor útil bajo en el año, considerando la temperatura ambiente mínima extrema, con lo que se asegura satisfacer la demanda de agua caliente en los demás meses.

$T_f = 20.75$

...temperatura promedio del mes de enero

$T_e = 75$

...temperatura de entrega

$C_p = 4.1868$

...calor específico del agua

cantidad de agua a 75°C que entregará cada colector de 1.684 m² durante el mes de enero.

$$m = l \cdot \text{length}$$

$$m = \frac{Q_{U1}}{C_p \cdot (T_e - T_f)}$$

$$m = 62.188 \quad \text{Kg/colector}$$

$$D_{td} = 200$$

...agua caliente necesaria en un día.

$$N_c = \left(\frac{D_{td}}{m} \right)$$

...consumo total

$$N_c = 3.216$$

...número de colectores

$(50 \text{ a } 100 \frac{\text{lit}}{\text{m}^2 \text{ de colector}})$

Capacidad del termotanque

1 Termotanque de 250 l, 7 us

$$I_{R1} = 1291.6 \text{ KJ/m}^2$$

...irradiación incidente en el día de diseño.

$$n = .641$$

...eficiencia promedio del colector.

$$A = 1.684 \text{ m}^2$$

...área del colector.

$$T_f = 20.75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

...temperatura del agua a la entrada

$$T_e = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

...temperatura de entrega.

$$\rho = 1.0$$

...densidad del agua.

$$p = 3.0 \text{ W}$$

...pérdidas caloríficas en el termotanque.

Carga térmica a satisfacer durante el período de captación.

$$Q_D = D_{td} \cdot C_p \cdot (T_e - T_f)$$

$$Q_D = 45426.78 \quad \text{KJ.}$$

Capacidad del termotanque.

$$V = \left[\frac{(I_{R1}) \cdot n \cdot A \cdot (1 - p) - (Q_D)}{(T_f - T_e) \cdot C_p \cdot \rho} \right]$$

$$V = 212.277 \quad \text{litros.}$$

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Actualización de los Mapas de Irradiación Global Solar en la República Mexicana.
Series del Instituto de Ingeniería UNAM, No. 543, Septiembre de 1992.
Almanza S., Rafael Estrada-Cajigal V. , Barrientos, Joel.

Datos Geofísicos, serie B, Meteorología 2
Instituto de Geofísica UNAM., México, 1984
Agustin Muhlia Velázquez

El libro de la Energía Solar Pasiva
Tecnología y Arquitectura, Construcción Alternativa, Gustavo Gili, México, 1985
Edward Mazria.

Arquitectura y Clima
Acondicionamiento Térmico Natural para el Hemisferio Norte
UNAM., México, 1988
Arq. Roberto Rivero

Arquitectura Bioclimática
Gustavo Gili, Barcelona, 1980
Jean Louis Izard, Alain Guyot.

ASHRAE 1985 Handbook of Fundamentals
American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers,
Inc., Atlanta, Ga., 1985