



03045  
N=1  
2Ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## BIOCLIMATIZACION DE CASA HABITACION EN TOLUCA ESTADO DE MEXICO

Tesina que presenta Ricardo Aguayo González para obtener el diploma de:

ESPECIALISTA EN HELIODISEÑO

1994



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

División de Estudios de Posgrado de la  
Facultad de Arquitectura, UNAM



TESIS CON  
FALLA DE CUBIERTA



## **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. J. DIEGO MORALES RAMIREZ

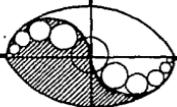
DR. RAUL REYES REYNOSO

ING. RODOLFO MARTINEZ STREVEL

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



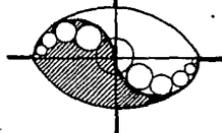
# INDICE

Introducción	00
I- Breve reseña histórica de la energía solar	00
II- El clima	00
A) Generalidades	00
A.1) Clima mundial	00
A.2) El clima en la República Mexicana	00
La Latitud	00
La Orografía	00
Distribución de las tierras respecto de los mares	00
Las corrientes marítimas	00
Los Nortes del Golfo de México	00
Distribución de la temperatura y régimen térmico	00
Oscilación anual de la temperatura	00
Distribución de la precipitación y régimen pluvial	00
B) El clima del lugar	00
B.1) Toluca, Estado de México	00
Ubicación Geográfica	00
Antecedentes Históricos	00
Clima	00
Análisis climático	00
Elección de los días de diseño	00
Tablas de datos climáticos	00
Conclusiones del clima	00
C) Radiación solar	00
C.1) Disponibilidad de la radiación solar	00
C.2) Radiación solar y edificación	00
Orientación	00
Forma	00
Envoltura	00
C.3) Programa para calcular la radiación horaria en Toluca, Estado de México	00
III- Proyecto arquitectónico	00
A) Descripción del proyecto	00

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

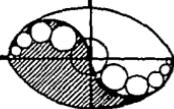
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



A.1) Programa arquitectónico	00
A.2) Planos del proyecto original	00
B) Ubicación dentro del predio	00
C) Gráficas solares	00
C.1) Cilíndrica	00
C.2) Equidistante	00
C.3) Heliódón	00
C.4) Reloj solar	00
D) Estrategias de calentamiento	00
D.1) Análisis de estrategias	00
D.2) Conclusiones y elección de estrategias	00
<b>IV- Análisis del terreno</b>	00
A) Exterior	00
A.1) Solsticio de invierno	00
A.2) Solsticio de verano	00
B) Interior	00
B.1) Ventana 1	00
B.2) Ventana 2	00
<b>V- Mascarilla de sombra de ventanas</b>	00
A) Ventana 1	00
B) Ventana 2	00
<b>VI- Análisis térmico</b>	00
A) Proyecto inicial	00
B) Proyecto Final	00
C) Conclusiones	00
<b>VII- Aplicación de sistemas solares</b>	00
A) Calentamiento de agua de uso doméstico	00
B) Equipo fotovoltaico	00
<b>VIII- Bibliografía</b>	00

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# INTRODUCCION

Desde que el hombre apareció sobre la faz de la Tierra ha buscado satisfacer tres condiciones básicas para sobrevivir: disponer de alimentos suficientes, seguridad ante la posible agresión del medio ambiente y los depredadores, y la adecuación de su habitat a sus necesidades físicas y psicológicas.

Estos dos últimos puntos están ligados íntimamente a la arquitectura y constituyen su razón de ser. El fin primario de la arquitectura es el de proveer al hombre de espacios donde pueda desarrollar todas sus actividades en condiciones óptimas. Estas condiciones incluyen niveles adecuados de temperatura, presión, humedad, luminosidad, nivel sonoro, contenido de oxígeno y anhídrido carbónico.

En los últimos años los arquitectos se han preocupado más por los aspectos estéticos de sus obras que de los relacionados con el confort humano sobre la falsa base de asumir recursos energéticos ilimitados y el uso de equipos de climatización artificial.

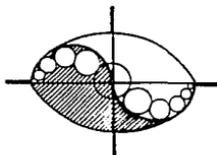
Hoy en día la tendencia general es hacia el ahorro de energía y al empleo racional de los equipos y recursos buscando abatir costos de operación de los edificios con un máximo de bienestar de los usuarios. La arquitectura bioclimática y el heliodiseño son las disciplinas que se han encargado de estudiar la forma de adecuar las edificaciones con su entorno natural, no agrediéndolo sino integrándose a él, a través del estudio del clima del lugar, radiación solar y las condiciones que necesita el ser humano para vivir con comodidad, todo ello traduciéndolo a formas arquitectónicas viables.

En estos términos el presente trabajo pretende ser una guía sencilla sobre la metodología y los pasos a seguir para analizar un lugar determinado y llegar a conclusiones que se traduzcan en soluciones arquitectónicas formales, persiguiendo siempre el máximo confort para el usuario al menor costo energético posible.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# BREVE RESEÑA HISTORICA DE LA ENERGIA SOLAR

Según varias teorías, la energía solar ha llegado a la Tierra durante miles de millones de años con una intensidad y una distribución espectral muy parecidas a las que ahora se registran. Este fue el origen de la mayor parte de los fenómenos geofísicos que han conformado la corteza terrestre y la biosfera, con la consecuente evolución de las especies y formas de vida que, como el hombre, ahora pueblan el planeta.

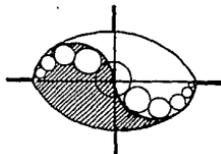
El ser humano ha dedicado desde sus orígenes una parte importante de su actividad intelectual a entender la función del Sol en su entorno, por lo que no es sorprendente que cuando la ciencia apenas nacía, el hombre colocaba al Sol entre los objetos más importantes de su adoración, junto con fenómenos físicos también desconocidos como el viento y la lluvia. Algunos autores observan con fascinación el paralelismo que se presenta en las sociedades antiguas entre, por un lado, la asociación de fenómenos como la lluvia, viento y mareas, con la acción del Sol, y por otro lado, la evolución de las religiones politeístas al monoteísmo. En todo caso, la adoración al Sol comprende y caracteriza una etapa importantísima en la evolución de la sociedad, lo que parece ocurrir en distintos momentos de la historia en todo el orbe. Las culturas prehispánicas no podían ser una excepción, y es quizás la memoria fresca de este antecedente lo que nos hace entender de manera más fácil la identificación emocional, y la importancia del Sol en el entorno latinoamericano.

Aunque en general se asocia el interés por la explotación racional de la energía solar con la llamada **crisis energética** que tanto afecta a las sociedades desarrolladas desde hace casi una década, la curiosidad científica por la naturaleza del Sol, de la forma en que se relaciona con la Tierra tiene orígenes muy remotos. De hecho su estudio puede dividirse en dos grandes tendencias: una, la **teoría heliocéntrica**, y la otra el **aprovechamiento de la energía solar**. En el año 270 a.C., **Aristarco de Samos**, astrónomo griego, sostenía que la Tierra giraba alrededor del Sol, adelantándose 17 siglos a **Copérnico**, quien anunció su descubrimiento en 1505. Los trabajos de Aristarco fueron dados a conocer por **Arquímedes** en su libro *Arenarias*, en el que cita la obra heliocéntrica del primero, titulada *Sobre las dimensiones y distancias del Sol y la Luna*.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



Pero el hombre parece ser renuente a aceptar avances revolucionarios en el entendimiento del Sol; simplemente, en la era cristiana, **Claudio Tolomeo**, nacido en Egipto en el año 90 d.C. sostuvo que la Tierra era el centro del universo y que en torno a ella giraban el Sol y las estrellas. Tituló su obra *Almagesto* con el pomposo nombre de *Gran tratado de Astronomía*, en la que apoyaba su teoría Geocéntrica con cálculos, explicando que el cielo era esférico y que contenía a todos los astros, ubicando además en su centro de giro a la Tierra. La teoría resultó cómodamente aceptable por la sociedad de entonces, y esa deducción fue obligatoria por espacio de 1400 años.

No fué sino hasta los siglos XVI y XVII cuando renació la teoría heliocéntrica con **Nicolás Copérnico**, secundado por **Tycho Brahe** (1546-1601), **Juan Kepler** (1571-1630) y **Galileo Galilei** (1564-1642); por eso se les llama los cuatro grandes de la Astronomía moderna.

**Tycho Brahe**, astrónomo danés, realizó la serie más continua y extensa de observaciones de los planetas en su época. Fue así como alcanzó una de sus más notables hazañas: determinar la longitud del año con un error de menos de un segundo. En 1599, el rey **Rodolfo II** de Praga puso a disposición de Brahe un moderno observatorio astronómico donde lo asistió su ayudante, **Juan Kepler**. Apoyado en el trabajo de Brahe, Kepler logró formular entre 1605 y 1619 las tres leyes sobre el movimiento planetario.

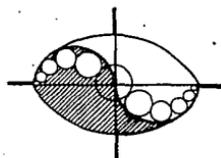
Kepler fue astrónomo, astrólogo, matemático y místico. A él se atribuye la creación del cálculo infinitesimal y haber estimulado y difundido el uso de los logaritmos. También a él le corresponde ser el primero en llamar la atención sobre el efecto de la Luna en los cuerpos de agua al producir mareas. Contemporáneo de Kepler, el italiano **Galileo Galilei** dió gran difusión a la teoría heliocéntrica.

Galileo fue ardiente defensor de esa moderna teoría, lo que le valió severas amonestaciones por parte de la Inquisición, ya que en esa época la creencia de las teorías geocéntricas de Tolomeo era obligatoria. Dedicó la mayor parte de su vida a demostrar las fallas de la teoría de Tolomeo, produciendo obras cimeras como su *Diálogo sobre los dos principales sistemas del mundo*, y el *Diálogo sobre dos nuevas ciencias* acerca del movimiento y la mecánica, publicado en Holanda en 1638. Cuatro años antes de su muerte, Galileo legó a la posteridad su famosa frase referida a la Tierra: "... y sin embargo se mueve".

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



Esos cuatro grandes hombres rescataron, fundamentaron y validaron el trabajo de Aristarco más por un sentimiento de responsabilidad científica que por una motivación utilitaria, ignorando el beneficio que podría tener el conocimiento de la ingeniería acerca de la energía del Sol para la humanidad.

Respecto a aprovechar la energía solar, la historia tiene ejemplos de la explotación racional de esa energía desde los albores de la humanidad, aunque muchos de ellos se confunden con leyendas.

El empleo de la energía solar se remonta a Egipto, durante el reinado de Amenkhotep III (1455-1419 a.C.), con las *Estatuas sonoras* cuyo leve silbido era producto de la fuga del aire calentado por el Sol. Otro curioso dispositivo de este tipo y con igual sistema fue el *Pájaro cantante*, hecho de cerámica, que adornaba la tumba de Zari-Memnon, hijo de Amenkhotep, y le acompañaba en su soledad mortuoria.

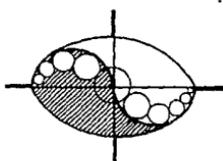
A los egipcios se debe el aprovechamiento del *Efecto invernadero*, con lo que se podían alcanzar temperaturas de hasta 130° C.

La descripción de esos dispositivos provocaron una amplia discusión durante la Edad Media, llevando a los hombres de ciencia a especular acerca de cómo la expansión del aire en los pedestales de las estatuas podían provocar dicho fenómeno.

Otro hecho que hizo ver a los hombres de ciencia que la luz solar ya se había entendido como una fuente poderosa de energía, aunque su aplicación quedaba circunscrita más bien a acciones muy limitadas o a juegos, fue el hallazgo de los pequeños lentes de aumento encontrados en Nínive, los cuales datan del siglo VII a.C. y que se supone servían como pasatiempo para prender fuego.

Si las estatuas egipcias y ese pájaro mortuorio despertaron la curiosidad del siglo XVII, más impactante fue el relato de cómo Arquímedes (287-212 a.C.) contribuyó en el asedio a *Siracusa*, a repeler la flota romana comandada por Marcellus. Para ello utilizó espejos colocados a lo largo de las murallas del muelle, que incendiaron los barcos. Haber incidido los rayos solares en determinados puntos descontroló tanto a los soldados romanos, que al ver que sus naves eran

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



quemadas por una inexplicable y misteriosa fuerza pensaron, aterrados, que luchaban contra dioses.

Después de Arquímedes, el empleo de la energía solar, según un relato de **Ioane Zonaras** en el siglo XII acerca del Imperio Romano, se repitió con **Proclus**, que con un gran número de espejos incendió la flota de **Vitellius** durante el sitio de Constantinopla. No se vuelve a encontrar evidencia de la energía solar sino hasta el siglo XVII con **Athanasius Kircher** (1601-1680), que realizó algunos experimentos incendiando pilas de madera a fin de probar si la historia de Arquímedes tenía validez científica. En 1615, **Salomón de Caux** publicó la descripción de un aparato o *motor* a base de energía solar, que consistía en un conjunto de lentes de cristal, montados en una estructura que concentraba los rayos solares en una cámara de metal hermética, parcialmente cubierta de agua. El aire, al calentarse con el Sol se expandía, por lo que forzaba a salir el agua a través de los surtidores de una pequeña fuente.

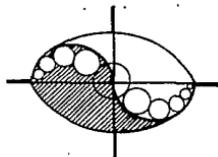
Otro experimento fue realizado en Florencia por **Averani** y **Targione**, quienes intentaron en 1695 fundir un diamante con un espejo.

Un empleo más práctico de la energía solar fue desarrollado por **Ehrenfried von Tschirnhaus** (1651-1700), miembro de la Academia Nacional Francesa de Ciencia, que utilizó lentes de 76 cm de diámetro para fundir materiales cerámicos. Uno de esos lentes fue hechura de **Homber**, médico del Duque de Orleans. Un colega de él dió otro empleo a estos lentes, el de derretir fierro, cobre, estaño y mercurio de mineral en bruto.

Se puede decir que el siglo XVII fue una centuria de inquietudes acerca de cómo aprovechar la energía solar; un ejemplo de ello fue un aparato que el escritor e ilustrador Athanasius Kircher describió con detalle: se trata de un destilador solar bastante sencillo pues consistía de un espejo cóncavo montado en un eje, que le permitía moverlo conforme la dirección del sol, y reflejar los rayos a un depósito a fin de vaporizar el contenido y pasarlo ya condensado a otro; el depósito insolado podía subirse o bajarse de acuerdo con un brazo ajustable a fin de estar siempre dentro del haz del sol.

Esa inquietud por utilizar la energía solar se multiplicó en el siglo XVIII. Uno de sus principales exponentes fue **George Louis Leclerc Buffon** (1707-1788) que construyó el primero de los espectaculares *hornos franceses de espejos múltiples*. Consistió en 360 pequeños espejos

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



colocados de tal manera que hacían incidir los rayos solares en un punto determinado. Otro experimento de Buffon fue un pequeño dispositivo de 140 espejos planos cuadrangulares, con el que incendió en los jardines reales en 1747 una pila de madera a una distancia de 60 m; así validó ante la corte francesa la hazaña de Arquímedes.

El primer experimento relativo a *hornos solares destinados a la cocción de alimentos* fue descrito por Nicolás de Saussure (1740-1799). Se trataba de una serie de cristales espaciados sobre una superficie ennegrecida, encerrada en una caja que había sido aislada, con lo cual se alcanzaba una temperatura de 88° C, pero si se añadía a la superficie de cristal una cubierta negra, entonces la temperatura subía hasta 160° C. Saussure también desarrolló a fines del siglo XVIII varias máquinas solares basadas en el efecto invernadero. No fue, sin embargo, hasta un siglo después cuando empezaron a difundirse sencillos dispositivos basados en ese efecto para calentar agua para usos domésticos.

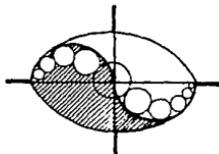
Antoine Lavoisier (1743-1749) trabajó también con hornos solares, ya que trataba de encontrar una nueva fuente de energía. Su dispositivo estaba hecho de dos vidrios curvados, montados de tal manera que formaran dos lentes convexas cuyo espacio fue llenado con alcohol. Los lentes líquidos tenían un diámetro de 130 cm.

Como el poder de esos lentes fue insuficiente para obtener altas temperaturas en el foco, se colocaron pequeños lentes cerca de este a fin de reducir la longitud focal, con lo cual fue posible fundir platino a una temperatura de 1760° C.

En 1747, Jacques Cassini, del observatorio de París, construyó un espejo de 112 cm de diámetro, el cual fué presentado a Luis XV. Con dicho lente se alcanzaron temperaturas de los 1000° C, lo que hizo posible en una demostración fundir una varilla de fierro en pocos segundos, y derretir plata a un estado líquido tal que se formaron hilos rizados de este metal al caer en agua helada.

El siglo XIX fue escenario de intentos cada vez más refinados y novedosos; al respecto, el astrónomo John Herschel construyó un simple aparato solar que utilizó en su expedición al cabo de Buena Esperanza, en 1837. Era una simple caja negra enterrada en arena a fin de aislarla, cubierta con una doble capa de vidrio que permitía la entrada de los rayos solares y evitaba que

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



el calor se escapara. Alcanza temperaturas de los 116° C y fue utilizado durante toda la expedición para la preparación de alimentos.

Otro horno fue construido por **Henry Bessemer (1813-1898)**. Era de 305 cm de diámetro, y contenía muchos pequeños espejos planos; lo utilizó para fundir metales, y aunque logró buenos resultados con el zinc y con el cobre pronto perdió el interés.

Los primeros experimentos en los que la energía solar fue utilizada para proveer calor dentro de una cápsula al vacío fueron llevados a cabo por **Stock y Heynemann**, en Alemania. Su horno tenía lentes de 76 cm de diámetro y una longitud focal de 50 cm. El bulbo, sin que se calentara, transmitía la energía solar a un espécimen apoyado en un crisol de magnesio. Piezas de sílice, fierro y manganeso fueron sucesivamente fundidas.

Los intentos de obtener otras formas de energía giraron alrededor de los investigadores que pensaron utilizar máquinas operadas con vapor a fin de encontrar la manera de transformar la energía solar en mecánica. **August Mouchot** fue el pionero de los constructores de los aparatos que emplearon energía solar para generar vapor y aprovechar éste. Al respecto, Mouchot dio un notable avance al diseño de colectores solares, habiendo creado un reflector en forma de cono truncado.

El cono de Mouchot se conoció como *oxicón*. Consistía en placas de metal plateado; tenía un diámetro de 540 cm, un área de captación de 18.6 m<sup>2</sup> y un peso de 1400 kg. Se aseguraba que podía captar 87% del calor solar, y producir vapor a 3.5 atm, con lo cual se podía obtener definitivamente fuerza motriz.

**Abel Pifre**, contemporáneo de Mouchot, desarrolló un colector solar de reflectores parabólicos a base de pequeños espejos; era muy parecido al cono truncado de Mouchot. Lo presentó en la exposición de París, en 1878, haciendo operar una prensa para imprenta mediante energía solar.

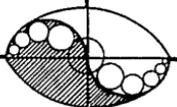
Ese mismo año se puso en funciones el primer refrigerador de absorción con un sistema solar como fuente calorífica.

---

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



El entusiasmo por las máquinas de energía solar nunca se detuvo en esta centuria. **John Ericsson** inventó su máquina Ericsson de ciclo de aire caliente, que convertía al calor solar en fuerza motriz mediante un colector parabólico.

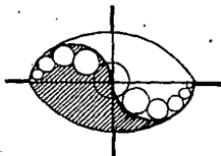
Otro intento de que a través de un sistema de espejos, más una caldera, se llegaría a convertir la energía solar en fuerza mecánica se debe a **Weston**, en 1888.

Ya en los albores del siglo XX, **Schumann** operaba una bomba de 60 CV cerca de el Cairo, que extraía agua del río Nilo. En esa época, el padre **Himilaya**, portugués arraigado en Estados Unidos, accionaba un espejo parabólico de 80 m2 formado por 6000 elementos, alcanzando temperaturas cercanas a los 4000° C.

Esos acontecimientos marcan el inicio de una interrupción de medio siglo en los avances de la ingeniería solar, propiciada por el advenimiento del petróleo, sustancia petroquímica. Con la fácil industrialización y comercialización de los derivados petrolíferos sobrevino un orden económico internacional que favoreció la fácil y rápida concentración de la riqueza, y con ella, de la tecnología suficiente para cambiar drásticamente la distribución global del poder político, económico y social. Ocurrieron además dos guerras mundiales, que culminaron con el advenimiento de la bomba atómica, producto de la más avanzada tecnología. Una década después de declarada la crisis energética sobrevive, aunque con sobresaltos, la estructura geopolítica y social que nació en las postrimerías de la era solar con Schumann e Himilaya.

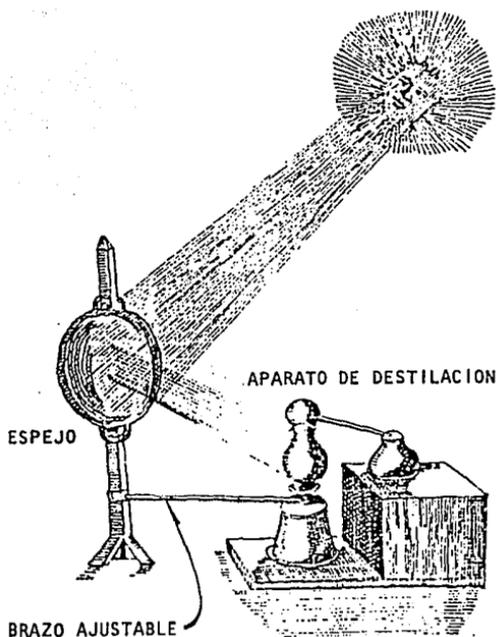
Los años recientes acusan un resurgimiento del interés por la energía solar. Aunque los científicos solares de la primera mitad del siglo XX fueron tan escasos y oscuros como los de la Edad Media, se fundó la revista **Solar Energy**, que posiblemente es aún la mejor del mundo en su especialidad; salió a la luz en 1954, como publicación oficial de la *Sociedad Internacional de Energía Solar* (ISES, por sus siglas en inglés), sociedad que propició en noviembre de 1955 un simposio en Phoenix, Arizona, al que concurrieron delegados de 35 naciones. La revista **Heliotécnica**, editada por la *Academia de Ciencias de la URSS*, apareció pocos años después, aproximadamente en la época en la que se fundó la *Cooperación Mediterránea para el estudio de la Energía Solar* (COMPLES), organización que cuenta con miembros en todo el orbe. Ambas sociedades, ISES y COMPLES, se congregaron por primera vez en París en julio de 1973, unificando intereses y esfuerzos de prácticamente todo el mundo. En México mismo, la

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) agrupa a varios cientos de científicos, catedráticos, profesionales y estudiantes de la energía solar y está afiliada a la ISES.

Datos obtenidos de la publicación "Introducción al estudio de los sistemas solares activos" de José Luis Fernández Zayas, de las Series del Instituto de Ingeniería (No. D - 26, Septiembre de 1987), Editorial U.N.A.M.

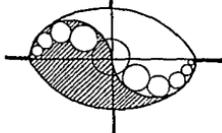


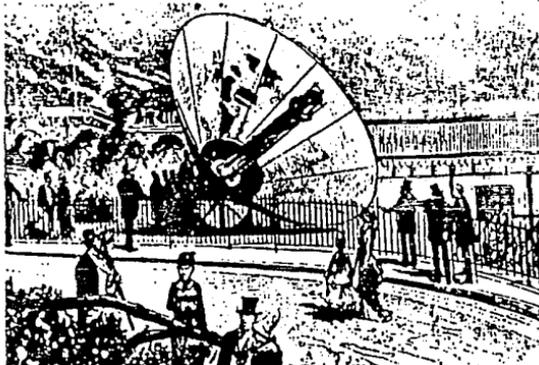
Alambique Solar (siglo XVII).

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

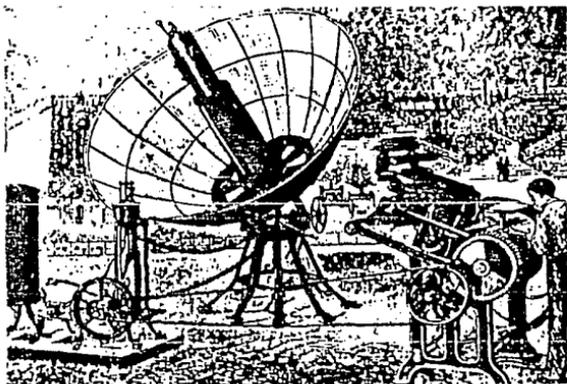
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





Primer gran colector solar tipo oxición que exhibió Mouchot en 1878.

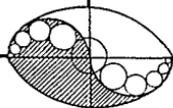


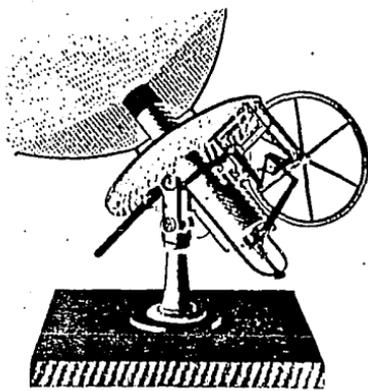
Colector solar de Abel Pifre (1878).

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

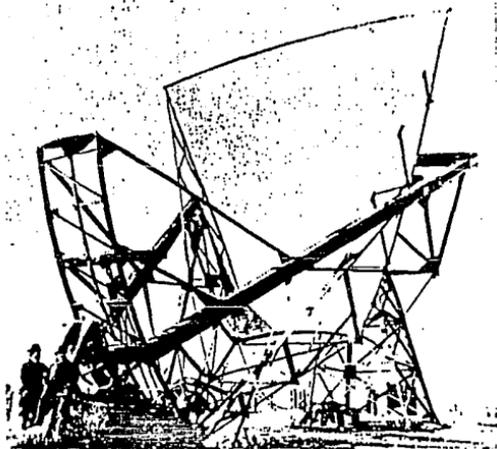
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



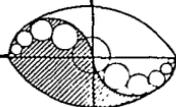


Máquina Ericsson de ciclo de aire caliente (1882).



Horno solar construido por Himilaya para fundición de metales (1904).

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# EL CLIMA

## GENERALIDADES

Se entiende por clima al conjunto de fenómenos meteorológicos que definen a la atmósfera de un lugar determinado. No hay dos zonas que tengan el mismo clima ya que los parámetros que lo determinan siempre presentan valores diferentes. Por simplicidad se acostumbra clasificarlos en los llamados clima tropical húmedo, clima tropical seco, clima subtropical, clima templado y otros. Estas denominaciones dan las características más notables de la región y son por ello de gran utilidad. Dentro de ellas, no obstante, encontramos infinitas variaciones cada una de las cuales da lugar a un *microclima* particular. En los distintos lados de un cerro, por ejemplo, las cantidades de radiación solar incidente y la velocidad del viento son diferentes. Los parámetros registrados en el centro de una ciudad no son iguales a los de su periferia en razón de las propiedades térmicas de los materiales de construcción. Si avanzamos más en este análisis veremos que un simple árbol con su sombra está creando varios microclimas y que también cada edificio presenta un espacio interior de características térmicas particulares cuyo estudio es el propósito del acondicionamiento térmico natural o bioclimatismo.

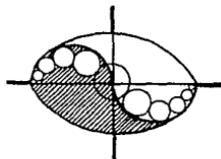
Los agentes térmicos del medio que intervienen preponderantemente en la arquitectura bioclimática son: La radiación solar, la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire. Estos parámetros, por lo común, son presentados separadamente por sus valores medios o por frecuencias determinadas. La tendencia actual es organizarlos dentro del llamado día típico de diseño o de cálculo, mediante estudios estadísticos en que se analizan las variaciones simultáneas, y no separadas, de todos los parámetros llegando incluso a presentar una serie de tres o más días consecutivos. La explicación de esta orientación es que en la realidad el máximo de radiación solar no tiene por qué coincidir con los momentos de mayor temperatura, ocurriendo algo similar con los restantes parámetros.

Datos obtenidos del libro *"Arquitectura y clima, Acondicionamiento térmico natural para el hemisferio norte"* del Arq. Roberto Rivero, Capítulo VIII, Editorial UNAM, México, 1988.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# CLIMA MUNDIAL

Dos son los factores más importantes del clima, uno *astronómico* y el otro *meteorológico*, a saber: La **latitud** y la **circulación atmosférica**.

La radiación solar, única fuente de energía extraterrestre, es la que se encarga de mover la inmensa maquinaria termodinámica que es la atmósfera a través de los contrastes de temperatura y, por consiguiente, de la densidad del aire. Estos contrastes de temperatura son los que se establecen entre las regiones ecuatoriales caldeadas por el Sol y las regiones polares. Los cambios en la densidad del aire provocan la circulación atmosférica.

En cuanto a las zonas de vientos tenemos dos cinturones del este (*alisios*) a uno y otro lado del Ecuador Geográfico, e inmediatos a él (0° a 35° de latitud norte y sur) así como dos fajas de vientos del este, sobre los casquetes polares y dos zonas de vientos del oeste, exteriores a los alisios, de los 35° a los 55° de latitud norte y sur. Los vientos del oeste y los del este a mayores latitudes, convergen a lo largo de una superficie de discontinuidad llamada el **Frente Polar** y en la cuál nacen las perturbaciones de las latitudes medias llamadas *borrascas*.

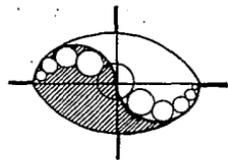
Los continentes también afectan los vientos ya que producen las circulaciones aéreas secundarias llamadas *monzones* que, aunque con un período mayor (seis meses), obedecen a un mecanismo de calentamiento y enfriamiento de la atmósfera, análogo al que producen las brisas marinas. Este flujo y reflujo de aire es responsable de los climas monzónicos del Globo, caracterizados por un régimen de lluvias en verano y sequía en invierno. Es precisamente este tipo de régimen pluvial que priva en la mayor parte de la República Mexicana, lo que hace sospechar que el efecto de calentamiento y enfriamiento semianual del continente americano también desempeña un papel importante en los climas del país.

A grandes alturas dentro de la atmósfera se gestan los vórtices subtropicales fríos, característicos de las postrimerías del invierno y de las márgenes ecuatoriales de la faja de los vientos del oeste, dentro de las cuales viene a quedar la mayor parte de las áreas extratropicales (o mejor dicho, subtropicales) de la República Mexicana. Estos vórtices fríos son también los responsables de las lluvias de fines del invierno y principios de la primavera, llamadas *equipatas* en el noroeste del país y *cabañuelas* en El Bajío. En años excepcionalmente fríos, (o de grandes

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



intercambios de aire frío de las altas latitudes con aire cálido de las latitudes bajas) pueden dar lugar a copiosas nevadas en las porciones más altas de la Sierra Madre Occidental y aún (muy de tarde en tarde) en la Mesa de Anáhuac.

## EL CLIMA EN LA REPUBLICA MEXICANA

Los factores que determinan el clima de un lugar según Mosiño (1966) son, de acuerdo a su importancia:

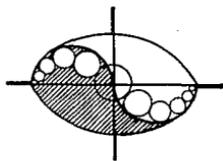
### 1) LA LATITUD

La latitud obra de dos maneras, obviamente relacionadas entre sí, pero con gran diferencia en sus efectos: a) La *inclinación* (ángulo de incidencia) de los rayos solares es mayor en las latitudes altas que en las bajas; b) La relación entre la duración del día y de la noche, en la cercanía de los solsticios (21 de junio y 22 de diciembre), varía tanto más, cuánto mayor es la latitud del lugar.

Dentro de los trópicos la radiación solar es intensa; pero sólo durante un corto lapso diurno; en cambio a latitudes mayores, la intensidad de la radiación solar en el verano es menor, en general que en los trópicos; pero con una más larga duración.

Nuestro país, debido a su posición geográfica entre los 14° y los 33° de latitud septentrional se encuentra comprendido, en su mayor parte, dentro de las zonas intertropical y subtropical del hemisferio norte, por lo que, climáticamente hablando, su porción suriana viene a quedar en la zona o faja de los vientos alisios y por lo tanto disfruta de las características de las atmósferas barotrópicas existentes en las latitudes bajas, con su gran estabilidad meteorológica, al menos durante gran parte del año. El resto del país, al norte del Trópico de Cáncer, se encuentra bajo la influencia desecante de los movimientos descendentes del aire, característicos de la zona de las altas presiones subtropicales, que son la causa de los grandes desiertos del Globo.

Lo anterior implica que las grandes variaciones (extremosidad) de la temperatura, propias de los países situados a latitudes mayores, no se observen en nuestra patria, pues aunque la temperatura media del Altiplano Central tiene un valor comparable a la de lugares ubicados



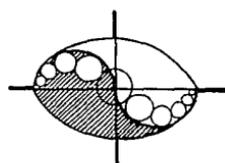
mucho más al norte, los veranos son bastante frescos y los inviernos relativamente tibios. En suma, en el Altiplano Central, aunque el nivel térmico medio sea el mismo que el reinante en latitudes más elevadas, gracias a la variación de la temperatura con la altitud, el régimen térmico es diferente; en particular, la oscilación anual de la temperatura es mucho más pequeña a iguales condiciones de continentalidad.

## 2) LA OROGRAFIA

Así pues, aparentemente, bastaría mencionar la localización geográfica de la República Mexicana para definir las características térmicas y pluviométricas resultantes de su situación en latitud; pero la compleja orografía del país altera el cuadro tremendamente; en particular, las variaciones de la temperatura debidas a la altitud, fácilmente observables en nuestra patria, determinan pisos térmicos con diferentes categorías de temperatura que fijan zonas altitudinales muy bien definidas en las que la vegetación propia de cada nivel encuentra su habitación adecuada.

Es tal la magnitud del área montañosa, por su extensión y por su altitud, que podemos decir que más de la mitad de la población del país vive arriba de los 1000 m sobre el nivel del mar.

Los efectos que una barrera o macizo montañoso produce en las grandes corrientes atmosféricas, aparte del efecto mencionado sobre la temperatura media anual, se pueden clasificar como sigue: a) El efecto de *embalse o represamiento* ocurre dondequiera que hay altas serranías que, a modo de barreras extensas y elevadas, impiden el paso a las corrientes estables poco profundas. La manifestación más clara de dicho fenómeno es la de restringir la entrada al interior del país de las masas húmedas que son acarreadas por el viento desde los mares adyacentes hacia las costas de nuestra patria, e impedir la consiguiente propagación hacia el interior del país de la materia prima de las precipitaciones: el vapor de agua; b) El efecto de *desviación o encañonamiento* de los vientos por las montañas; c) El *levantamiento forzado* del aire húmedo, ocurre en todos aquellos lugares donde una vertiente montañosa se presenta como una rampa, cuya altura se va elevando gradualmente a modo de una cuesta o plano inclinado, y es remontada por vientos húmedos; d) Análogamente, el *calentamiento adiabático* del aire por descenso se produce en el aire húmedo a razón de 1° C por cada 100 metros. En nuestro país es la causa de zonas áridas extensas, en la parte montañosa del sur de México, sometida al régimen de los alisios, y hasta donde no llega la influencia de los vientos del oeste que, no



obstante, se encuentran en las porciones más elevadas de la Altiplanicie Central, aún a latitudes considerablemente bajas, en virtud de la altitud del terreno sobre el nivel del mar que coloca virtualmente a gran parte del territorio nacional dentro de la tropósfera media.

### 3) DISTRIBUCION DE LAS TIERRAS RESPECTO A LOS MARES

Las regiones ubicadas en el interior de los continentes presentan variaciones anuales de temperatura del aire mucho mayores que las de las regiones cercanas al mar. Se dice entonces que las áreas alejadas de las costas presentan el efecto de *continentalidad*, y que los lugares cercanos al litoral son ejemplo del efecto de *maritimidad* o efecto termostático de los mares.

### 4) LAS CORRIENTES MARITIMAS

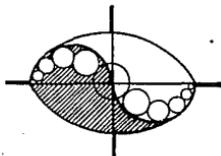
El ejemplo clásico de una corriente cálida, que lleva calor de las regiones ecuatoriales hacia los polos, la tenemos en la corriente del Golfo de México (Gulf Stream) que atraviesa el Atlántico, yendo a bañar las costas del noroeste europeo, y produciendo un influjo sumamente benéfico en esas regiones ya que hace habitables, por la acción calefactora de dicha corriente, lugares de otro modo inhóspitos.

### LOS NORTES DEL GOLFO DE MEXICO

Los así llamados "nortes" del Golfo de México, son vientos boreales que soplan violentamente de uno a tres días seguidos sobre las planicies costeras de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y sobre la península de Yucatán, atenuados ya aquí un poco por el rozamiento con el terreno; la temporada de los nortes se extiende desde octubre hasta mayo del siguiente año.

### DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA Y REGIMEN TERMICO

Bastará decir aquí que, en general, durante la mitad caliente del año las temperaturas son más altas en el norte del país que en el sur; mientras que, en la mitad fría, aquellas son desde luego



muy inferiores a sus contrapartes surianas. Es decir, que en el sur de la República, las temperaturas oscilan mucho menos que en la porción septentrional, característica asociada con la aridez de los estados nortefíos.

Se ha hecho una subdivisión de las estaciones según las zonas térmicas siguientes:

ZONAS TÉRMICAS	TEMPERATURA MEDIA ANUAL
Muy cálida	sobre 28° C
Cálida	entre 22° y 26° C
Semicálida	entre 18° y 22° C
Templada	entre 12° y 18° C
Semifría	entre 5° y 12° C
Fría	entre -2° y 5° C
Muy fría	bajo -2° C

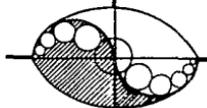
De acuerdo con esto, la República Mexicana queda dividida por su temperatura media anual en las siguientes regiones:

- a) La *zona muy cálida* hasta altitudes de 100 o 200 m.
- b) La *zona cálida* desde 800 o 1000 m en el sur y hasta altitudes de 100 o 200 m en el norte.
- c) La *zona semicálida* entre los 1600 y los 2000 m.
- d) La *zona templada* que comprende las sierras de Zacatecas y Guanajuato y de la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico, la Mesa Central y las porciones más elevadas de la Sierra Madre del Sur, así como la región de la Mixteca y las partes más elevadas de la Sierra Madre y de la Meseta Central de Chiapas.
- e) La *zona semifría* con una altitud entre los 2800 y 4000 m.
- f) La *zona fría* por arriba de los 5000 m.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



Así, el mes más frío en la mayor parte de la República es enero, y mayo es el mes más caliente sobre una gran área de las porciones central y sur del país.

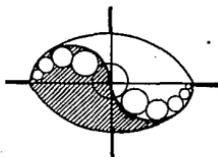
## OSCILACION ANUAL DE LA TEMPERATURA

Entre los sistemas orográficos que pueden considerarse como importantes barreras climáticas se encuentran: La Sierra Madre Oriental y las montañas del norte de Chiapas, que impiden la penetración de la humedad del golfo de México hacia las porciones oeste, central y sur del país, respectivamente. Son importantes también: La Sierra Madre Occidental y el conjunto de sierras mal definido que divide a la Altiplanicie Meridional en dos porciones: la norte y la sur, y que se extiende de noroeste a sureste entre el paralelo 24° y 20° norte (sierras de Zacatecas y de Guanajuato). Todas estas serranías impiden que los "nortes" tengan influencia en los lugares situados al oeste y al sur de ellas y hacen, por lo tanto, que las temperaturas de invierno de estos lugares no desciendan mucho.

Debido a ello, la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es, en promedio, mucho mayor en los lugares situados al este o norte de esta sierra que en los lugares situados al oeste o al sur de las mismas, como sucede con la vertiente del Pacífico al sur del Trópico. Las máximas oscilaciones se encuentran en las porciones norte y noroeste del país que están, además, privadas de la influencia de los vientos húmedos del mar.

En esta descripción, el área total del país se ha dividido en cuatro zonas principales:

- a) Una *faja isotermal* con oscilaciones menores de 5° C que ocupa las zonas más australes del país.
- b) Una *faja con poca oscilación anual* de las temperaturas medias mensuales (entre 4° y 7° C) que se encuentran aproximadamente al sur de las laderas más boreales del Eje Volcánico.
- c) Un *área extremosa* con oscilaciones entre 7° y 14° C localizada en la porción septentrional del país.
- d) Un *área muy extremosa* con oscilaciones mayores a 14° C localizada a lo largo de la porción más boreal donde la estación invernal se marca claramente.



## DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION Y REGIMEN PLUVIAL

La zona más lluviosa, con precipitaciones superiores a 1500 mm, se encuentra al sur del paralelo 22° norte y comprende las pendientes montañosas de las porciones central y sur del país que se inclinan al Golfo de México y que se encuentran directamente expuestas a los vientos húmedos del mar, asociados con los alisios, los nortes y los ciclones tropicales.

Hay cuatro áreas con precipitación mayor de 3500 mm al año: La región situada inmediatamente al norte del paralelo 20° norte (laderas de la sierras de Teziutlán y Zacapoaxtla); la situada al sur del paralelo 18° norte (sierras de Ixtlán y Mixes); la parte de la sierra de los tuxtles que mira hacia el Golfo de México, y la vertiente boreal de las montañas del norte de Chiapas.

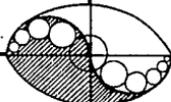
Como se puede ver, la precipitación es más abundante, en general, del lado del Golfo que del lado del Pacífico; pues, mientras la costa del Golfo tiene en una gran extensión precipitaciones mayores de 2000 mm, la del Pacífico no recibe más de esta cantidad sino en sitios aislados. Hay, sin embargo, otra zona de lluvia muy abundante (mayor de 3500 mm) situada en esta vertiente, la de la porción sureste de la Sierra Madre de Chiapas.

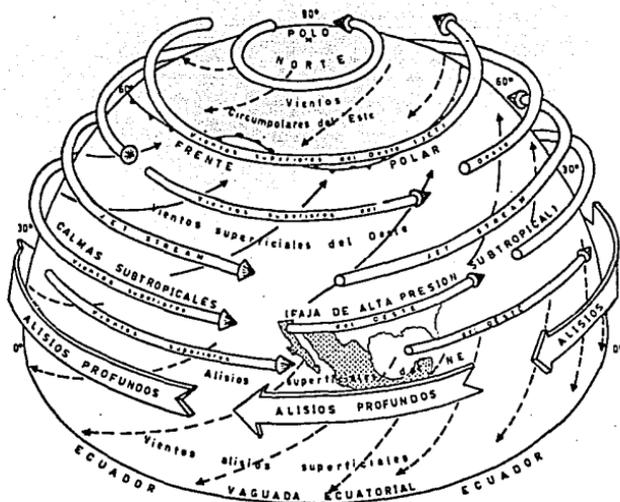
Datos obtenidos de "Los climas de la República Mexicana" de Pedro A. Mosiño, Jefe del Departamento de Meteorología del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

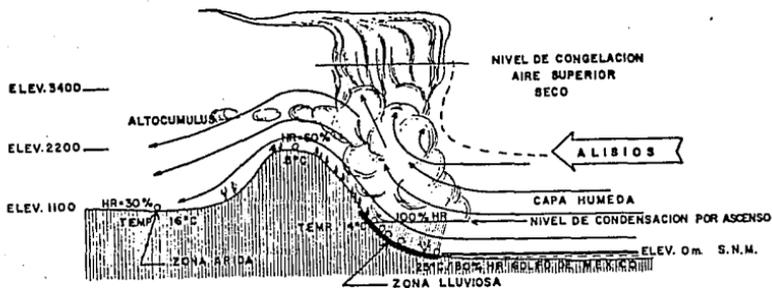
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



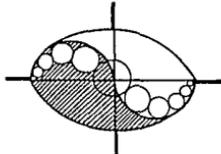


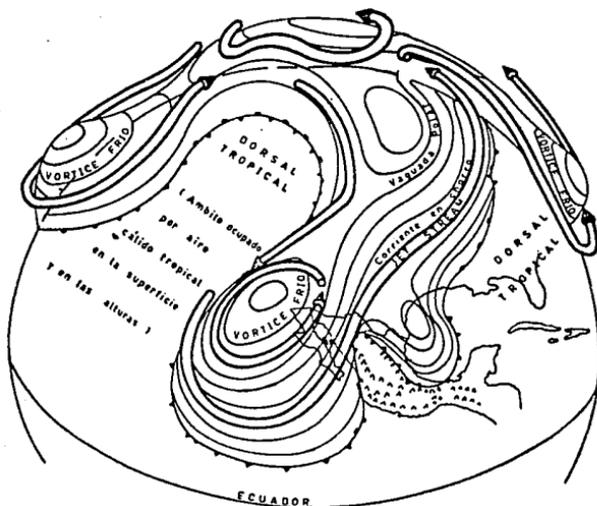
Esquema de las fajas de vientos sobre la superficie de la Tierra y los cinturones de alta y baja presión que obedecen aquéllos.



Zona lluviosa y zona árida correspondiente en la faja de los alisios.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



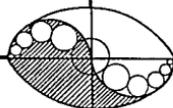


Topografía del aire polar al final de un periodo de deformación del vórtice circumpolar.



Inversión de temperatura entre el aire marítimo sobre la corriente fría de California y el aire caliente tropical que la corona (verano).

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# EL CLIMA DEL LUGAR

## TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

### I - UBICACION GEOGRAFICA

Toluca, capital del Estado de México, está ubicada a 64 Km de la Ciudad de México, por la carretera federal 15 y se localiza en la parte central del territorio de la entidad, en un hermoso valle limitado por serranías de regular elevación.

Sus coordenadas geográficas son:

LATITUD: 19° 18'

LONGITUD: 99° 40'

ALTITUD: 2680 m.s.n.m.

### II - ANTECEDENTES HISTORICOS

Su nombre se deriva del Dios *Tolotl* o *Tolotzin*, que significa "*Dios Inclinado de cabeza*", siendo sus fundadores los Matlatzincas.

En 1520, Gonzálo de Sandoval estableció la Villa de Toluca, que más tarde fué parte del Marquesado del Valle concedido a Hernán Cortes por el Emperador Carlos V.

En el año de 1662 recibió el título de Ciudad y es capital del Estado desde 1830.

Datos obtenidos de la "*Gula turística del Edo. de México*", editada por el Gobierno del Estado de México y la Secretaría de Turismo.

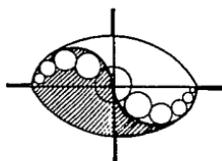
---

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

---



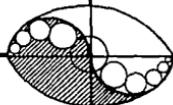
### III- CLIMA

Toluca, de acuerdo a sus condiciones, presenta un clima clasificado como **TEMPLADO SUB/HUMEDO CON LLUVIAS EN VERANO (CW)**.

Al analizar sus normales climatológicas (de entre 27 y 29 años) obtenemos los siguientes datos:

PARAMETROS	ANUAL
Máxima extrema	26.9° C
Promedio de máxima	18.3° C
Bulbo seco media	12° C
Promedio de mínima	6.9° C
Mínima extrema	-8.2° C
Oscilación térmica	11.4° C
Humedad relativa media	63%
Precipitación total	772.4 mm
Días despejados	129.47 días
Bulbo húmedo media	9.09° C

1) El mes más frío es enero con una temperatura promedio máxima de 16.4° C y una mínima de 3.1° C.



2) El mes más caluroso es **mayo** con una temperatura promedio máxima de **25° C** y una mínima de **9° C**.

3) El mes que presenta una oscilación térmica mayor es **febrero** con **13.9° C**.

4) Los meses con la oscilación térmica menor son **junio** y **septiembre** con **8.6° C**.

5) El mes con la precipitación pluvial mayor es **agosto** con **153.6 mm**.

6) El mes con menor precipitación pluvial es **enero** con **3.4 mm**.

7) El mes con más días despejados es **marzo** con **21.18 días**.

8) El mes menos despejado es **agosto** con **1.26 días**.

En cuanto a la rosa de los vientos tenemos que el viento dominante proviene del **norte** y **noreste** con una velocidad promedio de **2.5 m/s**.

Datos obtenidos de las "*Constantes climatológicas de Toluca, Edo. de México*" del Sistema Meteorológico Nacional (Tacubaya, México, D.F.).

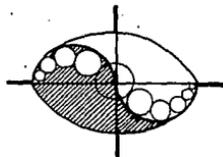
---

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

---



## ANALISIS CLIMATICO

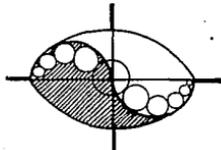
El análisis climático es la base sobre la cuál se sustentan las decisiones de la arquitectura bioclimática y el heliodiseño. Dicho análisis toma en cuenta la temperatura de bulbo seco, la humedad relativa, la nubosidad, la radiación solar y la dirección e intensidad de los vientos dominantes del lugar.

Para hacer más fácil el análisis se elaboraron tablas donde se consignaron los datos mensuales, estacionales y promedios anuales del clima de Toluca; sin embargo, fué necesario contar también con datos horarios para poder llevar a cabo las simulaciones térmicas de las edificaciones en estudio. En el caso de Toluca al no contar con datos horarios del clima, se llevaron a cabo estimaciones de temperatura y radiación con programas que simulan los cambios de dichos parámetros de hora en hora.

Estos datos en su conjunto dieron la pauta para elegir los sistemas de calentamiento que finalmente se aplicaron al proyecto.

## ELECCION DE LOS DIAS DE DISEÑO

Al observar los datos de temperatura de Toluca encontramos que el promedio de máxima anual es de  $18.3^{\circ}\text{C}$  y el promedio de mínima anual es de  $6.9^{\circ}\text{C}$  lo que nos indica que en promedio se está por debajo de la temperatura de confort (entre  $22$  y  $28^{\circ}\text{C}$ ). Así mismo encontramos que los dos meses con temperaturas máxima y mínima son **mayo** y **enero** con  $16.4^{\circ}\text{C}$  y  $25^{\circ}\text{C}$  respectivamente. Estos dos meses son los que se analizarán de forma horaria en su temperatura y humedades relativas, pasando dichos datos a los diagramas psicrométricos que ya tienen calculada y graficada la zona de confort, con lo cual nos daremos cuenta de que tan cerca o lejos estamos de los parámetros de confort.



**TABLA DE DATOS CLIMATICOS GENERALES  
TOLUCA, EDO. DE MEXICO**

Fecha: Septiembre de 1994

Localidad :Toluca  
 Latitud: 19.3°  
 Altitud :2680 m  
 Longitud:99° 40' W

MESES      TEMPERATURA      HUMEDAD RELATIVA      TEMP.NEUTRALIDAD  
 SULCO SECO (°C)      (%)      (°C)

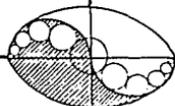
MIN.	MED.	MAX.	MIN.	MED.	MAX.	MIN.	MED.	MAX.
------	------	------	------	------	------	------	------	------

ENE	3.1	10	16.4	18	57	96	18.7	20.7	22.7
FEB	4.1	11.4	18	7	53	99	19.1	21.1	23.1
MAR	6	13.2	19.8	6	49	92	19.7	21.7	23.7
ABR	7.9	14.5	20.8	9	51	93	20.1	22.1	24.1
MAY	9	14.8	25	10	61	100	20.2	22.2	24.2
JUN	10	14.3	19	11	72	100	20.0	22.0	24.0
JUL	9.1	13.3	17.7	46	75	100	19.7	21.7	23.7
AGO	9	13.3	17.9	34	74	100	19.7	21.7	23.7
SEP	8.9	13.2	17.5	28	76	100	19.7	21.7	23.7
OCT	7	12.6	18	25	70	100	19.5	21.5	23.5
NOV	5.1	11.4	17.5	25	64	100	19.1	21.1	23.1
DIC	3.6	10.4	16.6	35	62	89	18.8	20.8	22.8

PRIMAVERA	8.5	14.4	21.7	9.4	58.8	96.8	20.1	22.1	24.1
VERANO	9.1	13.4	17.9	34.1	74.6	99.9	19.8	21.8	23.8
OTOÑO	5.8	11.8	17.5	27.6	66.9	97.6	19.3	21.3	23.3
INVIERNO	4.1	11.2	17.7	13.6	54.4	95.3	19.1	21.1	23.1

ANUAL	6.9	12.7	18.7	21.2	63.7	97.4	19.5	21.5	23.5
-------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**



**TABLA DE SIMULACION DE TEMPERATURAS HORARIAS  
TOLUCA, EDO. DE MEXICO**

Fecha : Septiembre de 1994

Localidad : Toluca, Edo. de Mexico.

Latitud : 19.3

Altitud : 2680 m

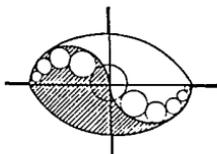
Longitud : 99 40' W

Temp : Max	16.4	18	19.8	20.8	25	19	17.7	17.9	17.5	18	17.5	18.6
Temp : Min	3.1	4.1	6	7.9	9	10	9.1	9	8.9	7	5.1	3.6

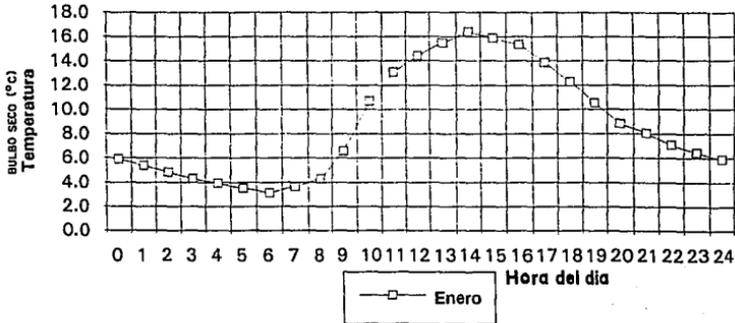
h	Y(h)	ENS	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	0.21	5.9	7.0	8.9	10.6	12.4	11.9	10.9	10.9	10.7	9.3	7.7	6.8
1	0.17	5.4	6.5	8.3	10.1	11.7	11.5	10.6	10.5	10.4	8.9	7.2	6.2
2	0.13	4.8	5.9	7.8	9.6	11.1	11.2	10.2	10.2	10.0	8.4	6.7	5.6
3	0.09	4.3	5.4	7.2	9.1	10.4	10.8	9.9	9.8	9.7	8.0	6.2	5.0
4	0.06	3.9	4.9	6.8	8.7	10.0	10.5	9.6	9.5	9.4	7.7	5.8	4.5
5	0.03	3.5	4.5	6.4	8.3	9.5	10.3	9.4	9.3	9.2	7.3	5.5	4.1
6	0	3.1	4.1	6.0	7.9	9.0	10.0	9.1	9.0	8.9	7.0	5.1	3.6
7	0.04	3.6	4.7	6.6	8.4	9.6	10.4	9.4	9.4	9.2	7.4	5.6	4.2
8	0.09	4.3	5.4	7.2	9.1	10.4	10.8	9.9	9.8	9.7	8.0	6.2	5.0
9	0.26	6.6	7.7	9.6	11.3	13.2	12.3	11.3	11.3	11.1	9.9	8.3	7.5
10	0.57	10.7	12.0	13.9	15.3	18.1	15.1	14.0	14.1	13.8	13.3	12.2	12.2
11	0.75	13.1	14.5	16.4	17.6	21.0	16.8	15.6	15.7	15.4	15.3	14.4	14.9
12	0.85	14.4	15.9	17.7	18.9	22.6	17.7	16.4	16.6	16.2	16.4	15.6	16.4
13	0.93	15.5	17.0	18.8	19.9	23.9	18.4	17.1	17.3	16.9	17.2	16.6	17.6
14	1	16.4	18.0	19.8	20.8	25.0	19.0	17.7	17.9	17.5	18.0	17.5	18.6
15	0.96	15.9	17.4	19.2	20.3	24.4	18.6	17.4	17.5	17.2	17.6	17.0	18.0
16	0.92	15.3	16.9	18.7	19.8	23.7	18.3	17.0	17.2	16.8	17.1	16.5	17.4
17	0.81	13.9	15.4	17.2	18.3	22.0	17.3	16.1	16.2	15.9	15.9	15.1	15.8
18	0.69	12.3	13.7	15.5	16.8	20.0	16.2	15.0	15.1	14.8	14.6	13.7	14.0
19	0.56	10.5	11.9	13.7	15.1	18.0	15.0	13.9	14.0	13.7	13.2	12.0	12.0
20	0.43	8.8	10.1	11.9	13.4	15.9	13.9	12.8	12.8	12.6	11.7	10.4	10.1
21	0.37	9.0	9.2	11.1	12.7	14.9	13.3	12.3	12.3	12.1	11.1	9.7	9.2
22	0.3	7.1	8.3	10.1	11.8	13.8	12.7	11.7	11.7	11.5	10.3	8.9	8.1
23	0.25	6.4	7.6	9.5	11.1	13.0	12.3	11.3	11.2	11.1	9.8	8.2	7.4
24	0.21	5.9	7.0	8.9	10.6	12.4	11.9	10.9	10.9	10.7	9.3	7.7	6.8

Este programa fué realizado en el Taller de Heliodiseño I para obtener temperaturas horarias a partir de la fórmula  $T(h) = T_{\min} + Y(h) * (T_{\max} - T_{\min})$ , donde:  
 $T(h)$  es la temperatura horaria.  
 $Y(h)$  es una constante función de la hora.  
 $T_{\min}$  es la temperatura mínima del lugar.  
 $T_{\max}$  es la temperatura máxima del lugar.

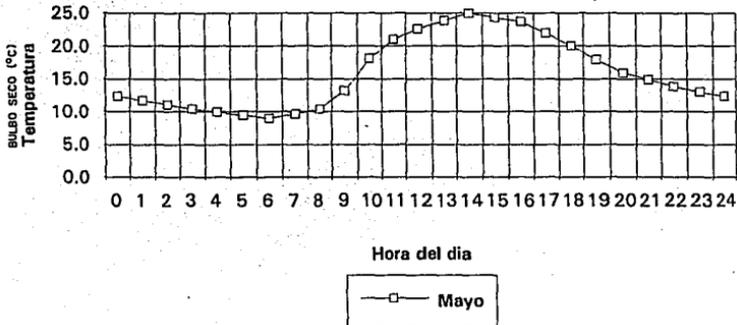
**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**



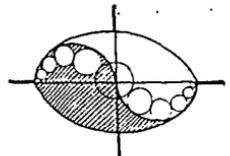
### PERFIL HORARIO DE TEMPERATURA



### PERFIL HORARIO DE TEMPERATURAS



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**



## TABLA DE SIMULACION DE HUMEDADES RELATIVAS HORARIAS

TOLUCA, EDO. DE MEXICO

Fecha : Septiembre de 1994

Localidad : Toluca  
 Latitud : 19.3  
 Altitud : 2680 m  
 Longitud : 99 40' W

Hr (%)	Max	96	99	92	93	112	133	104	114	124	115	103	89
Hr (%)	Min	18	7	6	9	10	11	46	34	28	25	25	35

h	Y(h)	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
0	0.21	79.6	79.7	73.9	75.4	90.6	100.0	91.8	97.2	100.0	96.1	86.6	77.7
1	0.17	82.7	83.4	77.4	78.7	84.7	100.0	94.1	100.0	100.0	99.7	89.7	79.8
2	0.13	85.9	87.0	80.9	82.1	98.7	100.0	96.5	100.0	100.0	100.0	92.9	82.0
3	0.09	89.0	90.7	84.3	85.4	100.0	100.0	98.8	100.0	100.0	100.0	96.0	84.1
4	0.06	91.7	93.5	86.9	88.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	85.8
5	0.03	93.7	96.2	89.4	90.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.4
6	0	96.0	99.0	92.0	93.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.0
7	0.04	92.9	95.3	88.6	89.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	86.8
8	0.09	89.0	90.7	84.3	85.4	100.0	100.0	98.8	100.0	100.0	100.0	96.0	84.1
9	0.26	75.7	75.1	69.6	71.2	85.5	100.0	88.9	93.2	99.0	91.6	82.7	75.0
10	0.57	51.5	46.6	43.0	45.1	53.9	63.5	70.9	68.4	69.3	63.7	58.5	58.2
11	0.75	37.5	30.0	27.5	30.0	35.5	41.5	60.5	54.0	52.0	47.5	44.5	48.5
12	0.85	29.7	20.8	18.9	21.6	25.3	29.3	54.7	46.0	42.4	38.5	36.7	43.1
13	0.93	23.5	13.4	12.0	14.9	17.1	19.5	50.1	39.6	34.7	31.3	30.5	38.8
14	1	18.0	7.0	6.0	9.0	10.0	11.0	46.0	34.0	28.0	25.0	25.0	35.0
15	0.96	21.1	10.7	9.4	12.4	14.1	15.9	48.3	37.2	31.8	28.6	28.1	37.2
16	0.92	24.2	14.4	12.9	15.7	18.2	20.8	50.6	40.4	35.7	32.2	31.2	39.3
17	0.81	32.8	24.5	22.3	25.0	29.4	34.2	57.0	49.2	46.2	42.1	39.8	45.3
18	0.69	42.2	35.5	32.7	35.0	41.6	48.8	64.0	58.8	57.8	52.9	49.2	51.7
19	0.56	52.3	47.5	43.8	46.0	54.9	64.7	71.5	69.2	70.2	64.6	59.3	58.8
20	0.43	62.5	59.4	55.0	56.9	68.1	80.5	79.1	79.6	82.7	76.3	69.5	65.8
21	0.37	67.1	65.0	60.2	61.9	74.3	87.9	82.5	84.4	88.5	81.7	74.1	69.0
22	0.3	72.6	71.4	66.2	67.8	81.4	96.4	86.6	90.0	95.2	88.0	79.6	72.8
23	0.25	76.5	76.0	70.5	72.0	86.5	100.0	89.5	94.0	100.0	92.5	83.5	75.5
24	0.21	79.6	79.7	73.9	75.4	90.6	100.0	91.8	97.2	100.0	96.1	86.6	77.7

Este programa fué realizado en el Taller de Heliodiseño I para obtener humedades relativas horarias con la fórmula  $Hr(h) = Hr_{\min} + (1-Y(h)) * (Hr_{\max} - Hr_{\min})$ .

\*NOTA IMPORTANTE : En las tablas aparecen humedades relativas mayores a 100%, pero solo se tomarán así para efectos de cálculo. Sin embargo para fines de análisis psicrométrico, se tomara solo el 100%.

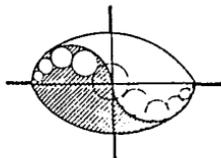
Hr(h) humedad relativa horaria, Hr<sub>min</sub> humedad relativa mínima, Hr<sub>max</sub> humedad relativa máxima y Y(h) constante función de la hora. Fórmula de Geiger (1957).

Nota: Hr<sub>max</sub> y Hr<sub>min</sub> se calcularon a partir de Hr<sub>med</sub> que fué el dato que se obtuvo en el Servicio Meteorológico de Tacubaya. (Hr<sub>med</sub> humedad relativa media).

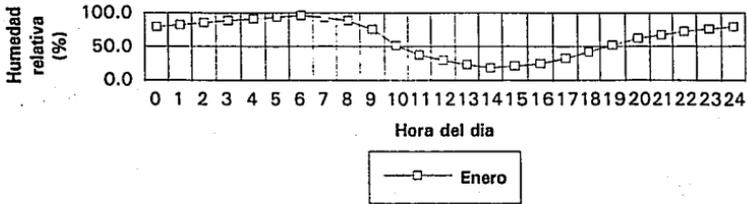
# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

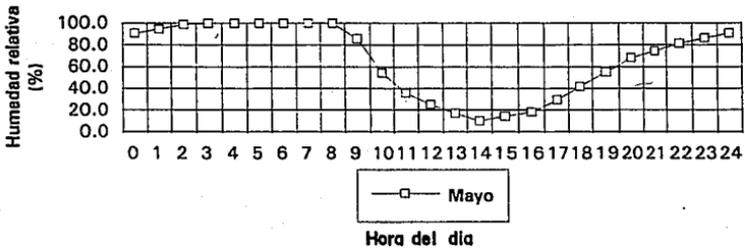
1994



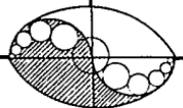
### PERFIL HORARIO DE HUMEDAD



### PERFIL HORARIO DE HUMEDAD



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**



**TABLA RESUMEN DE DATOS CLIMATICOS  
TOLUCA, EDO. DE MEXICO**

Localidad : Toluca, Edo. de Mexico  
 Latitud : 19.3°  
 Altitud : 2680 m.s.n.m.  
 Longitud : 99° 40'

BULBO SECO (°C)		HUMED. RELAT. (%)		NUBOSIDAD (%)		INT. SOLAR (W/M2)		VIENTO DOM. (m/s)		
TEMPERATURA										
ENE(21)	MAY(21)	ENE(21)	MAY(21)	ENE(21)	MAY(21)	ENE(21)	MAY(21)	ENE(21)	MAY(21)	
0	5.9	12.4	79.6	90.6	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N
1	5.4	11.7	82.7	94.7	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N
2	4.8	11.1	85.9	98.7	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N
3	4.3	10.4	89	100	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N
4	3.9	10	91.3	100	0	0	0	0	2.5 NE	2.0 NE
5	3.5	9.5	93.7	100	0	0	0	0	2.5 NE	2.0 NE
6	3.1	9	96	100	0	2	0	28	2.5 NE	2.0 NE
7	3.6	9.6	92.9	100	2	5	30	213	2.5 NE	2.0 NE
8	4.3	10.4	89	100	10	19	211	436	2.5 NE	2.0 NE
9	6.6	13.2	75.7	85.5	20	40	427	627	2.5 NE	2.0 NE
10	10.7	18.1	51.5	53.9	30	100	591	775	2.5 NE	2.0 NE
11	13.1	21	37.5	35.5	40	80	693	862	2.5 NE	2.0 NE
12	14.4	22.6	29.7	25.3	50	80	728	888	2.5 NE	2.0 NE
13	15.5	23.9	23.5	17.1	100	80	693	862	2.5 NE	2.0 NE
14	16.4	25	19	10	75	60	591	775	2.5 NE	2.0 NE
15	15.9	24.4	21.1	14.1	60	60	427	627	2.5 NE	2.0 NE
16	15.3	23.7	24.2	19.2	60	60	211	436	3.0 N	2.7 N
17	13.9	22	32.8	29.4	45	60	30	213	3.0 N	2.7 N
18	12.3	20	42.2	41.6	15	50	0	28	3.0 N	2.7 N
19	10.5	18	52.3	54.9	5	20	0	0	3.0 N	2.7 N
20	9.8	15.9	62.5	68.1	2	10	0	0	3.0 N	2.7 N
21	8	14.9	67.1	74.3	0	5	0	0	3.0 N	2.7 N
22	7.1	13.8	72.6	81.4	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N
23	6.4	13	76.5	86.5	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N
24	5.9	12.4	79.6	90.6	0	0	0	0	3.0 N	2.7 N

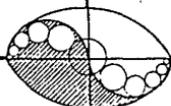
Los datos horarios del viento son suposiciones que se hicieron a partir de los datos mensuales del S.M.N de Tacubaya para fines didácticos.

Los datos de radiación solar se obtuvieron del programa elaborado en la clase de Temas selectos de Heliodiseño con datos promedio de irradiación promedio global diaria del Instituto de Ingeniería de la UNAM en MJ/m2.

Nota: S.M.N. Servicio Meteorológico Nacional.

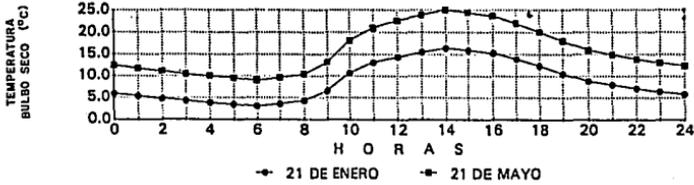
Nota: Datos de radiación para planos al sur e inclinación de la latitud de Toluca. (19.3° Latitud Norte).

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

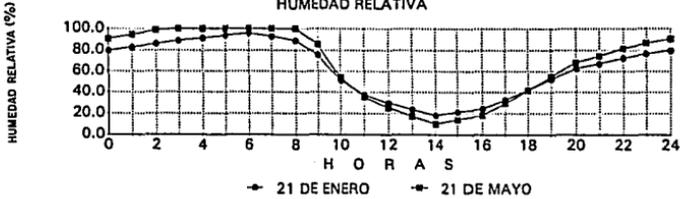


# PARAMETROS CLIMATOLOGICOS TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

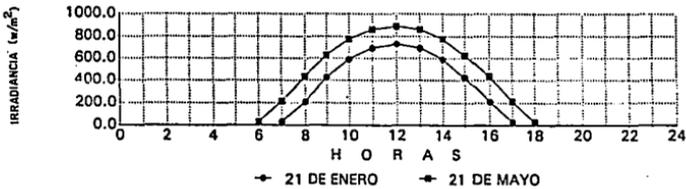
## TEMPERATURA HORARIA



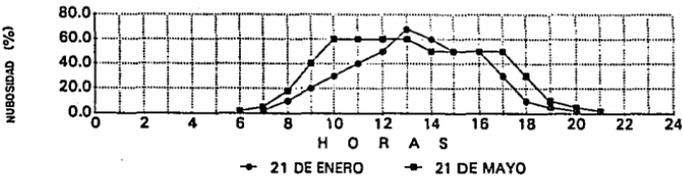
## HUMEDAD RELATIVA



## RADIACION SOLAR

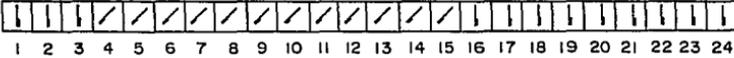


## NUBOSIDAD



## VIENTOS DOMINANTES

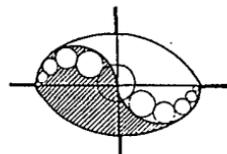
21 ENERO



21 MAYO



# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



**TABLA DE PUESTAS Y SALIDAS DEL SOL ANUAL  
TOLUCA, EDO. DE MEXICO**

Localidad : Toluca, Edo. de Mexico.  
 Latitud : 19.3°  
 Altitud : 2680 m  
 Longitud : 99° 40' W

**MESES DECLINACION**

MESES	DECLINACION
ENE	-20.1
FEB	-11.3
MAR	0.0
ABR	11.9
MAY	20.3
JUN	23.4
JUL	20.2
AGO	11.4
SEP	0.0
OCT	-12.1
NOV	-20.6
DIC	-23.4

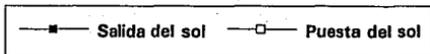
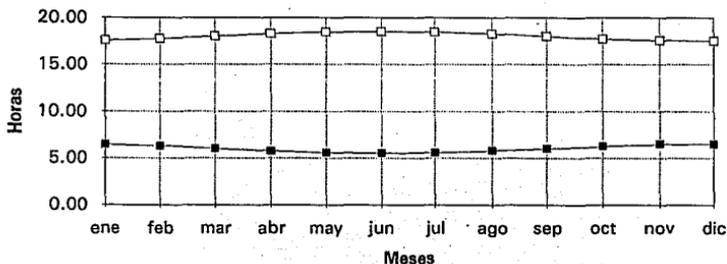
**SALIDA DEL SOL**

SALIDA DEL SOL	
AH	HORA
83.5	6.43
86.2	6.26
90.0	6.00
94.1	5.73
96.6	5.56
97.3	5.51
96.5	5.56
93.9	5.74
90.0	6.00
85.9	6.27
83.4	6.44
82.7	6.49

**PUESTA DEL SOL**

PUESTA DEL SOL	
AH	HORA
-83.5	17.57
-86.2	17.74
-90	18
-94.1	18.27
-96.6	18.44
-97.3	18.49
-96.5	18.44
-93.9	18.26
-90	18
-85.9	17.73
-83.4	17.56
-82.7	17.51

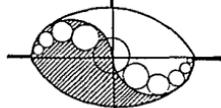
**SALIDA Y PUESTA DEL SOL  
Toluca, Edo. de Mexico**



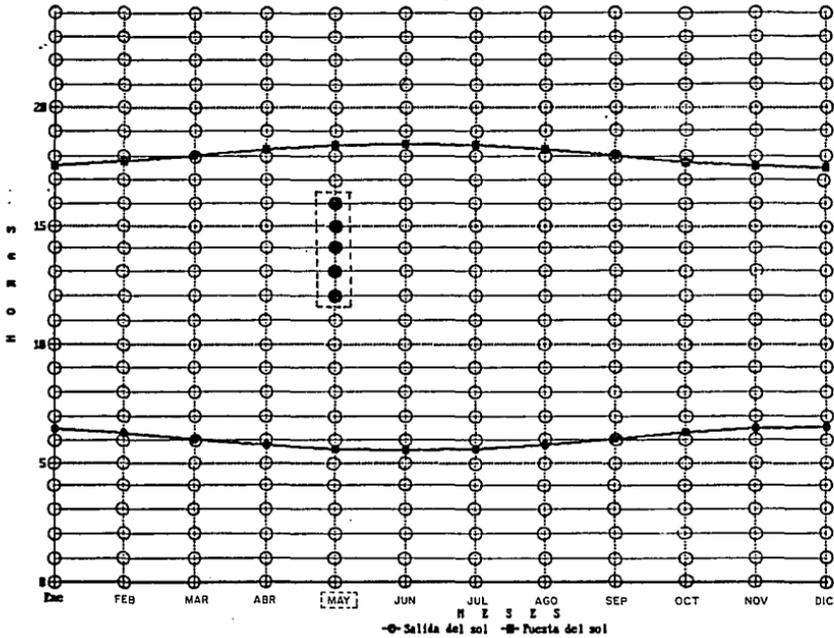
**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

1994



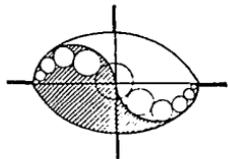
SALIDA Y PUESTA DEL SOL  
Toluca, Edo. de Mexico



- Frío ( $T < 22^{\circ}\text{C}$ )
- Confort ( $28^{\circ}\text{C} > T > 22^{\circ}\text{C}$ )

En la gráfica se observa que solo de las 12:00 p.m. a las 4:00 p.m., y durante el mes de mayo, se tienen condiciones de confort. Esto nos indica que la estrategia a seguir es **CALENTAMIENTO**.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



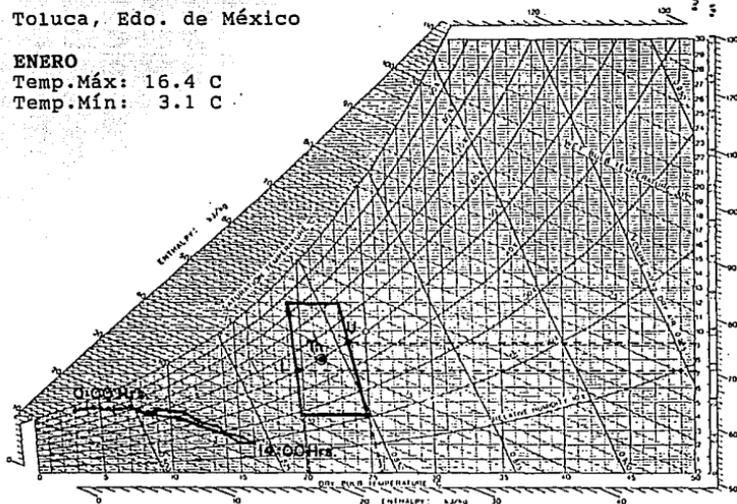
Temperatura y Humedad Relativa  
Horaria (0 a 24 Hrs.)

Toluca, Edo. de México

**ENERO**

Temp.Máx: 16.4 C

Temp.Mín: 3.1 C



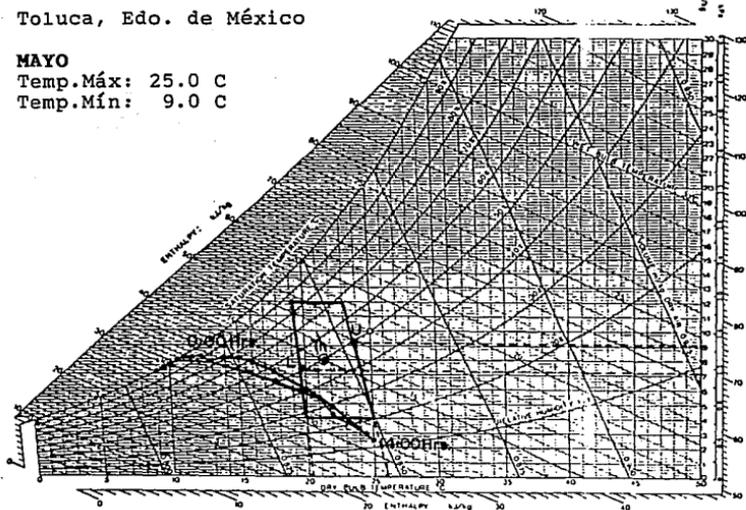
Temperatura y Humedad Relativa  
Horaria (0 a 24 Hrs.)

Toluca, Edo. de México

**MAYO**

Temp.Máx: 25.0 C

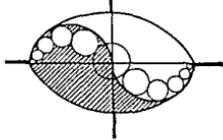
Temp.Mín: 9.0 C



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

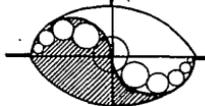
1994



## CONCLUSIONES DEL CLIMA

Después de analizar los datos climáticos de Toluca, y de haberlos pasado al diagrama psicrométrico, tenemos las siguientes conclusiones:

- 1) En general durante todo el año se está por debajo de la temperatura de confort (22 a 28°C) siendo muy marcado este hecho en el mes de Enero (16.4°C y 3.1°C) y especialmente en la madrugada.
- 2) Solo hay un mes en que en algunas horas del día se tienen temperaturas de confort. Dicho mes es mayo (25°C y 9°C).
- 3) A lo largo del año la humedad relativa media se mantiene dentro de los límites de confort propuestos por Givoni (40 al 80%).
- 4) En cuanto a los vientos son un factor importante a considerar ya que los vientos dominantes son fríos y provienen del Norte y Noreste que es una zona de la edificación que no recibe radiación solar mas que unos pocos días en verano (análisis solar exterior).
- 5) La nubosidad del lugar es importante en la disminución de la radiación solar sobre todo en el mes crítico (enero).
- 6) En conclusión tenemos que el clima es frío a lo largo del año por lo que la estrategia general a seguir será calentamiento.



# RADIACION SOLAR

Una condición indispensable para diseñar térmicamente una habitación o un dispositivo solar eficiente es determinar de manera adecuada la radiación solar disponible; sin embargo, la disponibilidad de radiación solar no puede calcularse exactamente debido a su irregularidad como resultado de las variaciones diarias, estacionales y anuales, y de lo impredecible del clima. A pesar de ello, existen herramientas de cálculo para aproximar valores de la radiación solar esperada, con precisión suficiente para los requerimientos arquitectónicos y de ingeniería. Dichas herramientas se apoyan en las características climáticas locales y en los estudios estadísticos respectivos.

## DISPONIBILIDAD DE LA RADIACION SOLAR

La cantidad de radiación que incide sobre un plano normal a la dirección de la insolación, fuera de la atmósfera terrestre, es de aproximadamente  $1392 \text{ w/m}^2$ , según ha sido medido por diversos laboratorios en órbita terrestre. Esta cantidad varía aparentemente en la tercera cifra decimal, además de las variaciones estacionales (+ 3.5 % en enero y - 3.5 % en julio), aunque dicha variación puede imputarse a error de medición; así, se habla de la **constante solar**,  $I_{sc} = 1392 \text{ w/m}^2$ .

Esta magnitud de radiación solar incidente sobre un plano, o insolación, es el máximo valor posible de obtener fuera de la atmósfera, sin concentración. Diversos factores reducen considerablemente dicho valor; uno de los más importantes es la dispersión de la radiación a su paso por la atmósfera. Debe señalarse que esa dispersión depende de la masa de aire a atravesar, por lo cual aumenta con la latitud, y que repercute en una atenuación mayor, para un sitio y una estación dados, lejos del mediodía. Este mecanismo de atenuación es responsable de buena parte de las variaciones estacionales.

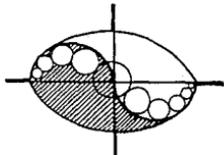
La magnitud de la radiación se altera también a lo largo del año debido a la variación estacional como resultado de la inclinación del eje terrestre con respecto al plano de traslación, y de la variación de la duración del día solar, o *longitud* del día en todo el planeta, excepto en el

---

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



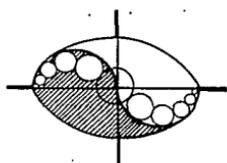
ecuador. Dado que la inclinación del eje terrestre es de aproximadamente  $23^{\circ} 27'$ , entonces, en el intervalo de paralelos terrestres de latitud  $23^{\circ} 27' N$  a  $23^{\circ} 27' S$ , hay al menos un día del año en el cual el Sol al mediodía se observa verticalmente sobre el lugar. Esta región, limitada al norte por el Trópico de Cáncer y al sur por el Trópico de Capricornio, es la de *máxima radiación solar* en el planeta. El trópico de Cáncer cruza a la República Mexicana por el extremo sur de Baja California Sur y Sinaloa, en el occidente, y por la zona sur de Tamaulipas en la costa del Golfo de México por lo que la República Mexicana se encuentra entre los países con mayor radiación solar en el mundo.

El complemento de  $23^{\circ} 27'$  define los círculos polares ártico y antártico, dentro de los cuales hay seis meses de  *día*  y seis de  *noche* . El resto del planeta, entre las latitudes de  $23^{\circ} 27'$  y  $66^{\circ} 33'$  (norte y sur) tiene un clima solar sumamente variable a lo largo del año, con días muy largos, de 14 a casi 24 horas en el verano, y proporcionalmente cortos en el invierno. La posición del Sol en el cenit (o zenit) coincide con el Trópico de Cáncer en el solsticio de verano el 21 de junio, y con el Trópico de Capricornio en el solsticio de invierno el 21 de diciembre, y con el ecuador en el equinoccio de primavera el 21 de marzo, y en el otoño el 22 de septiembre.

La naturaleza de estos movimientos terrestres es importante en la atenuación por masas de aire variables, pero el efecto estacional sobre las condiciones climáticas es más importante en las que a su vez cambian las características atmosféricas.

De hecho, se ha determinado que las condiciones atmosféricas producen el mayor efecto atenuador de la radiación solar. La energía del Sol se absorbe parcialmente en las capas atmosféricas más altas, de modo que se filtra prácticamente la totalidad de la radiación ultravioleta; esto es, la de longitud de onda menor a unas 0.2 micras. De ahí que el cielo claro se vea azul. El vapor de agua y diversos gases en la atmósfera absorben la radiación selectivamente, por lo que las nubes tienen un efecto devastador sobre los niveles de radiación solar recibida sobre un sitio cualquiera. Dada la naturaleza errática del clima, la predicción de la radiación solar terrestre es virtualmente imposible. Así, la estimación de la insolación disponible, para fines arquitectónicos y de ingeniería, se hace con base en información climatológica y registros históricos meteorológicos.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



## RADIACION SOLAR Y EDIFICACION

Para poder predecir la respuesta térmica al impacto de la radiación solar en una estructura determinada es importante conocer el flujo de la radiación solar directa en planos verticales. Para ello se requieren efectuar en México estudios detallados de los flujos de radiación solar (global, difusa y directa) en planos con diferentes orientaciones e inclinaciones. Estas mediciones deberán estar complementadas con otros parámetros atmosféricos.

A continuación se analizarán algunos de los puntos principales relacionados con el flujo de radiación solar y el diseño arquitectónico.

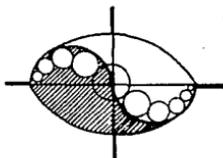
### ORIENTACION

La orientación de un edificio determina la cantidad de radiación solar incidente en sus diferentes planos verticales.

En la Ciudad de México (Lat.  $19.33^{\circ}$  N), durante el solsticio de verano, debido a la posición del sol (zenital), un plano horizontal recibe mucha mayor radiación solar que un plano vertical. Es importante hacer notar que debido a la latitud del lugar, la fachada norte de un edificio recibe más radiación que la fachada sur. Esto se debe a que el Sol se encuentra inclinado del lado norte de nuestro edificio.

Durante el solsticio de invierno tenemos menor cantidad de radiación solar debido principalmente al número de horas de insolación. La radiación en una superficie vertical orientada hacia el sur, aumenta y la que recibe una superficie horizontal disminuye. Este fenómeno se debe a que durante el solsticio de invierno el Sol se encuentra inclinado hacia la fachada sur del edificio. Por ende la cantidad de radiación solar es prácticamente igual en estas dos superficies.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



Los equinoccios nos muestran la cantidad de radiación solar que existe entre los dos extremos anteriores. En este caso un plano horizontal recibe aproximadamente más del doble de radiación solar que una superficie vertical.

Es igualmente patente la simetría existente con respecto a la cantidad de radiación solar incidente que tienen las fachadas este y oeste en todas las épocas del año.

## FORMA

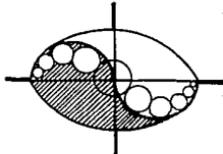
La forma también es un factor determinante en la cantidad de radiación solar (directa, difusa y reflejada del suelo) incidente en un edificio.

Las ganancias y/o pérdidas de calor se llevan a cabo a través de las superficies expuestas. Edificios que tienen el mismo volumen pero difieren en las superficies expuestas a los rayos solares, tienen diferentes ganancias y/o pérdidas de calor.

La relación entre la superficie y el volumen depende de las dimensiones del cuerpo. A medida que el volumen aumenta (vertical y horizontal), el impacto solar disminuye. Por lo tanto los espacios pequeños tienden a ser dependientes de sus envolturas y dominados por el medio ambiente exterior y por lo mismo el diseño de un microclima de soporte es de importancia, mientras que los espacios grandes tienden a ser dependientes de sus cargas internas.

Un edificio que se transforma de un carácter horizontal a uno vertical, cambia de no tener ninguna influencia debido a su orientación a ser regido totalmente por ella. Esto sucede en latitudes localizadas más allá del Trópico de Cáncer en el cuál los planos verticales reciben mayor radiación solo en los meses de invierno. Sin embargo para latitudes por debajo del Trópico de Cáncer, el fenómeno se invierte ya que a medida que nos acerquemos al Ecuador, las superficies horizontales recibirán mucha mayor radiación solar.

En un edificio que se transforma de una placa horizontal a una torre, tendremos que la placa horizontal no tendrá influencia por su orientación, así mismo en el proceso de transformación, el cuerpo paralelepípedo llegará a tener una influencia máxima mientras que la torre, debido a sus proporciones, volverá a no tener influencia alguna por la orientación.



Lo mencionado será igualmente cierto para localidades por encima del Trópico de Cáncer, sin embargo a medida que nos acercamos al Ecuador tanto la torre como el cuerpo paralelepípedo tendrán mucha menor influencia que un cuerpo horizontal.

## ENVOLTURA

La envoltura o piel del edificio separa el medio ambiente interno del externo modificando el impacto climático. La envoltura se compone generalmente de dos tipos de elementos: opacos (materiales de construcción) y transparentes (vidrio).

**Materiales opacos:** El primer control en el flujo de la radiación solar, se encuentra en la superficie del material. La radiación solar (onda corta) se absorbe, se refleja y/o se transmite por la superficie durante el día y se emite como radiación de onda larga durante la noche.

La temperatura en la superficie externa depende de la orientación, de su textura y de su color. Este último entre más oscuro absorberá más radiación y por lo tanto su temperatura será mucho mayor que la temperatura externa.

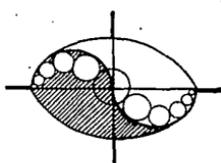
La variación diurna de la temperatura en la superficie del material produce una oscilación de la temperatura dentro del espacio habitable. Las temperaturas exteriores sufren un retraso y un decremento antes de llegar al interior. Esta variación depende de las propiedades térmicas de los materiales así como también de su espesor y su densidad.

Las propiedades térmicas de los materiales son su resistencia térmica y su capacidad para almacenar calor. Bajo condiciones de flujo de calor dinámico (diseño pasivo), las fluctuaciones de la temperatura son determinadas por el efecto combinado de las dos propiedades térmicas antes mencionadas.

**Materiales transparentes:** Una de las propiedades más importantes de los materiales transparentes o translúcidos como el vidrio, el cristal y/o ciertos plásticos, es su habilidad para transmitir un máximo de radiación solar (onda corta).

Las propiedades óptico-solares (transmisión, reflexión y absorción) del vidrio dependen de su composición y espesor, de la calidad de su superficie, de la longitud de onda, de la radiación

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



incidente y del ángulo de incidencia de los rayos del sol. El ángulo de incidencia regula la intensidad de la radiación solar así como también la habilidad del vidrio para reflejar, absorber y transmitir el rayo solar.

La energía reflejada no tiene ningún efecto térmico para el interior del edificio. La energía que se absorbe es disipada hacia cualquiera de sus lados y la energía que se transmite es almacenada en el interior. El vidrio se puede dividir de acuerdo a sus propiedades óptico-solares en diferentes tipos. Los principales son: vidrio claro, vidrio absorbente y vidrio reflejante.

*Vidrio Claro* - Este tipo de vidrio es utilizado comunmente para la ventanería. Si se incrementa su espesor se incrementa con ello su contenido de hierro que a su vez reduce la transmisión de energía solar e incrementa la absorción del calor en el vidrio.

*Cristal absorbente* - Este tipo de cristal se caracteriza por la alta absorción en la parte infrarroja del espectro, reduciendo una parte de la luz visible debido al gran contenido de óxido de hierro en sus componentes. La energía que se absorbe es rerradiada al exterior e interior del cristal. La energía solar que absorbe el cristal eleva su temperatura.

*Cristal reflejante* - Este tipo de cristales poseen una capa de oro, plata o níquel sobre su superficie. Con ello tienen una excelente capacidad para reflejar la parte infrarroja del espectro solar. Debido a ésto, este tipo de cristales elimina el paso del calor sin perjudicar el paso de la luz. El grado de control de calor solar y transmisión de luz, estan determinados por la densidad de la capa metálica. La radiación solar reflejada, tiende a sobrecalentar superficies o fachadas de edificios adyacentes y provoca también problemas de deslumbramientos.

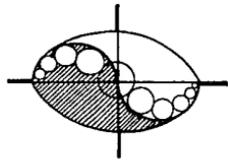
Datos obtenidos del artículo de radiación solar por el Arq. Leonardo Zeevaert del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

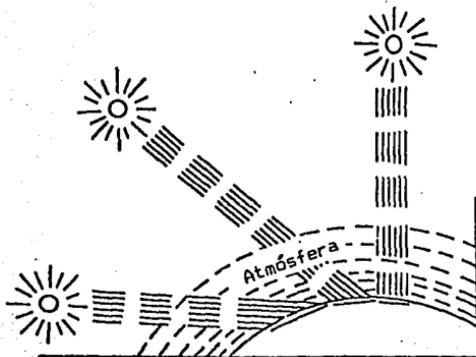
---

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

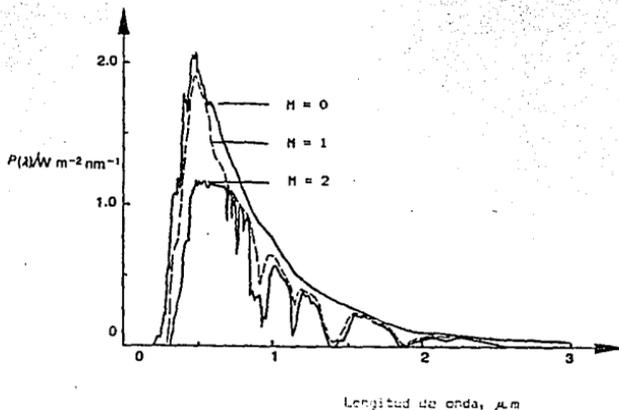
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



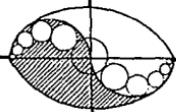


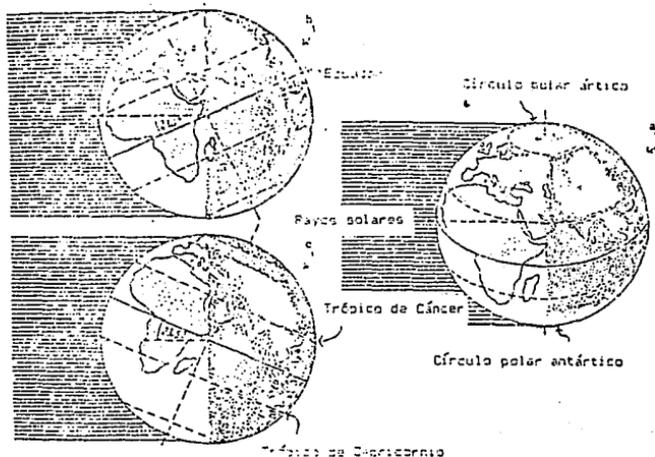
Masa de aire contra latitud. A mayor distancia recorrida, mayor es la pérdida de radiación solar por dispersión atmosférica.



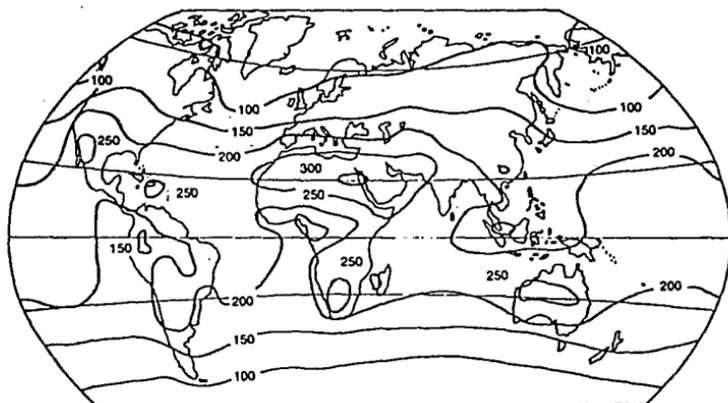
Distribución espectral de la energía solar sobre una superficie horizontal, para varias masas de aire  $M$ .  $M=0$  representa la distribución espectral para radiación libre de atmósfera cuya área bajo la curva es el valor  $I_{sc}$ . Para  $M=1$  típica de regiones ecuatoriales al mediodía, y para masas de aire  $M=2$ , características de la región norte de los Estados Unidos al mediodía.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



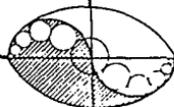


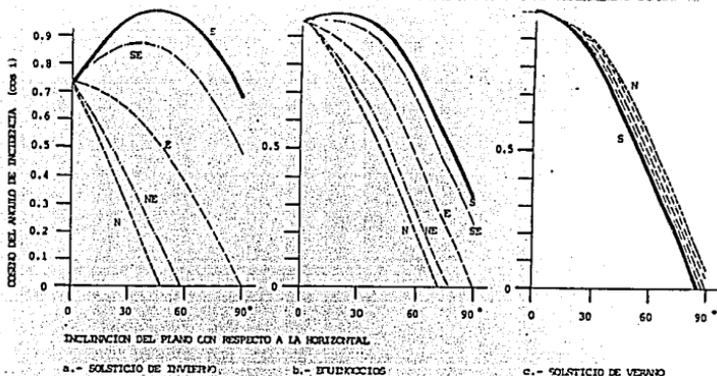
Posición de la Tierra con respecto a los rayos solares para equinoccios de primavera y otoño (a), solsticio de verano (b), y solsticio de invierno (c). El Sol se muestra en el cenit.



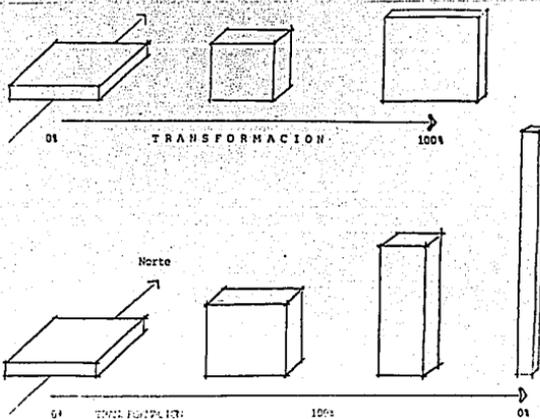
Irradiancia global media anual sobre un plano horizontal (líneas de igual flujo, o Isopletas, en  $w/m^2$ ). Para calcular la insolación diaria media, en  $Kw/m^2$ , multiplicar el valor de la Isopleta por  $(24/1000)$ .

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



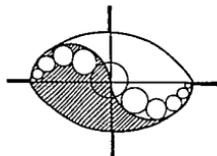


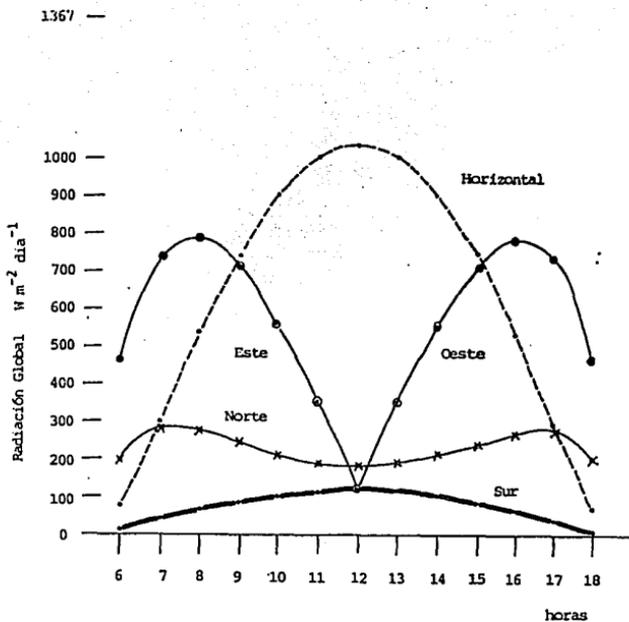
Relación entre el ángulo de incidencia, la inclinación de la superficie con respecto a la horizontal y su orientación, a las 12:00 hrs. en la Ciudad de México. Latitud  $19.33^{\circ}$ N.



Influencia de la radiación solar incidente sobre un cuerpo orientado Norte-Sur que varía en su forma.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

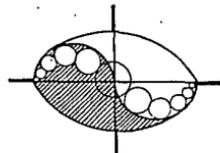




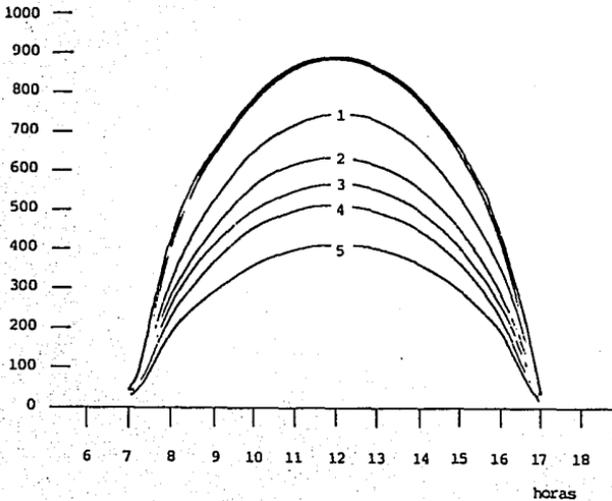
Radiación total diaria (directa + difusa + reflejada del suelo) incidente en una superficie horizontal y en superficies verticales con diferentes orientaciones bajo condiciones de días despejados en la Ciudad de México (Lat. 19.33°N) durante el solsticio de Verano.

Fuente: Zeevaert, L.B. (1981).

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



1367 —



- 1.- 3mm Vidrio claro 90/88.
- 2.- 6mm Cristal flotado (doble).
- 3.- 6mm Flotado bronce 50/68.
- 4.- 6mm Filtrasol 42/61.
- 5.- 6mm Filtrasol + 6mm Cristal flotado.

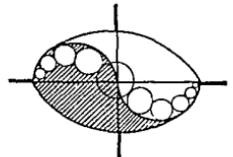
Transmisión de la radiación solar através de 1 m<sup>2</sup> de ventana (vertical), utilizando diversos tipos de cristal bajo condiciones de días despejados en una latitud aprox. de 30°N en el solsticio de invierno.

Fuente: Zeevaert, L.B. (1981).

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



## PROGRAMA PARA CALCULAR LA RADIACION HORARIA EN TOLUCA, ESTADO DE MEXICO

A continuación se presenta un programa que fué realizado en la clase de "Temas Selectos de Heliodiseño" a cargo del Ing. Rodolfo Martínez Strevel. Dicho programa esta dividido en tres secciones:

1) Irradiación global diaria (promedio mensual) incidente sobre planos inclinados al sur (Las inclinaciones son latitud del lugar, latitud + 10° y latitud - 10°).

2) Irradiación global diaria (promedio mensual) para planos inclinados con ángulo acimutal variable (en este caso 21° W para el proyecto específico en Toluca).

3) Irradiación solar horaria sobre un plano con inclinación y acimut variable.

Este programa es necesario, ya que sólo se dispone de datos promedio mensual del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., y para los cálculos de cargas térmicas dentro de la edificación, se requieren datos horarios de los meses de diseño.

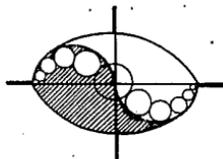
Los datos usados en el programa antes citado, se tomaron de la publicación "*Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana*" de los autores Rafael Almanza Salgado (Investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM), Estrada Cajigal Ramírez (Asesor externo) y Joel Barrientos Avila (Becario del Instituto de Ingeniería UNAM), de las Series del Instituto de Ingeniería (No. 543), septiembre de 1992.

La información obtenida corresponde a Toluca, Edo. de México y es un *promedio de irradiación global diaria en MJ/m<sup>2</sup>*.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



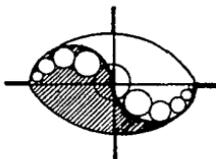
## VARIABLES USADAS EN EL PROGRAMA DE RADIACION SOLAR

n	Día juliano (0 a 365).
Día	Día representativo de cada mes (Klein).
ws	Angulo horario en el ocaso plano horizontal.
s1	Subíndice que indica Latitud del lugar.
s2	Subíndice que indica Latitud del lugar + 10°.
s3	Subíndice que indica Latitud del lugar - 10°.
w's1,2,3	Valor menor entre ws y ws1,2,3.
Ho	Radiación extraterrestre.
H	Promedio de irradiación global diaria mensual en Mj/m2 (plano horizontal).
KT	Factor de claridad.
Hd	Radiación difusa.
Rb	Factor de nubosidad, contenido de vapor de agua y concentración de partículas.
Hb	Radiación directa.
Ht1,2,3	Promedio de irradiación global diaria mensual en Mj/m2 (Latitud del lugar, Lat. +10° y Lat. - 10°).
Hd/H	Factor de claridad (Liu y Jordan).
p	Reflectividad del piso (0.2 normal y 0.7 nieve).
A,B	Constantes para calcular wss y wsr.
wss	Angulo horario al atardecer (sunset) con acimut variable.
wsr	Angulo horario al amanecer (sunrise) con acimut variable.
R	Corrección de Rb por inclinación del plano.
w	Angulo horario.
rd	Cociente de la irradiación difusa horaria entre la irradiación difusa diaria (Hdh/Hd).

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

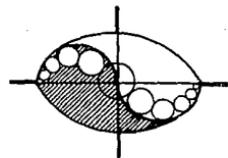


rg	Cociente de la irradiación global horaria entre la irradiación global diaria (Hh/H).
a,b	Constantes para el cálculo de rg.
Hdh	Irradiación difusa horaria en w/m2.
Hbh	Irradiación directa horaria en w/m2.
Hth	Irradiación global horaria en w/m2.

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



IRRADIACION GLOBAL DIARIA (PROMEDIO MENSUAL)  
INCIDENTE SOBRE PLANOS INCLINADOS HACIA EL SUR

CIUDAD : Toluca, Edo. de Mexico.  
LATTITUD : 19.3 N  
LONGITUD : 99.66 W  
Altitud : 2680 m.s.n.m.  
Constante solar en MJ/m2 hr 4.9212

1 : s = Latitud del lugar 19.3  
2 : s = Latitud del lugar + 10 29.3  
3 : s = Latitud del lugar - 10 9.3

p : Reflectividad del piso (albedo) 0.2

MES	Dia	n	Declina- cion	ws	ws1	ws2	ws3
ene	17.00	17	-20.92	82.31	90.00	93.86	86.14
Feb	16.00	47	-12.95	85.38	90.00	92.32	87.68
mar	16.00	75	-2.42	89.15	90.00	90.43	89.57
abr	15.00	105	9.41	93.33	90.00	88.33	91.67
may	15.00	135	18.79	96.84	90.00	86.56	93.44
jun	11.00	162	23.09	98.59	90.00	85.69	94.31
jul	17.00	198	21.18	97.80	90.00	86.08	93.92
ago	14.00	226	14.11	95.05	90.00	87.46	92.54
sep	15.00	258	2.22	90.78	90.00	89.61	90.39
oct	15.00	288	-9.60	86.60	90.00	91.71	88.29
nov	14.00	318	-18.91	83.11	90.00	93.46	86.54
dic	10.00	344	-23.05	81.43	90.00	94.30	85.70

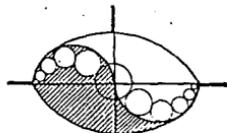
MES	w's1	w's2	w's3	Ho	H	KT	Hd/H
					InqUNAM		
ene	82.31	82.31	82.31	27.31	15.8	0.58	0.31
feb	85.38	85.38	85.38	31.01	17.8	0.57	0.31
mar	89.15	89.15	89.15	34.95	19.2	0.55	0.33
abr	90.00	88.33	91.67	37.96	19.3	0.51	0.36
may	90.00	86.56	93.44	39.21	18.7	0.48	0.39
jun	90.00	85.69	94.31	39.40	18.7	0.47	0.39
jul	90.00	86.08	93.92	39.16	17.5	0.45	0.42
ago	90.00	87.46	92.54	38.35	17.5	0.46	0.41
sep	90.00	89.61	90.39	35.90	16.7	0.47	0.40
oct	86.60	86.60	86.60	32.05	15.7	0.49	0.38
nov	83.11	83.11	83.11	28.11	15.2	0.54	0.34
dic	81.43	81.43	81.43	26.15	13.9	0.53	0.35

\* Nota : w's1, w's2 y w's3 deben colocarse manualmente comparando ws con ws1 y escogiendo el valor menor.

ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

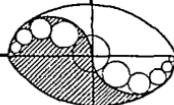
1994



MES	Rb1	Rb2	Rb3	R1	R2	R3
ene	1.31	1.42	1.17	1.21	1.28	1.12
feb	1.20	1.26	1.11	1.14	1.17	1.08
mar	1.08	1.08	1.06	1.05	1.05	1.04
abr	0.97	0.91	1.00	0.98	0.93	1.00
may	0.89	0.79	0.96	0.93	0.86	0.97
jun	0.85	0.74	0.94	0.90	0.83	0.96
jul	0.87	0.76	0.95	0.92	0.85	0.97
ago	0.93	0.85	0.98	0.95	0.90	0.99
sep	1.04	1.01	1.03	1.02	0.99	1.02
oct	1.16	1.20	1.09	1.10	1.11	1.06
nov	1.28	1.38	1.15	1.18	1.24	1.10
dic	1.35	1.47	1.18	1.22	1.30	1.12

MES	Ht1	Ht2	Ht3
ene	19.18	20.28	17.62
feb	20.24	20.83	19.19
mar	20.21	20.07	19.90
abr	18.84	18.01	19.27
may	17.31	16.11	18.19
jun	16.90	15.53	17.98
jul	16.04	14.85	16.94
ago	16.65	15.72	17.25
sep	16.98	16.59	17.00
oct	17.22	17.45	16.60
nov	18.00	18.86	16.73
dic	17.01	18.06	15.57

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



IRRADIACION GLOBAL DIARIA (PROMEDIO MENSUAL)  
 PARA PLANOS INCLINADOS CON ANGULO ACIMUTAL  
 VARIABLE

CIUDAD : Toluca, Edo. de Mexico.  
 LATITUD : 19.3 N  
 LONGITUD : 99.66 W  
 ALTITUD : 2,680 m.s.n.m.

Constante Solar en MJ/m<sup>2</sup> hr : 4.9212

Acimut : 21 W

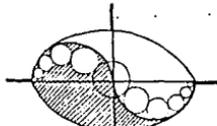
P= Reflectividad del piso : 0.2

1 : s = Latitud del lugar 19.3  
 2 : s = Latitud del lugar + 10 29.3  
 3 : s = Latitud del lugar - 10 9.3

MES	Dia	n	Declina- cion	H InGUNAM	s1	A s2	s3
ene	17.00	17	-20.92	15.80	8.38	5.55	16.94
feb	16.00	47	-12.95	17.80	8.38	5.55	16.94
mar	16.00	75	-2.42	19.20	8.38	5.55	16.94
abr	15.00	105	9.41	19.30	8.38	5.55	16.94
may	15.00	135	18.79	18.70	8.38	5.55	16.94
jun	11.00	162	23.09	18.70	8.38	5.55	16.94
jul	17.00	198	21.18	17.50	8.38	5.55	16.94
ago	14.00	226	14.11	17.50	8.38	5.55	16.94
sep	15.00	258	2.22	16.70	8.38	5.55	16.94
oct	15.00	288	-9.60	15.70	8.38	5.55	16.94
nov	14.00	318	-18.91	15.20	8.38	5.55	16.94
dic	10.00	344	-23.05	13.90	8.38	5.55	16.94

MES	B			ws	wsr		
	s1	s2	s3		s1	s2	s3
ene	0.07	-0.31	1.21	82.31	96.35	103.37	89.28
feb	0.04	-0.19	0.73	85.38	96.53	102.11	90.91
mar	0.01	-0.03	0.13	89.15	96.75	100.56	92.92
abr	-0.03	0.14	-0.53	93.33	97.00	98.83	95.15
may	-0.06	0.28	-1.08	96.84	97.21	97.39	97.02
jun	-0.07	0.35	-1.35	98.59	97.31	96.68	97.95
jul	-0.07	0.32	-1.23	97.80	97.26	97.00	97.53
ago	-0.04	0.20	-0.80	95.05	97.10	98.13	96.07
sep	-0.01	0.03	-0.12	90.78	96.85	99.89	93.79
oct	0.03	-0.14	0.54	86.60	96.60	101.61	91.57
nov	0.06	-0.28	1.09	83.11	96.40	103.04	89.71
dic	0.07	-0.35	1.35	81.43	96.30	103.73	88.81

ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



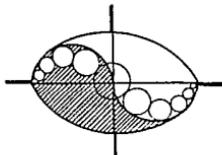
MES	wss			wsr'		
	s1	s2	s3	s1	s2	s3
ene	82.74	82.96	82.52	82.31	82.31	82.31
feb	82.92	81.70	84.16	85.38	85.38	85.38
mar	83.15	80.14	86.17	89.15	89.15	89.15
abr	83.39	78.42	88.40	93.33	93.33	93.33
may	83.60	76.98	90.27	95.11	94.25	95.98
jun	83.70	76.26	91.19	95.17	93.46	96.88
jul	83.66	76.58	90.78	95.14	93.82	96.48
ago	83.49	77.71	89.32	95.05	95.05	95.05
sep	83.24	79.47	87.04	90.78	90.78	90.78
oct	83.00	81.19	84.81	86.60	86.60	86.60
nov	82.79	82.63	82.95	83.11	83.11	83.11
dic	82.69	83.32	82.06	81.43	81.43	81.43

MES	wss'			Rb			
	s1	s2	s3	s1			
ene	82.31	82.31	82.31	-0.02	1.84	0.00	1.41
feb	84.95	84.74	85.17	-0.01	1.93	0.00	1.61
mar	85.07	83.02	87.12	0.00	1.98	-0.01	1.84
abr	85.19	81.11	89.29	0.01	1.95	-0.02	2.04
may	85.30	79.51	91.11	0.02	1.87	-0.02	2.13
jun	85.35	78.72	92.01	0.03	1.82	-0.02	2.16
jul	85.33	79.08	91.60	0.02	1.84	-0.02	2.15
ago	85.25	80.33	90.18	0.02	1.92	-0.02	2.09
sep	85.12	82.28	87.97	0.00	1.98	-0.01	1.93
oct	84.99	84.18	85.80	-0.01	1.95	0.00	1.69
nov	83.11	83.11	83.11	-0.02	1.86	0.00	1.46
dic	81.43	81.43	81.43	-0.02	1.81	0.00	1.35

\* Nota : wss' y wsr' deben colocarse manualmente comparandolos con ws escogiendo el valor menor.

MES	Rb			
		s2		
ene	0.15	1.80	0.00	1.41
feb	0.10	1.89	0.00	1.61
mar	0.02	1.94	-0.02	1.84
abr	-0.07	1.91	-0.04	2.04
may	-0.14	1.83	-0.04	2.13
jun	-0.17	1.77	-0.04	2.16
jul	-0.16	1.80	-0.04	2.15
ago	-0.11	1.87	-0.04	2.09
sep	-0.02	1.94	-0.03	1.93
oct	0.07	1.91	-0.01	1.69
nov	0.13	1.83	0.00	1.46
dic	0.16	1.77	0.00	1.35

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

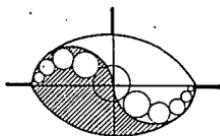


MES	Rb			Rb			Rb
		s3		s1	s2	s3	
ene	-0.19	1.82	0.00	1.41	1.29	1.38	1.16
feb	-0.12	1.91	0.00	1.61	1.19	1.23	1.11
mar	-0.02	1.96	0.00	1.84	1.07	1.05	1.05
abr	0.10	1.93	0.00	2.04	0.96	0.88	1.00
may	0.19	1.85	0.00	2.13	0.88	0.77	0.96
jun	0.24	1.80	0.00	2.16	0.84	0.72	0.94
jul	0.22	1.82	0.00	2.15	0.86	0.74	0.95
ago	0.14	1.90	0.00	2.09	0.92	0.82	0.98
sep	0.02	1.96	0.00	1.93	1.02	0.98	1.03
oct	-0.09	1.93	0.00	1.69	1.15	1.17	1.09
nov	-0.17	1.84	0.00	1.46	1.26	1.34	1.14
dic	-0.20	1.79	0.00	1.35	1.32	1.43	1.17

MES	Ho	Kt	Hd/H	R		
				s1	s2	s3
ene	27.31	0.58	0.31	1.20	1.26	1.11
feb	31.01	0.57	0.31	1.12	1.15	1.07
mar	34.95	0.55	0.33	1.04	1.03	1.03
abr	37.96	0.51	0.36	0.97	0.92	1.00
may	39.21	0.48	0.39	0.92	0.85	0.97
jun	39.40	0.47	0.39	0.90	0.82	0.96
jul	39.16	0.45	0.42	0.91	0.84	0.97
ago	38.35	0.46	0.41	0.94	0.88	0.98
sep	35.90	0.47	0.40	1.01	0.98	1.02
oct	32.05	0.49	0.38	1.09	1.09	1.05
nov	28.11	0.54	0.34	1.17	1.22	1.09
dic	26.15	0.53	0.35	1.21	1.27	1.11

MES	Ht		
	s1	s2	s3
ene	18.91	19.89	17.49
feb	20.02	20.49	19.08
mar	20.01	19.71	19.82
abr	18.68	17.68	19.23
may	17.21	15.85	18.18
jun	16.83	15.32	17.98
jul	15.96	14.65	16.93
ago	16.53	15.44	17.22
sep	16.84	16.32	16.95
oct	17.05	17.17	16.53
nov	17.78	18.52	16.62
dic	16.77	17.69	15.45

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



CALCULO DE LA IRRADIACION SOLAR HORARIA  
SOBRE UN PLANO CON INCLINACION SUR

CIUDAD : Toluca, Edo. de Mexico.  
LATITUD : 19.3 N  
LONGITUD : 99.66 W  
ALTITUD : 2,680 m.s.n.m.

Constante Solar en MJ/m<sup>2</sup> hr : 4.9212

Acimut : 21 W

P= Reflectividad del piso : 0.2

l : s = Latitud del lugar 19.3

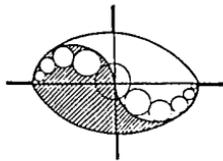
MES	Dia	n	Declina- cion	H IngUNAM	Ho	Kt	Hd/H
ene	17.00	17	-20.92	15.80	27.31	0.58	0.31
feb	16.00	47	-12.95	17.80	31.01	0.57	0.31
mar	16.00	75	-2.42	19.20	34.95	0.55	0.33
abr	15.00	105	9.41	19.30	37.96	0.51	0.36
may	15.00	135	18.79	18.70	39.21	0.48	0.39
jun	11.00	162	23.09	18.70	39.40	0.47	0.39
jul	17.00	198	21.18	17.50	39.16	0.45	0.42
ago	14.00	226	14.11	17.50	38.35	0.46	0.41
sep	15.00	258	2.22	16.70	35.90	0.47	0.40
oct	15.00	288	-9.60	15.70	32.05	0.49	0.38
nov	14.00	318	-18.91	15.20	28.11	0.54	0.34
dic	10.00	344	-23.05	13.90	26.15	0.53	0.35

MES	ws	Hd	Hb	Rb
ene	82.31	4.89	10.91	1.29
feb	85.38	5.57	12.23	1.19
mar	89.15	6.37	12.83	1.07
abr	93.33	7.02	12.28	0.96
may	96.84	7.30	11.40	0.88
jun	98.59	7.34	11.36	0.84
jul	97.80	7.31	10.19	0.86
ago	95.05	7.15	10.35	0.92
sep	90.78	6.69	10.01	1.02
oct	86.60	5.95	9.75	1.15
nov	83.11	5.14	10.06	1.26
dic	81.43	4.80	9.10	1.32

ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

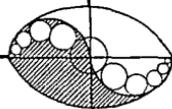
1994



IRRADIACION SOLAR HORARIA SOBRE UN  
PLANO HACIA EL SUR

Mes	Variable	H o r a r i o					
		7	8	9	10	11	12
		17	16	15	14	13	
	w	75	60	45	30	15	0
	ws	82.31	82.31	82.31	82.31	82.31	82.31
ENE	rd	0.02	0.06	0.09	0.12	0.14	0.14
	rg	0.01	0.05	0.08	0.12	0.14	0.15
	ws	85.38	85.38	85.38	85.38	85.38	85.38
FEB	rd	0.03	0.06	0.09	0.12	0.13	0.14
	rg	0.02	0.05	0.08	0.12	0.14	0.15
	ws	89.15	89.15	89.15	89.15	89.15	89.15
MAR	rd	0.03	0.07	0.09	0.11	0.13	0.13
	rg	0.02	0.05	0.09	0.11	0.13	0.14
	ws	93.33	93.33	93.33	93.33	93.33	93.33
ABR	rd	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.13
	rg	0.03	0.05	0.09	0.11	0.13	0.14
	ws	96.84	96.84	96.84	96.84	96.84	96.84
MAY	rd	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12
	rg	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.13
	ws	98.59	98.59	98.59	98.59	98.59	98.59
JUN	rd	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12
	rg	0.03	0.06	0.08	0.11	0.12	0.13
	ws	97.80	97.80	97.80	97.80	97.80	97.80
JUL	rd	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12
	rg	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.13
	ws	95.05	95.05	95.05	95.05	95.05	95.05
AGO	rd	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.12
	rg	0.03	0.06	0.08	0.11	0.13	0.13
	ws	90.78	90.78	90.78	90.78	90.78	90.78
SEP	rd	0.03	0.07	0.09	0.11	0.13	0.13
	rg	0.02	0.05	0.09	0.11	0.13	0.14
	ws	86.60	86.60	86.60	86.60	86.60	86.60
OCT	rd	0.03	0.06	0.09	0.12	0.13	0.14
	rg	0.02	0.05	0.08	0.12	0.14	0.15
	ws	83.11	83.11	83.11	83.11	83.11	83.11
NOV	rd	0.02	0.06	0.09	0.12	0.14	0.14
	rg	0.01	0.05	0.08	0.12	0.14	0.15
	ws	81.43	81.43	81.43	81.43	81.43	81.43
DIC	rd	0.02	0.06	0.09	0.12	0.14	0.14
	rg	0.01	0.05	0.08	0.12	0.14	0.15

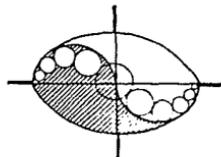
ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



CALCULO DE CONSTANTES.

a	a	a	a	a	a
7-17	8-16	9-15	10-14	11-13	12
0.47	0.60	0.71	0.81	0.87	0.91
0.50	0.62	0.73	0.82	0.88	0.91
0.53	0.65	0.76	0.84	0.89	0.91
0.57	0.68	0.78	0.86	0.90	0.91
0.60	0.71	0.80	0.87	0.91	0.91
0.61	0.72	0.81	0.88	0.91	0.90
0.60	0.72	0.81	0.87	0.91	0.91
0.58	0.70	0.79	0.86	0.90	0.91
0.55	0.67	0.77	0.85	0.90	0.91
0.51	0.63	0.74	0.83	0.88	0.91
0.48	0.61	0.72	0.81	0.87	0.91
0.47	0.59	0.71	0.80	0.87	0.90

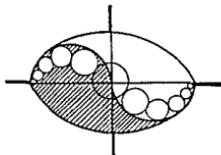
b	b	b	b	b	b
7-17	8-16	9-15	10-14	11-13	12.00
0.60	0.48	0.37	0.28	0.22	0.19
0.58	0.46	0.35	0.27	0.21	0.19
0.54	0.43	0.33	0.25	0.20	0.18
0.51	0.40	0.30	0.23	0.19	0.19
0.48	0.38	0.29	0.22	0.19	0.19
0.47	0.36	0.28	0.22	0.19	0.19
0.48	0.37	0.28	0.22	0.19	0.19
0.50	0.39	0.30	0.23	0.19	0.19
0.53	0.42	0.32	0.24	0.20	0.18
0.57	0.45	0.34	0.26	0.21	0.19
0.59	0.47	0.37	0.28	0.22	0.19
0.61	0.49	0.38	0.29	0.22	0.19



IRRADIACION SOLAR HORARIA SOBRE UN  
PLANO INCLINADO HACIA EL SUR

Mes	Variable	H o r a r i o					
		7	8	9	10	11	12
		17	16	15	14	13	
	w	75	60	45	30	15	0
ENE	Hh	56.46	203.56	369.97	522.77	629.99	668.53
	Hbh	28.63	122.02	242.30	359.71	444.68	475.64
	Hdh	27.83	81.54	127.67	163.06	185.31	192.90
	Hth	64.30	237.80	438.73	625.45	757.30	804.82
	Hh	85.31	243.67	419.05	578.33	689.42	729.25
FEB	Hbh	44.12	146.74	274.27	396.81	484.83	516.78
	Hdh	41.20	96.93	144.79	181.51	204.60	212.47
	Hth	92.86	269.66	468.45	650.42	777.90	823.68
	Hh	117.28	278.73	453.48	610.20	718.78	757.59
	Hbh	59.45	163.73	289.40	408.46	493.36	524.10
MAR	Hdh	57.83	114.99	164.08	201.74	225.42	233.50
	Hth	120.40	288.31	471.30	636.03	750.39	791.30
	Hh	142.22	294.64	455.99	598.88	697.19	732.22
	Hbh	68.19	164.26	277.23	382.99	457.96	485.03
	Hdh	74.03	130.37	178.76	215.89	239.23	247.19
ABR	Hth	138.01	285.57	441.61	579.72	674.71	708.55
	Hh	155.11	295.19	441.04	568.97	656.51	687.63
	Hbh	71.10	157.59	257.41	350.02	415.36	438.90
	Hdh	84.00	137.60	183.63	218.95	241.16	248.73
	Hth	142.03	272.57	407.25	524.75	604.90	633.35
MAY	Hh	162.93	299.41	440.43	563.56	647.60	677.44
	Hbh	75.53	160.35	257.02	346.12	408.77	431.30
	Hdh	87.40	139.06	183.41	217.44	238.84	246.14
	Hth	150.97	272.88	397.81	506.37	580.25	606.44
	Hh	149.22	278.45	412.44	529.67	609.78	638.23
JUN	Hbh	63.47	140.28	229.25	311.94	370.33	391.38
	Hdh	85.75	138.17	183.19	217.73	239.44	246.85
	Hth	138.74	256.43	377.41	482.71	554.45	579.90
	Hh	137.14	271.81	413.19	537.79	623.28	653.71
	Hbh	58.14	137.88	232.08	320.49	383.23	405.89
AGO	Hdh	79.00	133.93	181.10	217.30	240.05	247.82
	Hth	130.80	257.97	390.88	507.72	587.77	616.24
	Hh	110.59	247.62	394.62	525.79	616.42	648.77
	Hbh	45.70	125.29	222.96	316.27	383.10	407.33
	Hdh	64.88	122.33	171.67	209.52	233.32	241.43
SEP	Hth	110.44	248.47	397.17	530.17	622.17	655.04
	Hh	82.27	219.41	370.14	506.44	601.30	635.28
	Hbh	34.72	114.42	215.81	314.25	385.32	411.18
	Hdh	47.54	105.00	154.33	192.19	215.98	224.10
	Hth	86.47	234.43	399.44	549.84	654.96	692.68

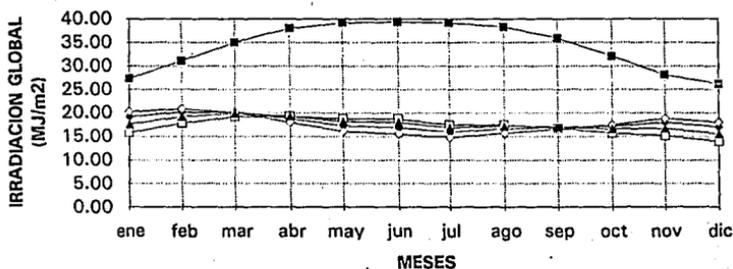
ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



IRRADIACION SOLAR HORARIA SOBRE UN  
PLANO INCLINADO HACIA EL SUR

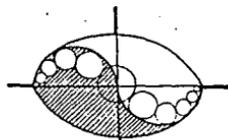
Mes	Variable	H o r a r i o					
		7	8	9	10	11	12
		17	16	15	14	13	
	w	75	60	45	30	15	0
NOV	Hh	59.37	199.22	356.52	500.53	601.42	637.66
	Hbh	27.66	112.44	222.44	330.16	408.24	436.70
	Hdh	31.71	86.78	134.08	170.37	193.18	200.96
	Hth	66.06	227.37	413.06	585.09	706.37	750.05
DIC	Hh	44.45	175.54	324.80	462.31	558.97	593.74
	Hbh	19.78	96.67	199.38	301.18	375.39	402.51
	Hdh	24.68	78.87	125.41	161.12	183.57	191.23
	Hth	50.37	205.39	387.19	557.19	677.62	721.09

RADIACION GLOBAL PLANO INCLINADO  
(MJ/m<sup>2</sup>)



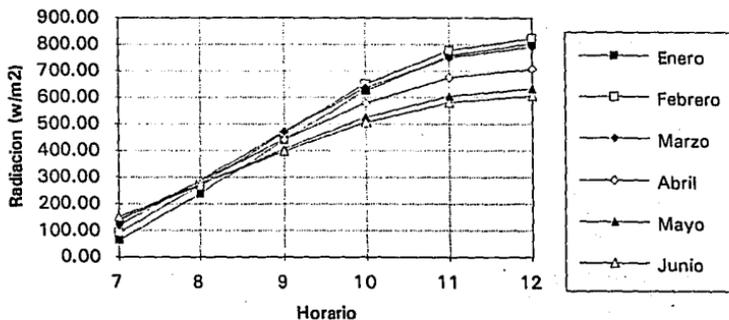
- Ho RADIACION EXTRATERRESTRE
- H PROMEDIO DE IRRADIACION GLOBAL DIARIA MENSUAL (PLANO HORIZONTAL)
- H1 PROMEDIO DE IRRADIACION GLOBAL DIARIA MENSUAL (PLANOS INCLINADOS)
- H11 LATITUD DEL LUGAR
- H12 LATITUD +10°
- H13 LATITUD -10°

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



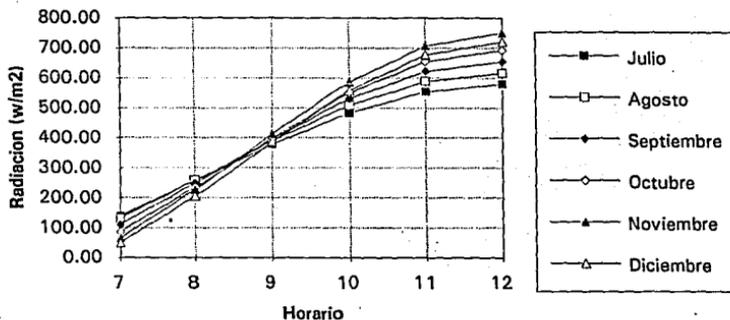
## IRRADIANCIA TOTAL HORARIA (Hth)

Inclinacion  $s =$  Latitud del lugar

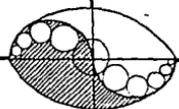


## IRRADIANCIA TOTAL HORARIA (Hth)

Inclinacion  $s =$  Latitud del lugar



# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# PROYECTO ARQUITECTONICO

## DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto arquitectónico que se presenta es el que se usó en el taller de Heliodiseño I de la Especialización en Heliodiseño. Es un proyecto de casa habitación no construido que se elaboró en el Taller de diseño IV de la Licenciatura en Arquitectura. Su ubicación es en Toluca, Estado de México, ya que a lo largo del año presenta un clima frío extremoso, que reúne las características didácticas ideales que se persiguen en la formación de los especialistas en heliodiseño. En este trabajo se presentan las plantas arquitectónicas, fachadas y cortes.

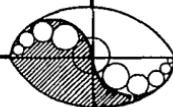
## PROGRAMA ARQUITECTONICO PARA CASA HABITACION DE NIVEL MEDIO ALTO

<u>ESPACIO</u>	<u>AREA (m<sup>2</sup>)</u>	<u>NUMERO PERSONAS</u>	<u>TIPO DE ZONA</u>	<u>ACTIVIDAD PRINCIPAL</u>	<u>HORARIO DE USO</u>
Recamara principal	20	2	Intima	Descansar	22:00 a 9:00
Sanitario rec. princ.	14	---	Intima	Aseo	22:00 a 9:00
Cuartos (2)	16 c/u	2	Intima	Descansar	20:00 a 9:00
Sanitario cuartos	6	---	Intima	Aseo	-----
Despacho	12	1	Intima	Trabajo	18:00 a 22:00

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

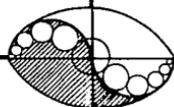
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



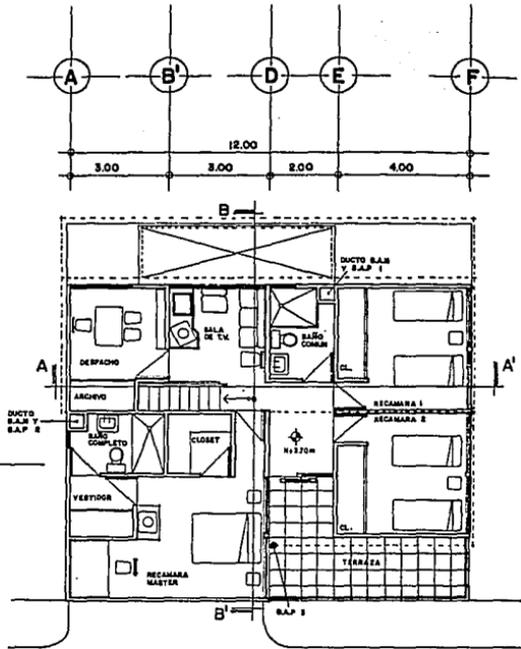
<u>ESPACIO</u>	<u>AREA (m2)</u>	<u>NUMERO PERSONAS</u>	<u>TIPO DE ZONA</u>	<u>ACTIVIDAD PRINCIPAL</u>	<u>HORARIO DE USO</u>
Terraza	12	---	Intima	Descanso	10:00 a 16:00
Sala de televisión	14	4	Intima	Convivencia	18:00 a 23:00
Estancia	18	6	Común	Convivencia	14:00 a 18:00
Comedor	18	6	Común	Alimentación	14:00 a 15:30
Cocina c/ desayunador	16	6	Común	Alimentación	7:00 a 10:00
Garage p/ dos autos	36	---	Común	-----	-----
Cuarto de servicio	10	1	Intima	Descanso	21:00 a 7:00
Sanitario cto. de serv.	5	---	Intima	Aseo	-----
Cuarto de lavado	6	1	Común	Lavado	18:00 a 20:00
Patio de servicio	12	---	Común	Servicios	-----

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL

## PLANTAS ARQUITECTONICAS CASA TIPO



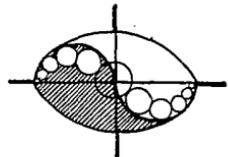
PLANTA  
ALTA



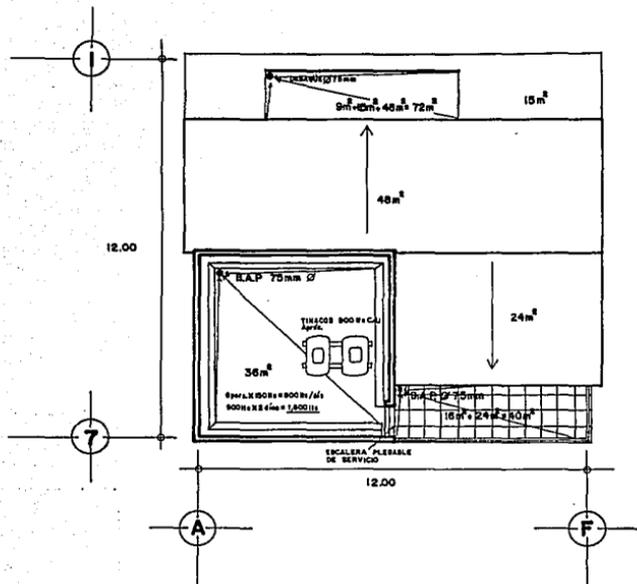
**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





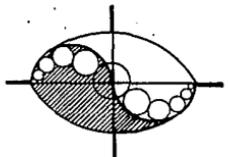


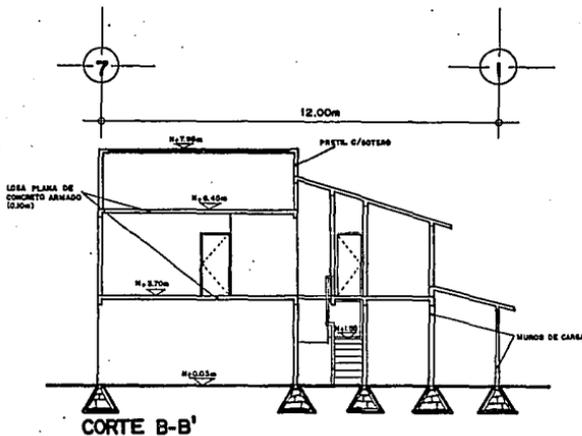
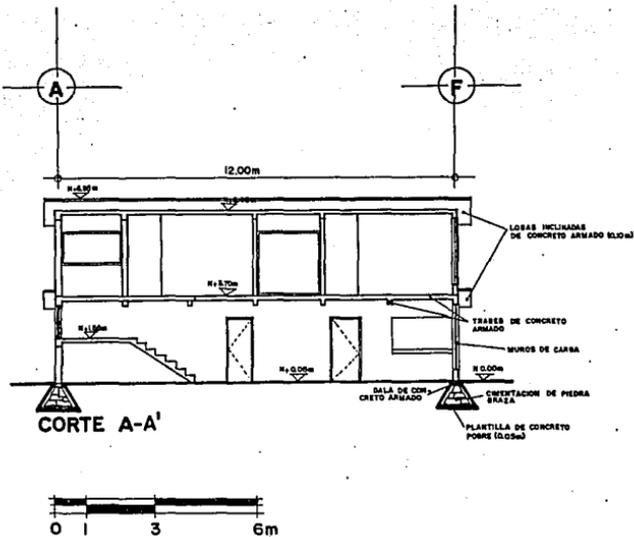
PLANTA  
DE  
TECHOS

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

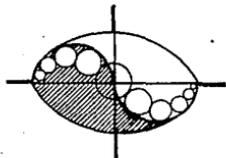


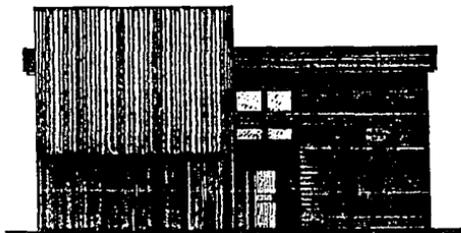
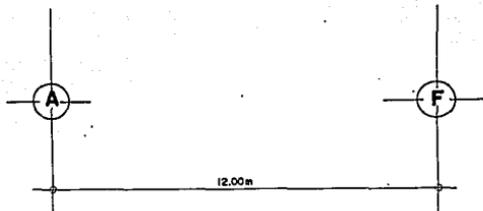


**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

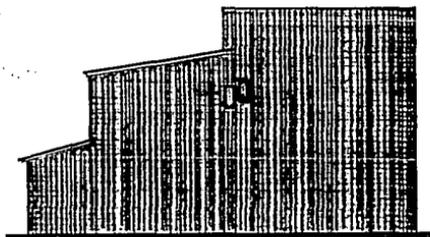
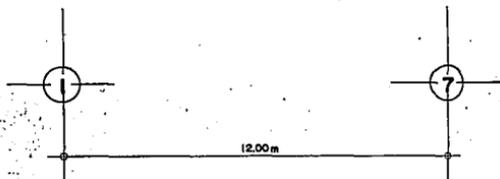
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





**FACHADA  
PONIENTE**

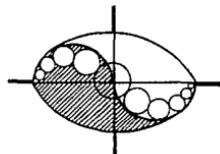


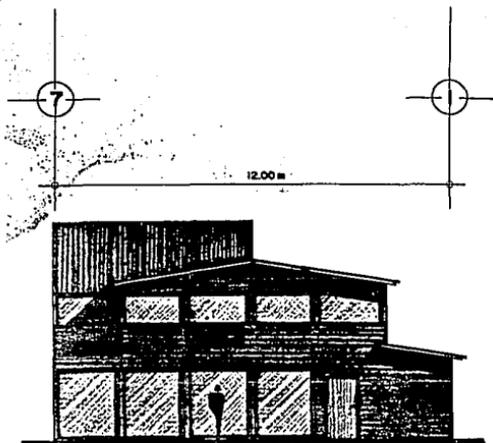
**FACHADA  
NORTE**

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

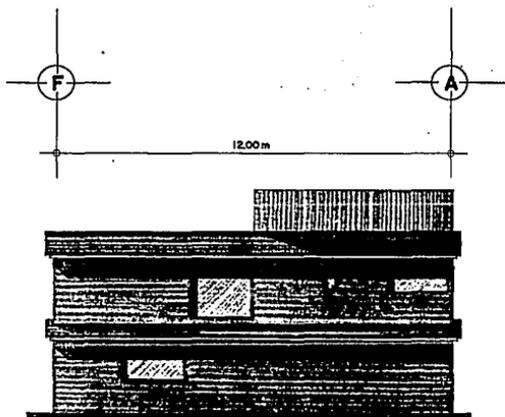
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





FACHADA  
SUR

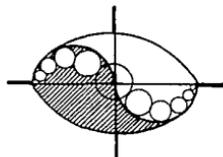


FACHADA  
ORIENTE

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





# GRAFICAS SOLARES

## CALCULO DE COORDENADAS POLARES DE POSICION SOLAR

Las coordenadas polares de posición solar son indispensables para la fabricación de gráficas solares como la cilíndrica y la equidistante que como se verá más adelante son herramientas poderosas para el análisis de un proyecto bioclimático.

Las fórmulas que se usan son las siguientes:

### ALTITUD

$$\text{sen}(a) = \cos(L) * \cos(d) * \cos(AH) + \text{sen}(L) * \text{sen}(d)$$

### ACIMUT

$$\cos(Ac) = \text{sen}(a) * \text{sen}(L) - \text{sen}(d) / \cos(a) * \cos(L)$$

### DECLINACION

$$d = 23.45 * \text{sen} (360 * (284 + n)/365) \quad \text{Fórmula de Cooper}$$

donde:

a es la altitud solar

L es la latitud del lugar

d es la declinación solar

AH es el ángulo horario

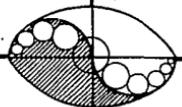
Ac es el ángulo acimutal

n es el día juliano (0 a 365)

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

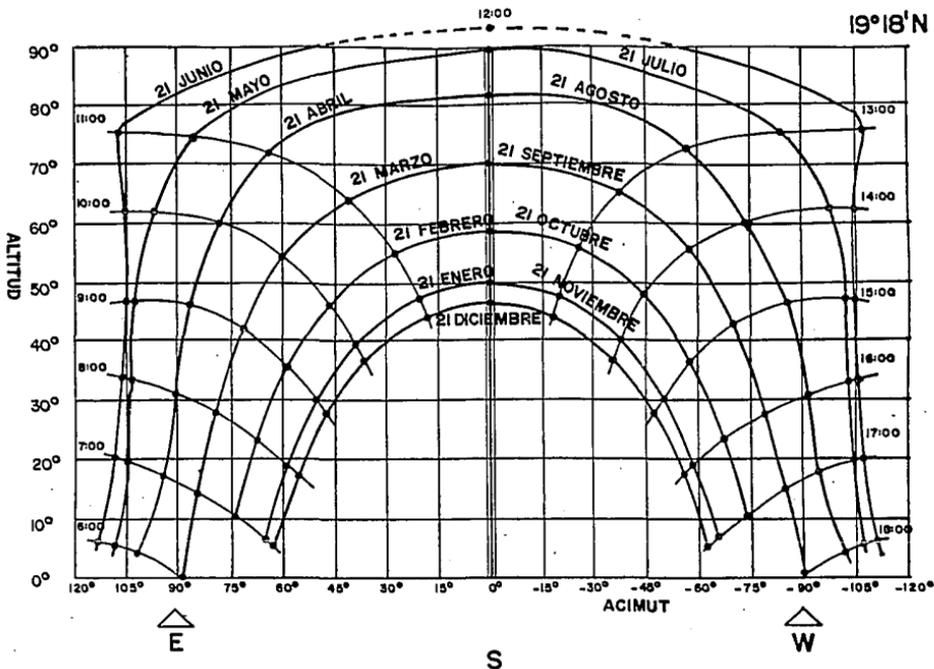
1994







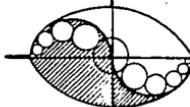
# GRAFICA SOLAR CILINDRICA



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

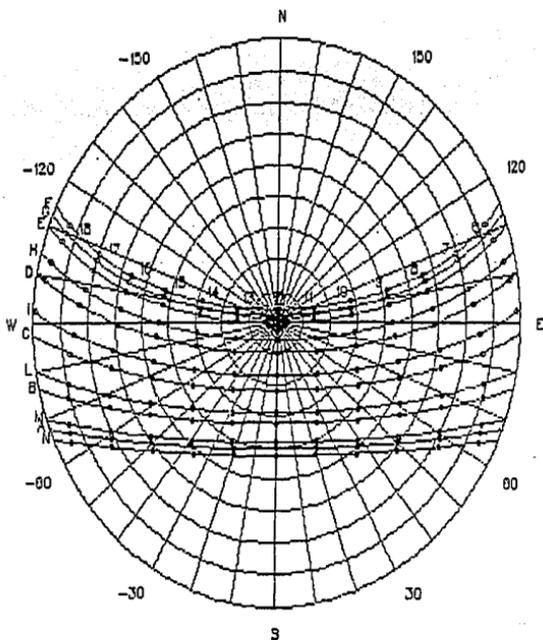
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# GRAFICA SOLAR EQUIDISTANTE

(ELABORADA POR EL PROGRAMA "SUNCHART" VERSION 1.0, MANCINI MASSIMO, ITALIA, 1991)



## CARTA DEL SOLE

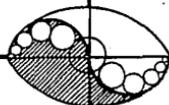
Latitudina 19° 15'

- |   |    |           |
|---|----|-----------|
| A | 17 | Gennaio   |
| B | 16 | Febbraio  |
| C | 16 | Marzo     |
| D | 15 | Aprile    |
| E | 15 | Maggio    |
| F | 11 | Giugno    |
| G | 17 | Luglio    |
| H | 16 | Agosto    |
| I | 15 | Settembre |
| L | 15 | Ottobre   |
| M | 14 | Novembre  |
| N | 10 | Dicembre  |

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994







## CONSTRUCCION DE UN HELIODON

El heliodón es una herramienta muy útil en el diseño bioclimático, ya que nos permite saber sobre una maqueta como incidirán los rayos solares en un día y hora determinados con bastante precisión. Se usan los mismos datos que en la construcción de las gráficas solares equidistante y cilíndrica, sin embargo su construcción o graficación es diferente.

La construcción del Heliodón se lleva a cabo en ocho pasos:

- 1) Se define la altura del gnómon (indicador o sombreador)
- 2) Se elige el punto de trazo inicial (normalmente el centro de una hoja carta). En este punto se colocará el gnómon.
- 3) Una línea vertical que cruce el gnómon será el eje Norte-Sur.
- 4) Se hace una tabla de longitudes de sombra usando los valores de altitud solar y la siguiente fórmula:

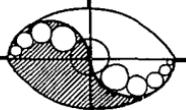
$$L.S. = \text{altura del gnómon} / \tan (\alpha)$$

después se toman los valores correspondientes al mediodía de los equinoccios trazando esa distancia a partir del gnómon hacia el norte (línea vertical hacia arriba del gnómon).

- 5) En el punto definido en el inciso cuatro se traza una línea horizontal (perpendicular al eje Norte-Sur) que definirá la línea de los equinoccios.
- 6) Se calcula el punto radial con la siguiente fórmula:

$$\text{Punto radial} = \text{altura del gnómon} / \tan (L)$$

en este punto convergen todas las líneas horarias, y se localiza al sur del gnómon.



7) Se traza la curva del solsticio de invierno (22 de diciembre). Al unir los puntos de las horas de esta curva con el punto radial nos dará las líneas horarias.

8) La línea horaria de las 6 y 18 horas será horizontal pasando por el punto radial.

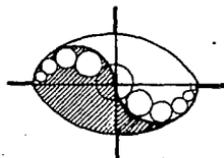
L.S. es la longitud de sombras.

Basado en "ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR APLICADAS AL DISEÑO ARQUITECTONICO", UNAM, Tesis doctoral, 1989, Raúl Reyes Reynoso.

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

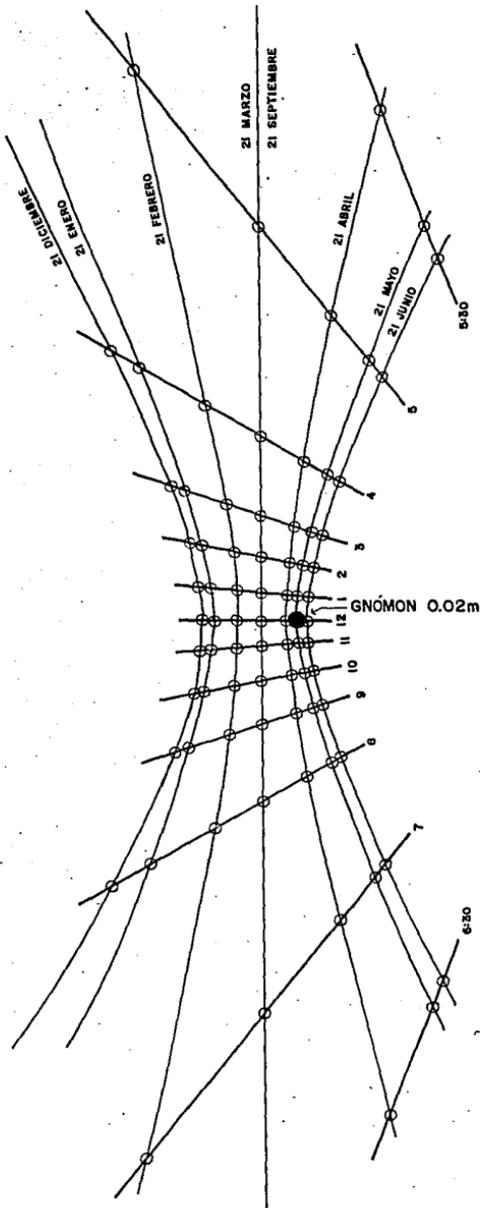
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# HELIODON 19°18' N

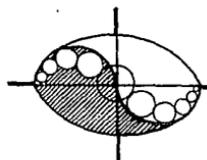
LONGITUD DE  
LA VARILLA



## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



## CONSTRUCCION DE UN RELOJ SOLAR

El reloj solar es otra herramienta, mucho más elaborada que el Heliodón, con el cuál se puede ver **con toda exactitud** sobre una maqueta que posición tendrán los rayos solares en un día y hora determinados. Su construcción o graficación se hace de la siguiente manera:

- 1) Se usa el heliodón que graficamos anteriormente como base para el reloj solar.
- 2) Sobre ésta base se trazarán los **analemas** considerando la hora solar verdadera en los cálculos de la altitud, acimut y longitudes de sombra con la siguiente fórmula:

$$\text{H.S.V.} = \text{Hof} + ((4 \text{ min} * (\text{Lstd} - \text{Lloc}) + \text{EOT} * 1 / 60)$$

donde:

**H.S.V.** es la hora solar verdadera

**Hof** es la hora oficial (impuesta por el gobierno)

**4 min** es la corrección de tiempo por cada grado de desviación entre **Lstd** y **Lloc**.

**Lstd** Longitud standard

**Lloc** Longitud local

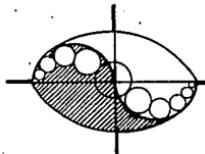
**EOT** es la ecuación del tiempo (De acuerdo a las leyes de Kepler "se barren áreas iguales en tiempos iguales de la tierra alrededor del Sol" y por eso el Sol se atrasa o adelanta en las distintas épocas del año. Este adelanto o atraso es regular y se tiene una Ecuación del tiempo donde se obtienen los datos y una gráfica).

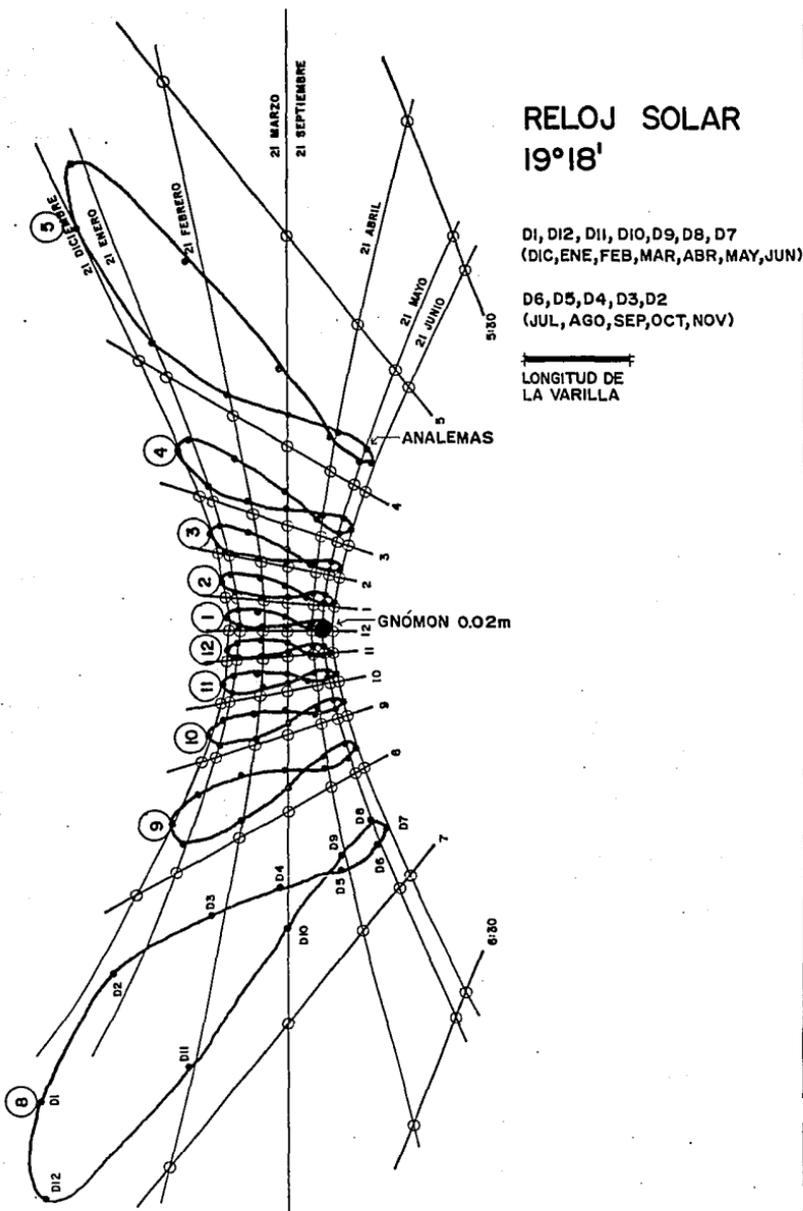
- 3) Con los datos corregidos de las longitudes de sombra se trazan a partir del gnómon los puntos de todas las horas y de todos los meses. Estos puntos definirán los analemas.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

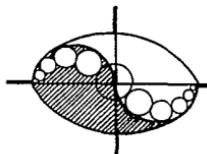
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO

El medio ambiente que envuelve a la Tierra se presenta para el ser humano de manera generalmente hostil, debido a que el hombre tiene poca adaptabilidad biológica y, por lo tanto, se ve obligado a buscar algún tipo de protección: cubriéndose con más ropa en invierno, despojándose de la mayor parte de ella en verano, y construyendo refugios que, cuando corresponden a una larga experiencia, proporcionan una protección adecuada contra el medio ambiente.

Las experiencias que han quedado plasmadas en la arquitectura vernácula, constituyen por lo tanto una primera herramienta que se debe aplicar junto con la teoría de transferencia de calor y la teoría de la mecánica de fluidos, para tratar de lograr que los edificios consuman un mínimo de energía en la obtención de las condiciones de comodidad térmica. El sistema ideal en este sentido es el edificio cuyo consumo de energía sea nulo a lo largo del año. Esto último se puede llevar a cabo en muchos casos con el empleo del clima como recurso. Las técnicas que aplican esta idea se conocen como *sistemas pasivos de climatización*.

El término pasivo significa que en todos los casos el intercambio de energía entre el edificio y el medio ambiente se hace a través de un proceso natural, por *conducción, convección y radiación*, tratando de que la intervención de sistemas mecánicos externos sea mínima y de esta manera lograr que en el interior del edificio se den las condiciones de comodidad para sus ocupantes.

El término pasivo y activo en los sistemas de energía solar representan los extremos en el empleo de sistemas mecánicos. Para diferenciar entre un sistema pasivo y uno activo, se tiene una clasificación de los intercambios de energía que se llevan a cabo en el interior de un edificio y entre éste y el medio ambiente, en dos tipos:

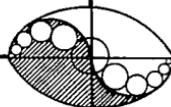
- a) Forzados, utilizando ventiladores, bombas, compresores y otros equipos mecánicos.
- b) Naturales, involucrando conducción, convección y radiación, todos ellos en forma natural.

---

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



Un sistema pasivo de calentamiento usa los elementos de la edificación para coleccionar, almacenar y distribuir la energía captada solar o de alguna otra fuente natural de calor, y está constituido por los siguientes elementos:

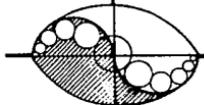
- a) El espacio que va a ser calentado
- b) Un colector donde la radiación solar sea admitida dentro del sistema y convertida a calor por un absorbedor que puede ser la envoltura de la edificación.
- c) Un almacén de calor, que puede ser la capacidad de almacenamiento térmico de la masa de la edificación.

Los posibles intercambios de energía durante el funcionamiento del sistema pasivo de calentamiento existen entre:

- a) La fuente de calor y el almacén
- b) La fuente de calor y el espacio
- c) El almacén y el espacio.

Existen dos factores particularmente importantes que se deben considerar para cualquier esquema de caracterización de un sistema pasivo de calentamiento:

- I) Las características de la apertura de colección de la radiación solar, tomando en cuenta:
  - a) Orientación con respecto al sur y a la vertical
  - b) La localización relativa para el resto de la estructura de la edificación.
  
- II) El método con el que se está entregando la energía, tomando en cuenta para el espacio acondicionado:
  - a) Mecanismos de transporte de energía
  - b) Graduación esencial del control térmico.



# ANALISIS DE ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO

## CALENTAMIENTO DIRECTO

La radiación solar incide directamente en el espacio donde se convierte en calor por absorción en las superficies internas y sobre el contenido del espacio. La temperatura del aire en el espacio oscila debido a las superficies absorbentes y/o el almacenamiento.

## CALENTAMIENTO INDIRECTO

La radiación solar se convierte en calor por absorción en una superficie externa al espacio. El contenido del espacio no está expuesto a la radiación directa del sol, la temperatura del aire en el espacio oscila debido al absorbedor y/o el almacenamiento.

## CALENTAMIENTO AISLADO

La radiación solar se convierte en calor por absorción en una superficie externa al espacio. El contenido del espacio no está expuesto a la radiación directa del Sol, la temperatura del aire en el espacio puede regularse independientemente del absorbedor y/o el almacenamiento.

En la siguiente pagina se muestran varias combinaciones de localización de aperturas y mecanismos para transferir energía hacia el espacio ocupado. Estas combinaciones de ningún modo agotan la lista de posibilidades y en algunas ocasiones la combinación de los tres sistemas es de gran utilidad para calentar un espacio.

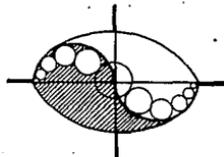
La clasificación se dificulta mucho cuando se trata de edificios de varios pisos. En estos casos los procesos de transmisión se complican, o también en lugares donde existan procesos industriales que requieran de rangos de alta ventilación. Por lo tanto en estos casos son más apropiados los sistemas híbridos que incluyan elementos mecánicos en la transferencia de calor.

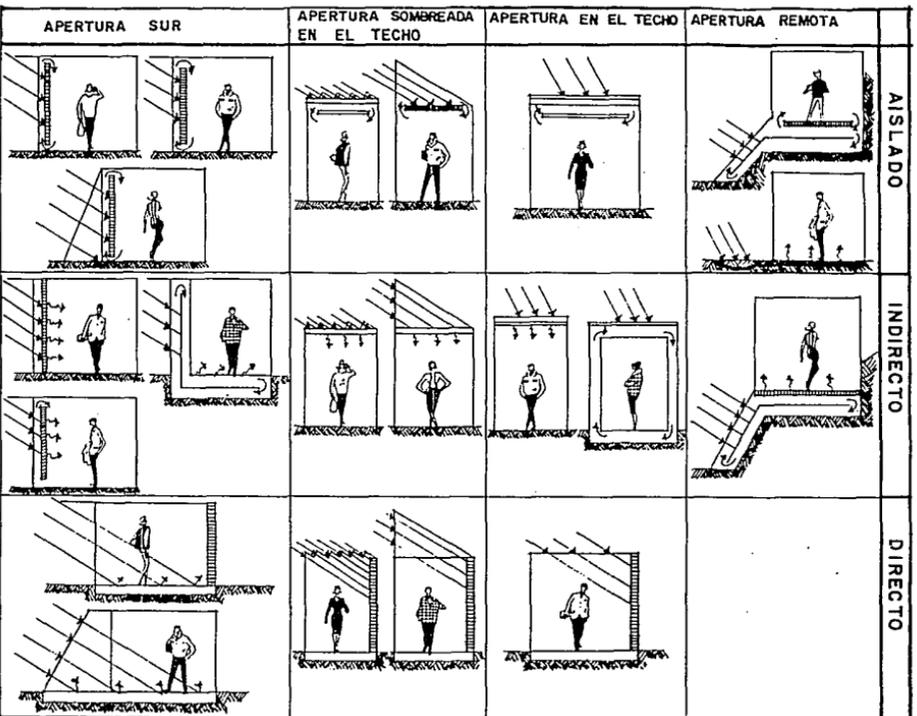
Secciones transcritas de la tesis de Maestría del Dr. J. Diego Morales Ramirez, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



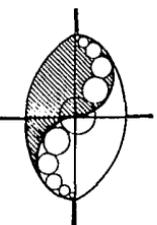


SISTEMAS PASIVOS DE CALENTAMIENTO.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



## CONCLUSIONES Y ELECCION DE ESTRATEGIAS

### DIRECTIVAS GENERALES DE DISEÑO BIOCLIMATICO

1) Un edificio alargado según el eje este-oeste expondrá mayor superficie hacia el sur durante el invierno y captará mayor radiación. Esta resulta la forma más eficaz en todos los climas para **minimizar** las necesidades de calefacción en invierno y las de refrigeración en verano.

2) Disminuyendo la altura expuesta de la pared norte se acorta la sombra producida en invierno por el edificio. Puede utilizarse una pared de colores claros (o una estructura cercana) al norte del edificio para reflejar la radiación solar hacia las habitaciones orientadas al norte y los espacios exteriores.

3) La entrada principal al edificio debe transformarse en un pequeño espacio cerrado (vestíbulo) que proporcione una esclusa de separación entre el edificio y el exterior. Esto evitará que se pierda al exterior una gran cantidad de aire calentado cada vez que se abra la puerta del edificio. Este espacio de entrada puede utilizarse para almacenar elementos que puedan estar fríos como armarios para ropa y herramientas diversas.

4) En climas templados (temperaturas medias de invierno entre +2 y +7°C) debe preverse de 0.11 a 0.25 m<sup>2</sup> de vidrio por m<sup>2</sup> de superficie útil para calentamiento directo. Esta proporción de superficie captora al sur permitira una captación suficiente para mantener una temperatura media de +18 a +21°C durante la mayor parte del invierno.

5) En climas templados debe preverse de 0.22 a 0.60 m<sup>2</sup> de muro captor (muro trombé) por m<sup>2</sup> de superficie útil.

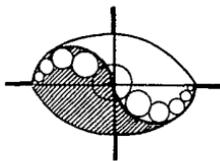
6) Se recomienda en muros captores un espesor de 25 a 35 cm en ladrillo común y de 30 a 45 cm en hormigón pesado.

7) El muro captor debe pintarse de un color oscuro.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



8) Los orificios de circulación de aire de los muros captadores se dimensionarán con la siguiente fórmula:  $A1 + A2 = L * H / 100$ .

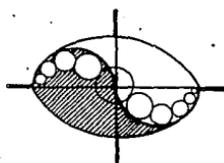
9) La oscilación térmica interior con los grosores de muro captor citados en el punto seis es de 4°C con ladrillo y hormigón pesado.

\* Nota: La Información anterior se obtuvo del libro "El libro de la energía solar pasiva" de Edward Mazria, Editorial Gustavo Gill, México, 1985. Serie "Construcción Alternativa", "Tecnología y Arquitectura".

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



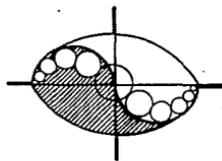
## CARACTERISTICAS TERMICAS DE LOS ESPACIOS

<u>ESPACIO</u>	<u>CONFORT TERMICO (CALENTAMIENTO)</u>	<u>ORIENTACION SUGERIDA</u>	<u>HORARIO DE CARGA TERMICA</u>
Recamara principal	Máximo (22 a 23°C)	Suroeste Oeste	12:30 a 17:30 *(HSV ENE)
Sanitario rec. princ.	Medio bajo (18 a 20°C)	-----	-----
Cuartos (2)	Máximo (22 a 23°C)	Suroeste Oeste	12:30 a 17:30 (HSV ENE)
Sanitario cuartos	Medio bajo (18 a 20°C)	-----	-----
Despacho	Medio (20°C)	Suroeste	14:00 a 18:00 (HSV ENE)
Terraza	Máximo (23 a 24°C)	Suroeste	-----
Sala de televisión	Medio (20°C)	Suroeste	14:00 a 18:00 (HSV ENE)
Estancia	Máximo (22 a 23°C)	Suroeste	11:00 a 14:00 (HSV ENE)
Comedor	Medio (20°C)	Este	11:00 a 13:00 (HSV ENE)
Cocina c/ desayunador	Medio bajo (16 a 18°C)	Este	6:30 a 9:30 (HSV ENE)

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



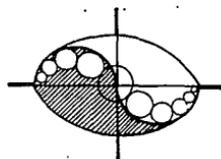
<u>ESPACIO</u>	<u>CONFORT TERMICO (CALENTAMIENTO)</u>	<u>ORIENTACION SUGERIDA</u>	<u>HORARIO DE CARGA TERMICA</u>
Garage p/ dos autos	Nulo	Norte	-----
Cuarto de servicio	Máximo (22 a 23°C)	Suroeste Oeste	12:30 a 17:30 (HSV ENE)
Sanitario cto. serv.	Medio Bajo (18 a 20°C)	-----	-----
Cuarto de lavado	Medio bajo (18 a 20°C)	Suroeste	15:00 a 18:00 (HSV ENE)
Patio de servicio	(s/control)	-----	-----

\*(HSV ENE) : Hora solar verdadera de enero (mes más frío en Toluca)

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



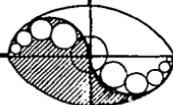
## DIRECTIVAS PARTICULARES DE DISEÑO BIOCLIMATICO

<u>ESPACIO</u>	<u>OBSERVACIONES DE DISEÑO BIOCLIMATICO (ESTRATEGIAS)</u>
Recamara principal	Uso de masa térmica cargada en la tarde para radiar a partir de las 22:00 horas.
Sanitario rec. princ.	Ventilación natural y calentamiento para evitar cambios bruscos en la temperatura al pasar de la recámara al baño.
Cuartos (2)	Uso de masa térmica cargada en la tarde para radiar a partir de las 22:00 horas.
Sanitario cuartos	Ventilación natural y calentamiento para evitar cambios bruscos en la temperatura al pasar de la recámara al baño.
Despacho	Uso de masa térmica cargada a mediodía para radiar a partir de las 18:00 horas.
Terraza	Uso de <u>invernadero</u> y masa térmica para calentamiento de zona común y escalera.
Sala de televisión	Uso de masa térmica cargada a mediodía para radiar a partir de las 18:00 horas.
Estancia	Uso de masa térmica cargada en la mañana para radiar a partir de las 14:00 horas.
Comedor	Uso de masa térmica cargada en la mañana para radiar a partir de las 14:00 horas.

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

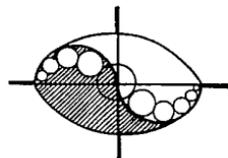
1994



## ESPACIO

## OBSERVACIONES DE DISEÑO BIOCLIMATICO

Cocina c/ desayunador	Radiación directa en el espacio a partir de las 6:30 HSV de enero (hora más fría del día, tiempo de radiación restringido para evitar sobrecalentamiento).
Garage p/ dos autos	Zona de amortiguamiento térmico al norte con uso de doble muro y aislamiento térmico.
Cuarto de servicio	Uso de masa térmica cargada en la tarde para radiar a partir de las 22:00 horas.
Sanitario cto. serv.	Ventilación natural y calentamiento para evitar cambios bruscos de temperatura al pasar del cuarto al baño.
Cuarto de lavado	Uso de masa térmica cargada a mediodía para radiar a partir de las 18:00 horas.
Patío de servicio	Zona descubierta con radiación directa y ventilación natural para secado de ropa, iluminación y ventilación de zona de servicio.



# ANALISIS DEL TERRENO

## EXTERIOR

El análisis exterior del terreno nos muestra las sombras que nuestra construcción y las aledañas proyectarán sobre nuestro predio. Esto nos alertará sobre posibles obstrucciones de la radiación solar sobre nuestro proyecto, lo cuál nos llevará a modificarlo para obtener los resultados térmicos deseados.

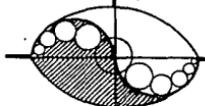
Es también importante hacer notar que el Reglamento de construcciones para el D.F. exigía dicho análisis para otorgar licencia de construcción para edificios de cinco niveles o más sobre el nivel de banqueta, actualmente este artículo está derogado pero nos da una idea de la importancia de dicho análisis:

**Art. 147:** *"Las edificaciones de cinco niveles o más sobre el nivel de banqueta deberán acompañar a la solicitud de licencia de construcción el estudio de proyección de sombras, en el que se muestra la proyección de sombras que la construcción nueva ocasionaría sobre los predios y construcciones vecinas, a lo largo del día y del año. En el caso de verse afectadas edificaciones vecinas de habitación por dichas sombras el Departamento podrá establecer restricciones adicionales de ubicación en el predio o altura de la nueva edificación."*

## INTERIOR

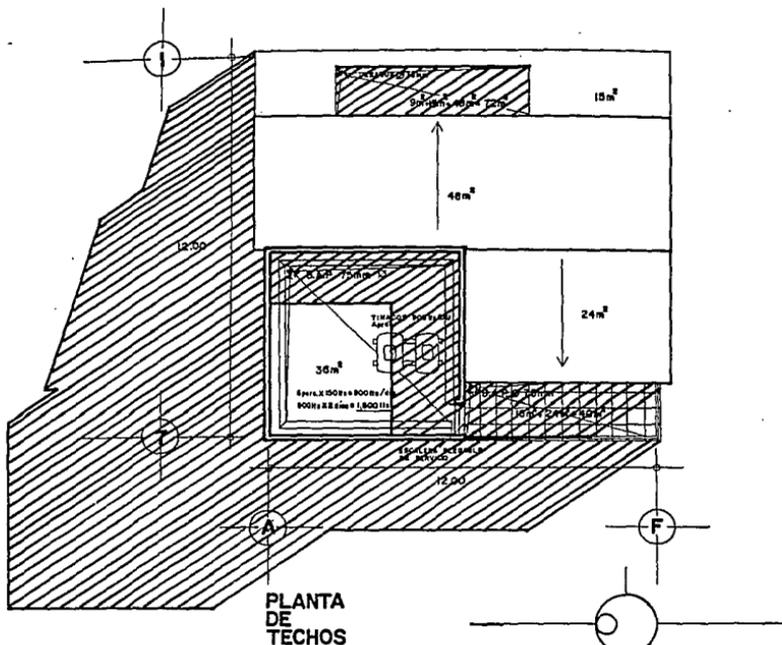
El análisis interior del terreno nos permite estudiar las vistas y obstrucciones que se tendrán desde una ventana determinada a lo largo del día y en todo el año ayudados por la **gráfica solar cilíndrica**.

Se presenta el estudio de dos ventanas, una al sur y otra al oeste del proyecto original, donde se puede apreciar que los obstáculos no representan un problema a lo largo de todo el año.



# ANALISIS DEL TERRENO (EXTERIOR) SOLSTICIO DE INVIERNO

(22 DE DICIEMBRE)



PLANTA  
DE  
TECHOS

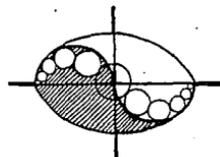
INVIERNO (10:00 hrs)  
Lat: 19°18' N  
Dec: -23.44°  
Alt: 38.20°  
Aci: -35.71° E

NOTA:  $L.S. = h / \tan(Alt)$   
donde  
L.S. Longitud de sombra  
h Altura del objeto  
Alt Altitud solar

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

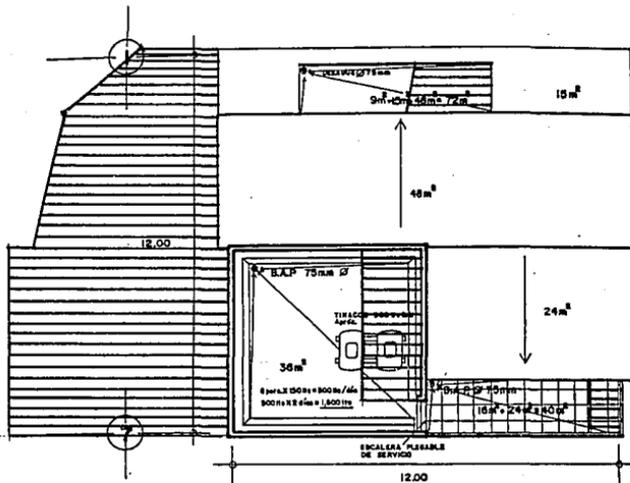
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# ANALISIS DEL TERRENO (EXTERIOR) SOLSTICIO DE INVIERNO

(22 DE DICIEMBRE)



PLANTA  
DE  
TECHOS

INVIERNO (12:00 hrs)

Lat: 19°18'N

Dec: -23.44°

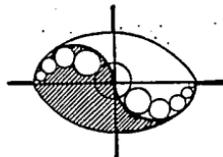
Alt: 4725°

Aci: 0°

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

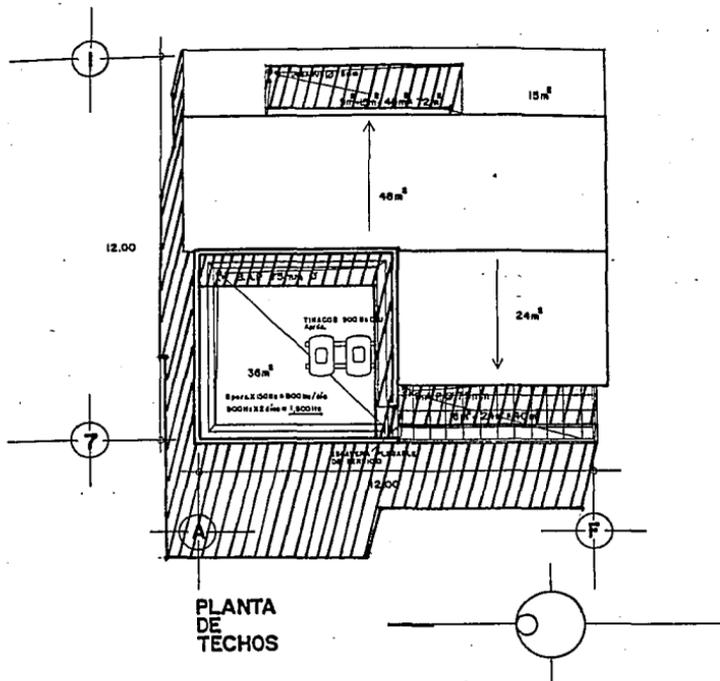
1994





# ANALISIS DEL TERRENO (EXTERIOR) SOLSTICIO DE VERANO

(22 DE JUNIO)



PLANTA  
DE  
TECHOS

VERANO (10:00 hrs)

Lat: 19° 18' N

Dec: 23.44°

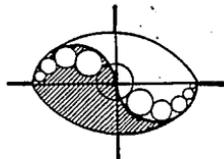
Alt: 61.81°

Aci: -76.20° E

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

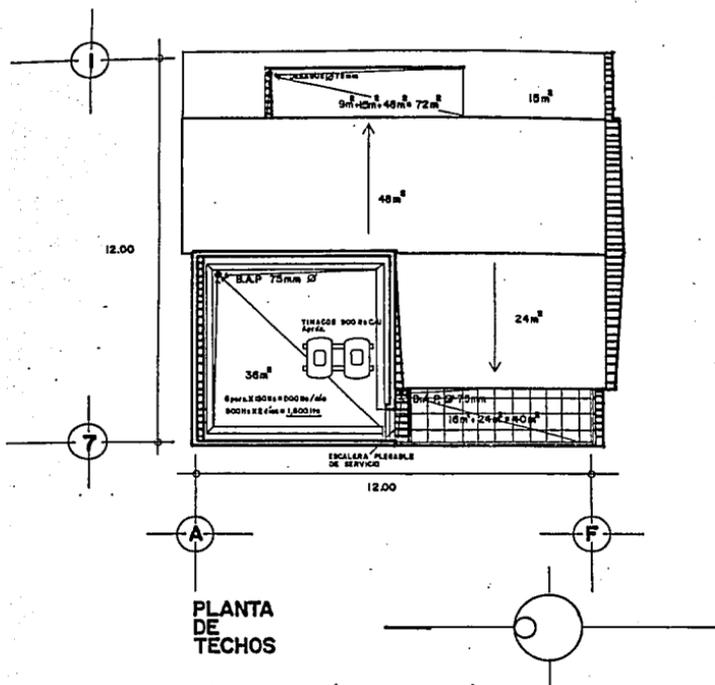
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# ANALISIS DEL TERRENO (EXTERIOR) SOLSTICIO DE VERANO

(22 DE JUNIO)

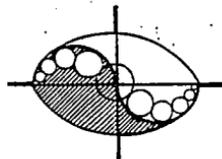


VERANO (12:00 hrs)  
 Lat: 19°18'  
 Dec: 23.44°  
 Alt: 94°  
 Aci: 0°

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

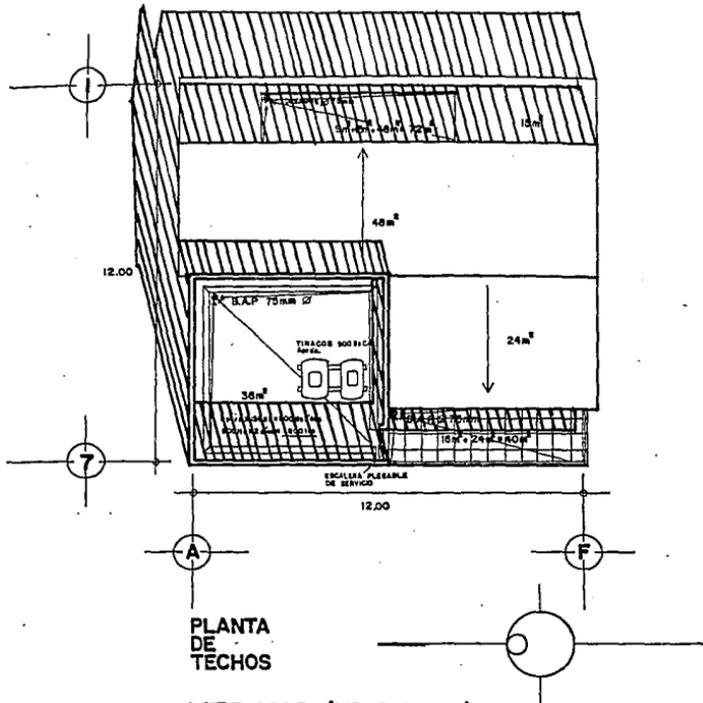
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# ANALISIS DEL TERRENO (EXTERIOR) SOLSTICIO DE VERANO

(22 DE JUNIO)



VERANO (15:00 hrs)

Lat: 19°18' N

Dec: 23.44°

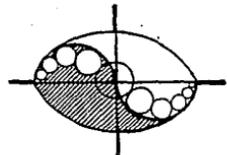
Alt: 48.05°

Aci: 76.05° W

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

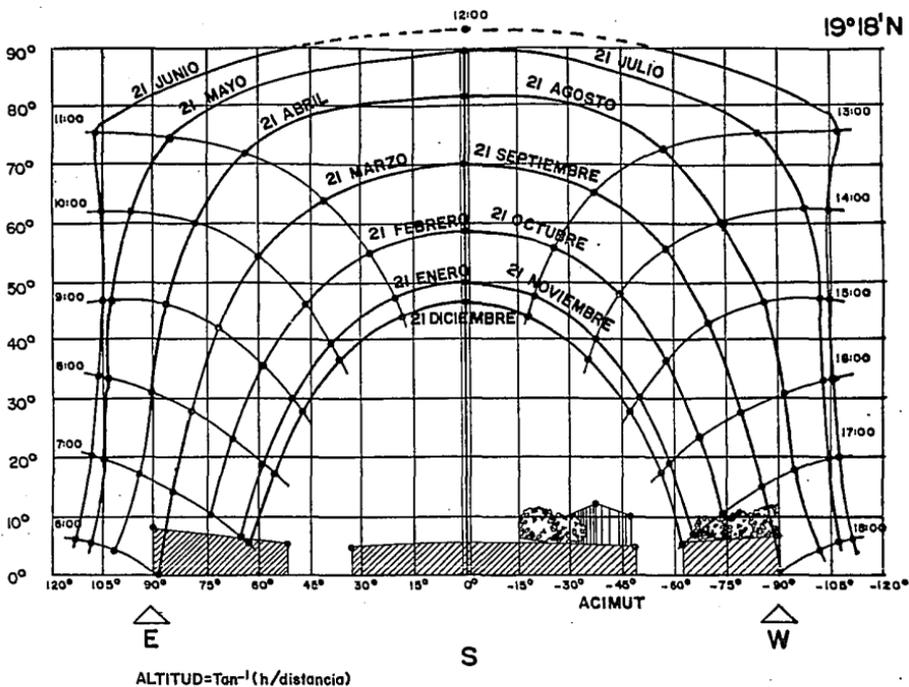
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994





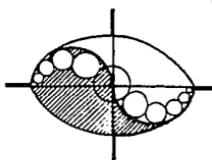
# ANALISIS DEL TERRENO (INTERIOR) VENTANA 1 SUR



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

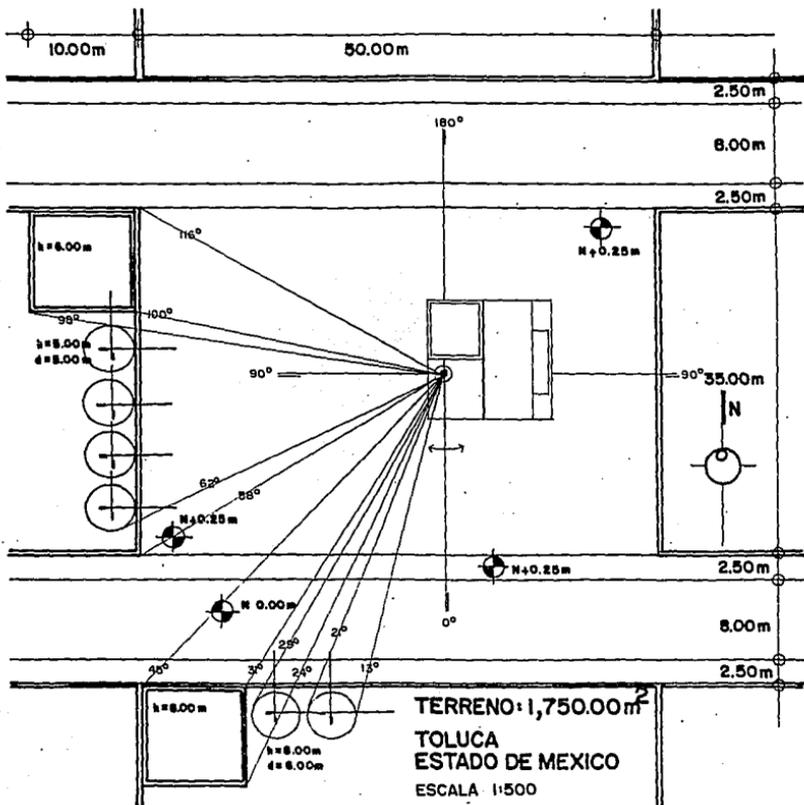
1994



# ANALISIS DEL TERRENO (INTERIOR)

## VENTANA 2

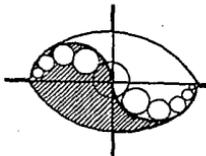
### OESTE



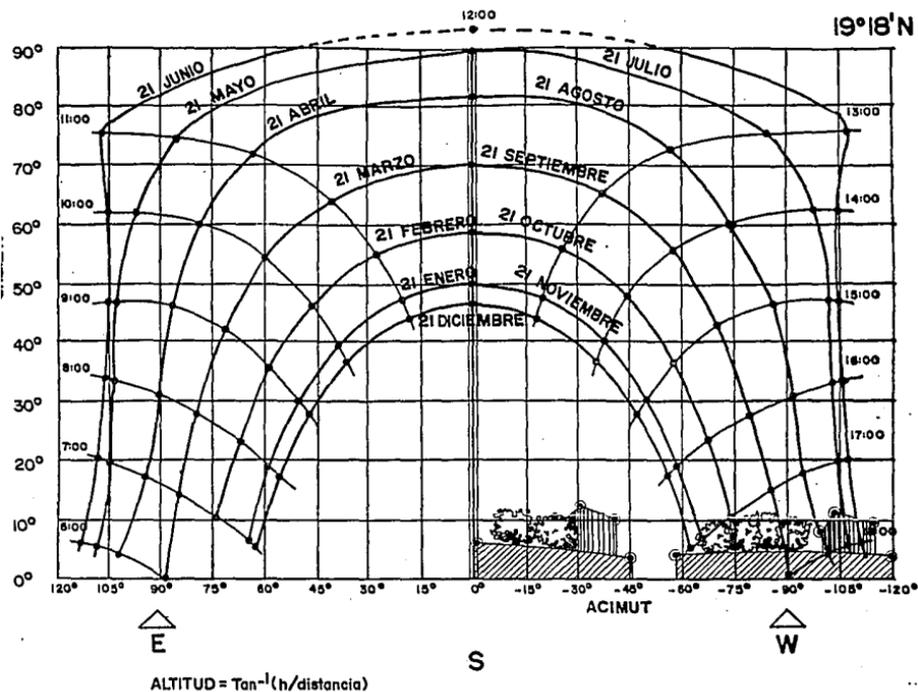
**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



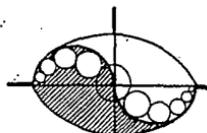
# ANALISIS DEL TERRENO (INTERIOR) VENTANA 2 OESTE



## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# MASCARILLA DE SOMBRAS PARA VENTANAS

Cuando se mira por una ventana puede observarse que los aleros, las protecciones solares o cualquier otra barrera (árboles o edificios), tapan una parte de la bóveda celeste. Dicho de otra forma la ventana se encuentra en sombra cuando el Sol pasa por la parte del cielo oculta.

Para cualquier superficie (como ventana o lucernario), puede determinarse gráficamente las obstrucciones de la bóveda celeste con una mascarilla de sombras. Sobreponiendo esta mascarilla sobre la gráfica solar cilíndrica, puede determinarse exactamente las horas en que la radiación solar queda detenida. La mascarilla de sombras permite una descripción geométrica simple de cada sistema u obstrucción, independientemente de la latitud, orientación y de la hora del día. El perfil de sombra de una protección solar determinada servirá por lo tanto para cualquier gráfico solar (cualquier latitud).

Los sistemas de ocultación solar pueden clasificarse en tres categorías: voladizos horizontales, salientes verticales y combinaciones de ambos. Los voladizos horizontales generan en la mascarilla de sombras una línea de sombra curvada en arco, con los finales en los extremos inferiores de la línea de base, un elemento vertical genera una línea vertical en la mascarilla y la combinación vertical-horizontal es el resultado de la sobreposición de las dos líneas de sombra.

Las líneas de sombra también son independientes del tamaño de las protecciones solares que representan y dependen en cambio de la forma y la posición relativa entre el elemento sombreador y la superficie vidriada.

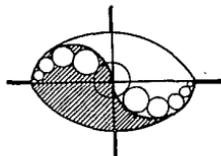
Transcripción del libro "El libro de la energía solar pasiva" de Edward Mazria, de la serie "Tecnología y Arquitectura", Editorial Gustavo Gill, México, 1985.

---

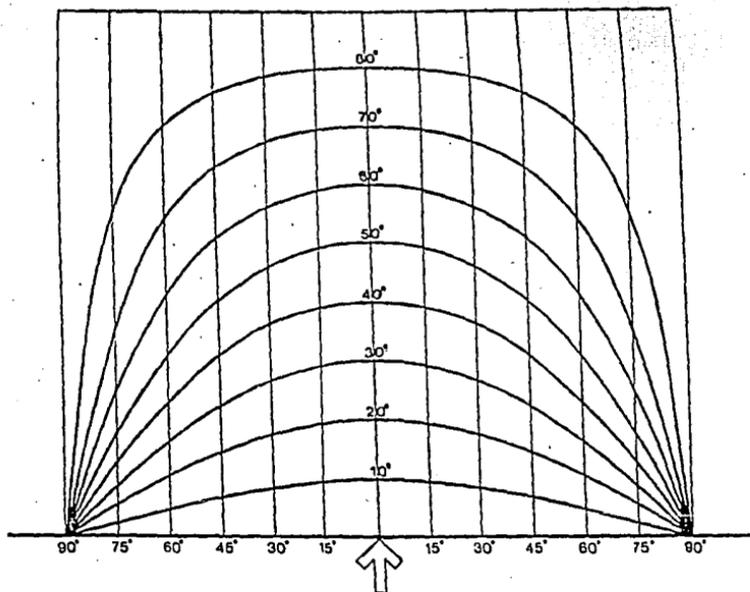
## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# MASCARILLA DE SOMBRAS PARA GRAFICA SOLAR CILINDRICA

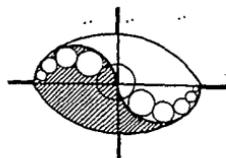


(MASCARILLA OBTENIDA DEL LIBRO "EL LIBRO DE LA ENERGIA SOLAR PASIVA" DE EDWARD MAZRIA, DE LA SERIE "TECNOLOGIA Y ARQUITECTURA", EDITORIAL GUSTAVO GILI, MEXICO, 1988)

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

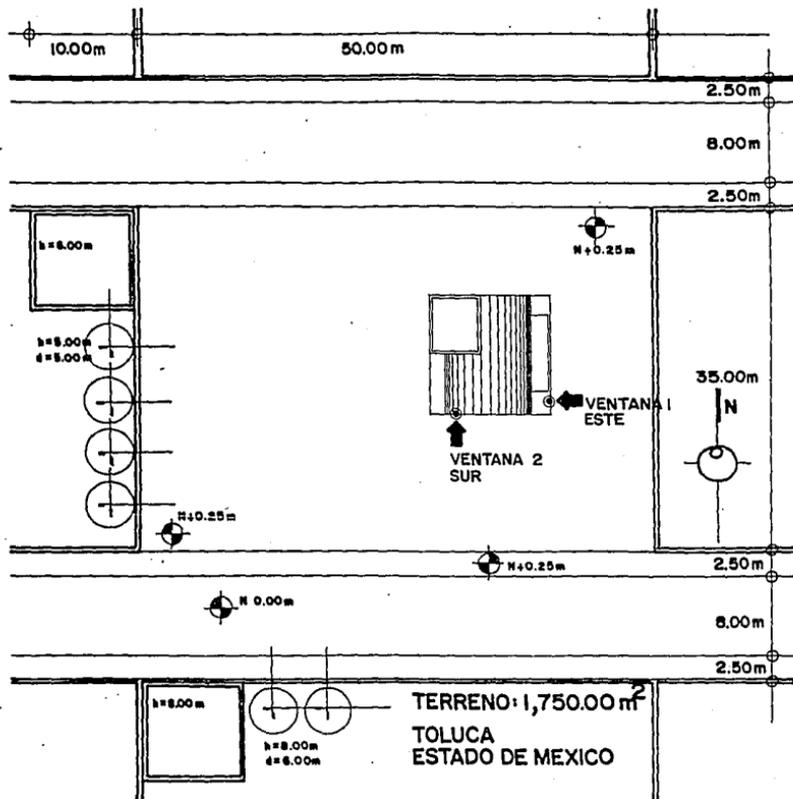
1994



# MASCARILLA DE SOMBRAS

## UBICACION DE VENTANA 1 Y VENTANA 2

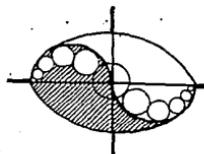
### ESTE Y SUR



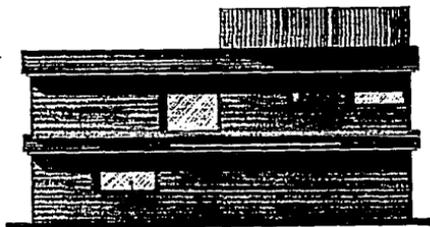
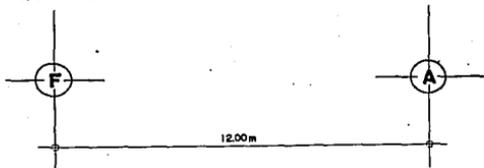
**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

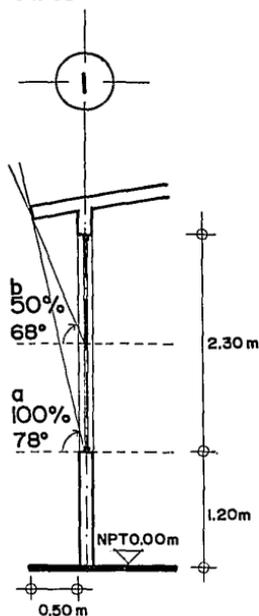


# MASCARILLA DE SOMBRAS VENTANA 1 ESTE

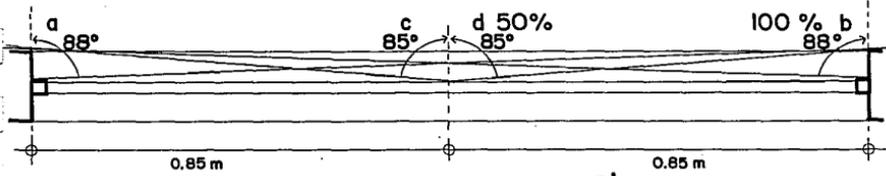


FACHADA  
ORIENTE

VENTANA EN  
ESTUDIO

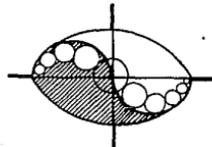


CORTE A-A'  
ESCALA 1:50



CORTE B-B'  
ESCALA 1:10

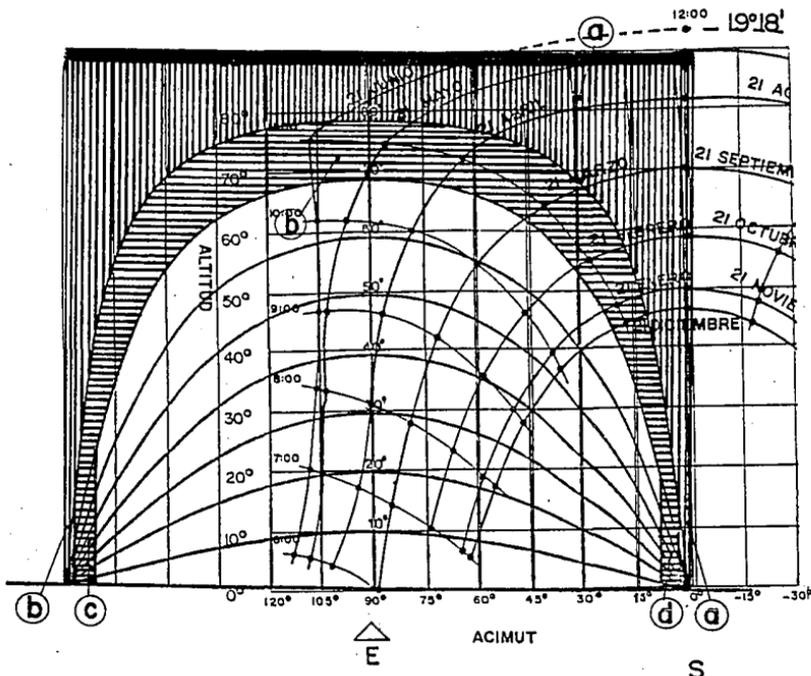
## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# MASCARILLA DE SOMBRAS

## VENTANA 1

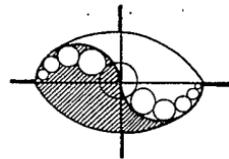
### ESTE



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

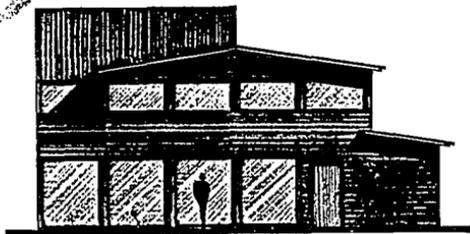
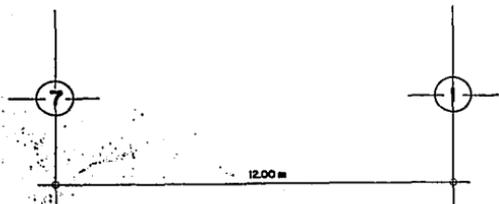
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



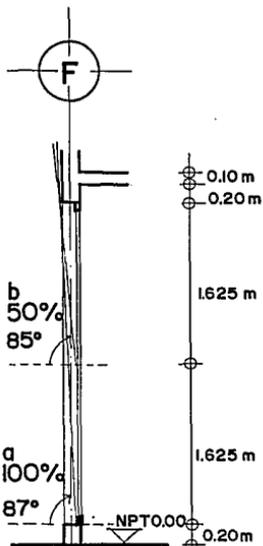
# MASCARILLA DE SOMBRAS

## VENTANA 2 SUR

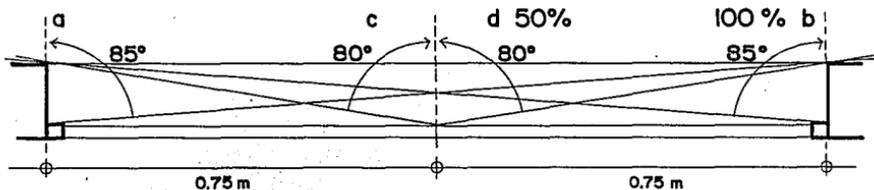


FACHADA SUR

VENTANA EN ESTUDIO



CORTE A-A'  
ESCALA 1:50

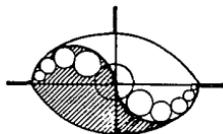


CORTE B-B'  
ESCALA 1:10

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

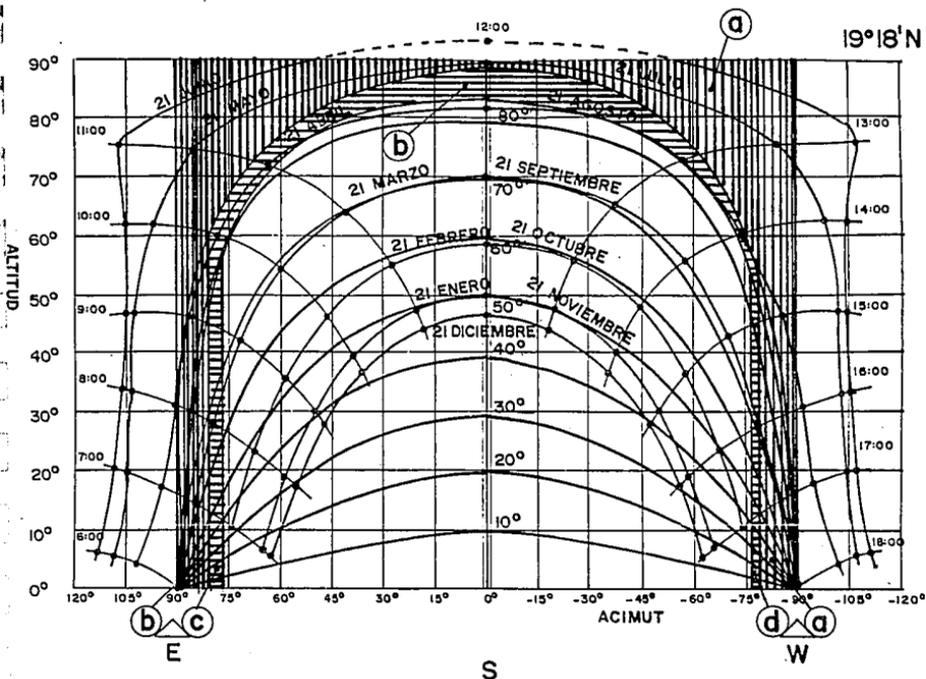
1994



# MASCARILLA DE SOMBRAS

## VENTANA 2 SUR

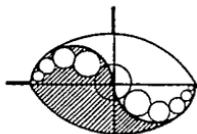
### SUR



**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



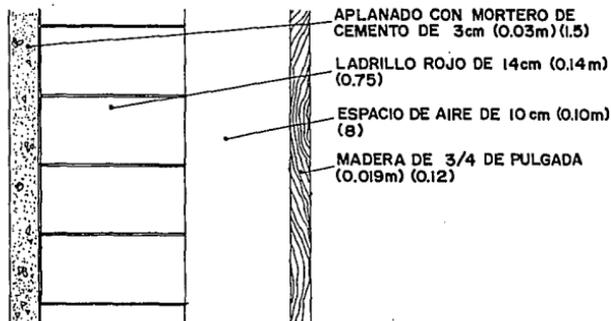
# ANALISIS TERMICO

## PROYECTO INICIAL

### CORTES TIPO

#### CORTE DE MURO TIPO

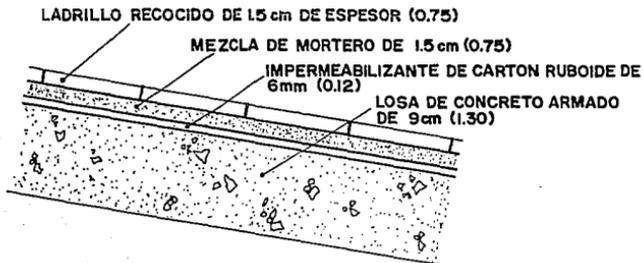
ESCALA 1:5



NOTA: LOS VALORES ENTRE PARENTESIS CORRESPONDEN A LOS COEFICIENTES DE CONDUCTIVIDAD TERMICA (K) DE LOS MATERIALES EN Kcal/m hr °C.

#### CORTE DE TECHO

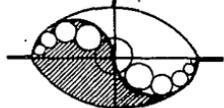
ESCALA 1:5



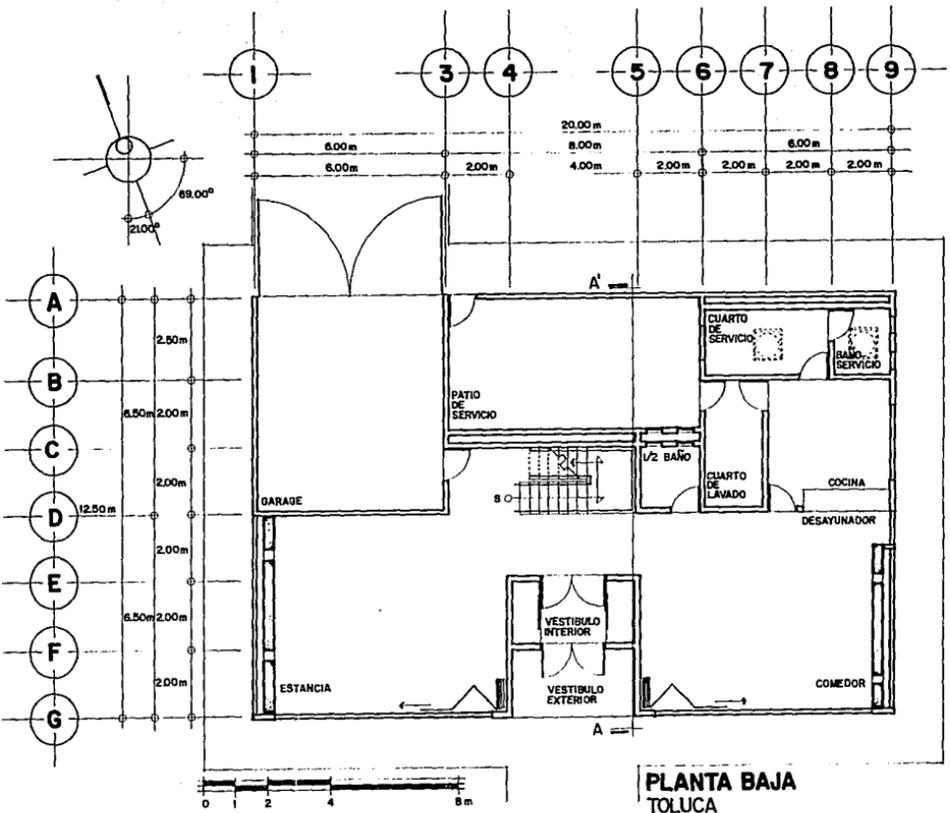
# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

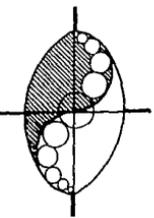
1994



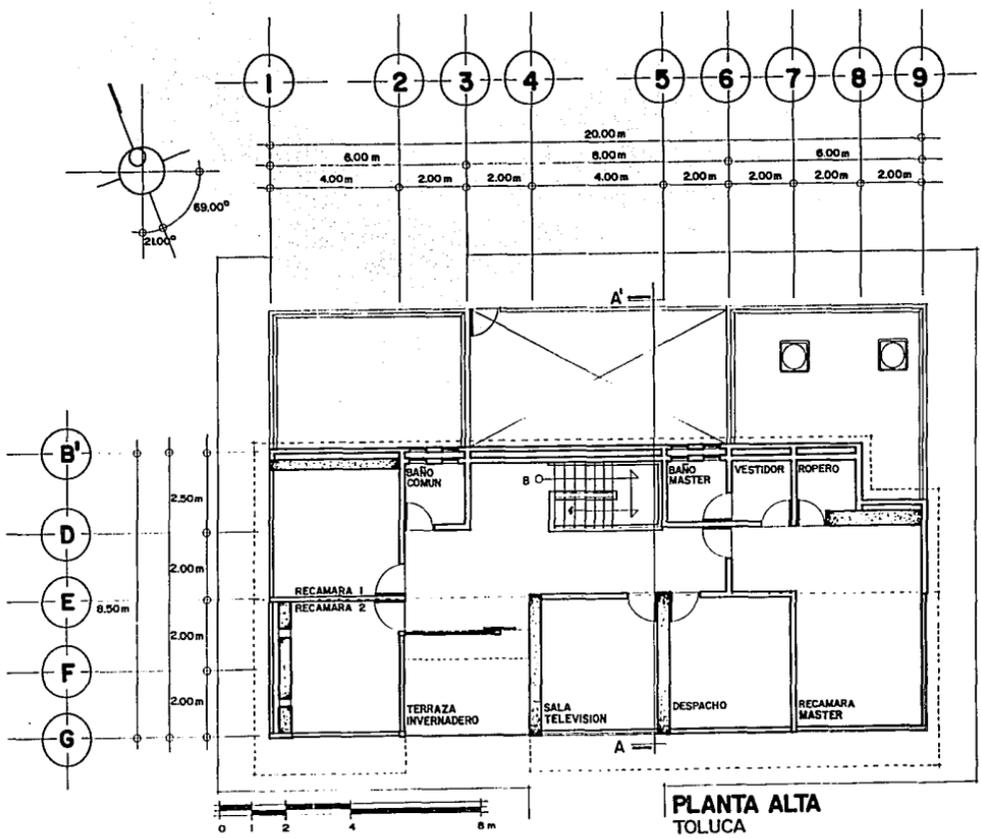
PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL  
PLANTAS ARQUITECTONICAS



ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
1994



PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL  
PLANTAS ARQUITECTONICAS

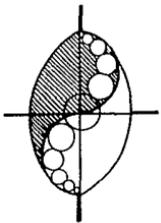


PLANTA ALTA  
TOLUCA

ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

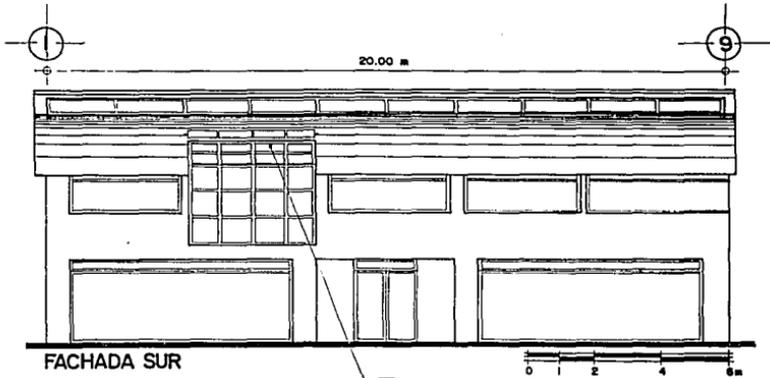
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

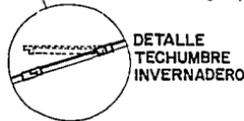


# PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL

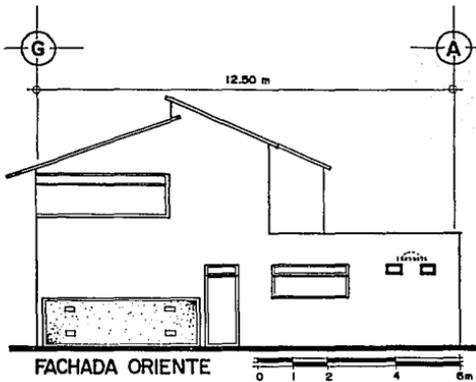
## FACHADAS



FACHADA SUR



DETALLE  
TECHUMBRE  
INVERNADERO

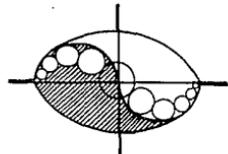


FACHADA ORIENTE

### ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

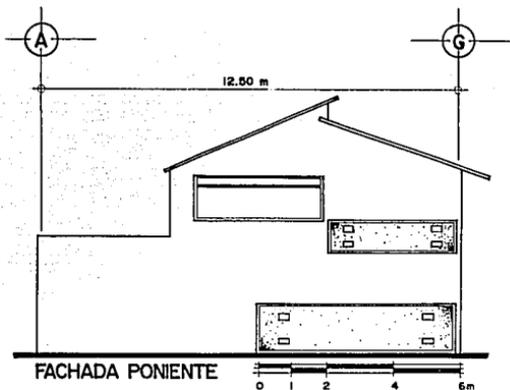
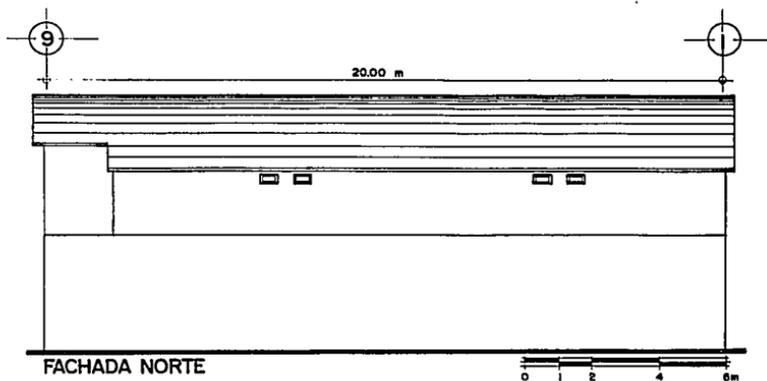
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL

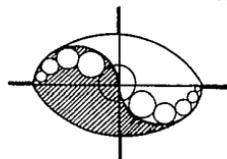
## FACHADAS



### ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

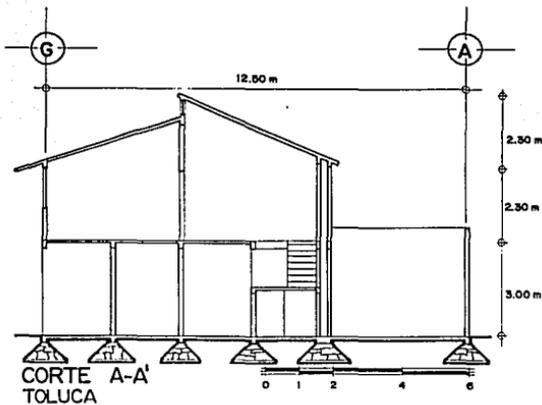
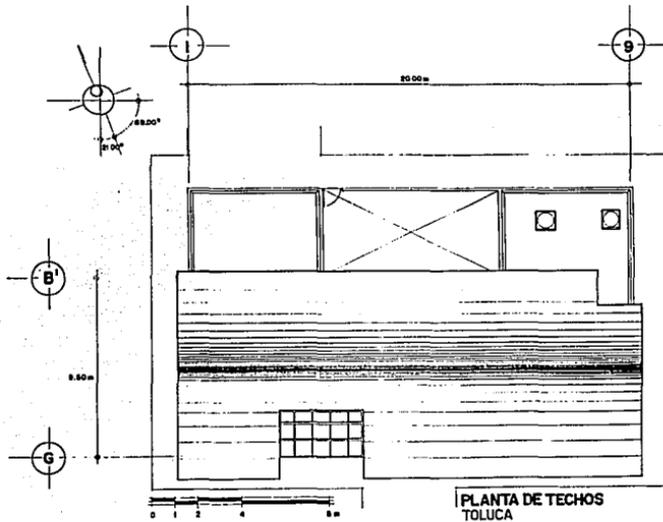
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# PROYECTO ARQUITECTONICO FINAL

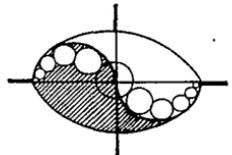
## PLANTA DE TECHOS Y CORTE



### ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

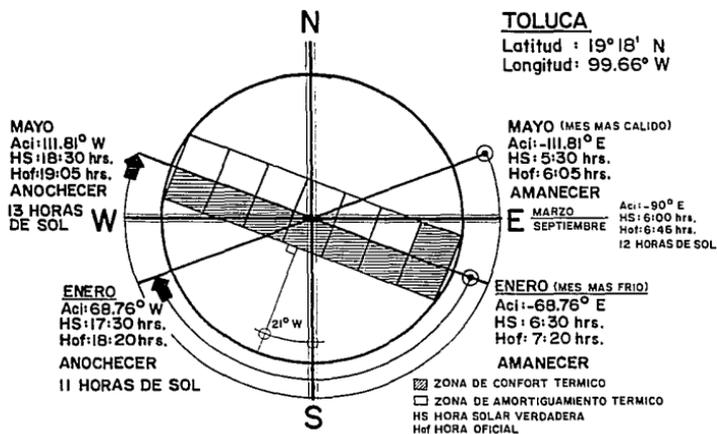
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

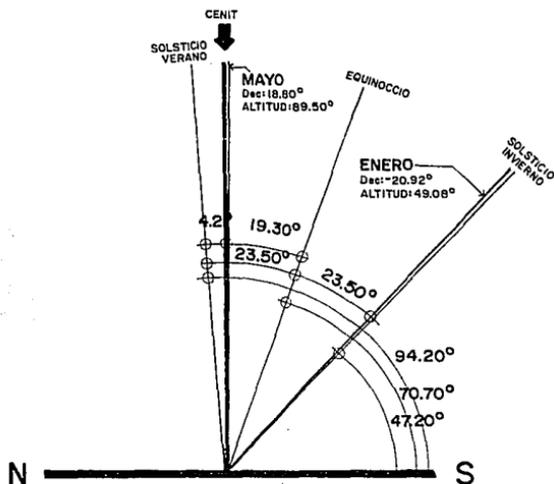


# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

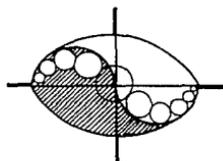
## ORIENTACION DEL PROYECTO



## ANGULOS DE INCIDENCIA SOLAR

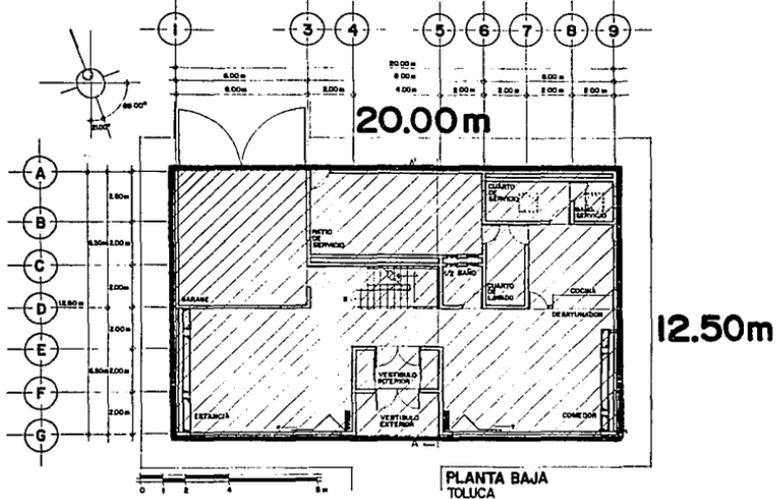


# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

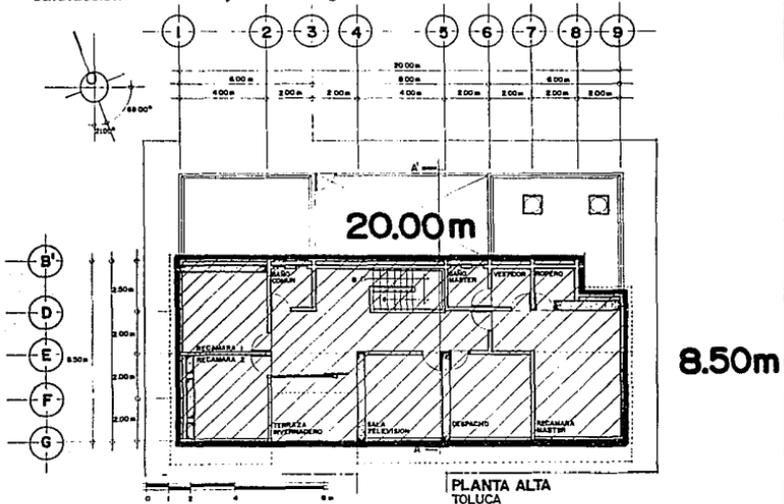


# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

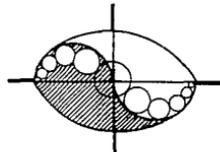
## GEOMETRIA GENERAL DEL EDIFICIO



"Un edificio alargado según el eje este - oeste expondrá mayor superficie hacia el sur durante el invierno y captará mayor radiación. Esta resulta la forma más eficaz en todos los climas para minimizar las necesidades de calefacción en invierno y las de refrigeración en verano"

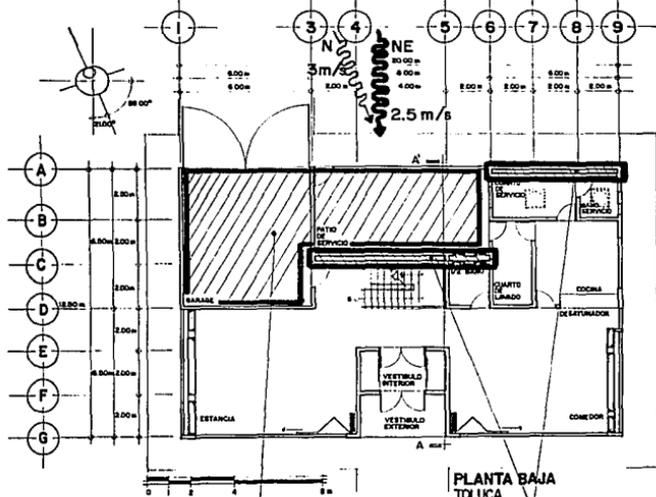


## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

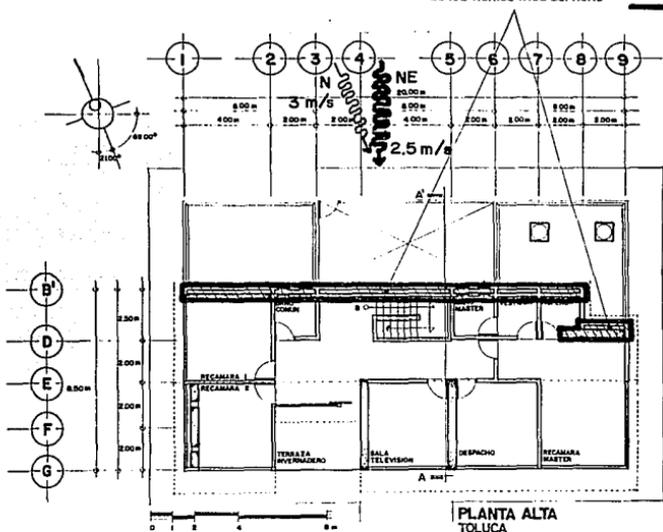
## ZONAS DE AMORTIGUAMIENTO TERMICO



Zona de amortiguamiento térmico

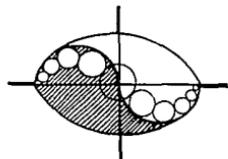
Muros dobles para evitar pérdidas de calor y proteger de los vientos fríos del norte

— VIENTO FRIO DOMINANTE N (16 a 3:00 hrs.) ENERO  
 — VIENTO FRIO DOMINANTE NE (4 a 15:00 hrs.) ENERO



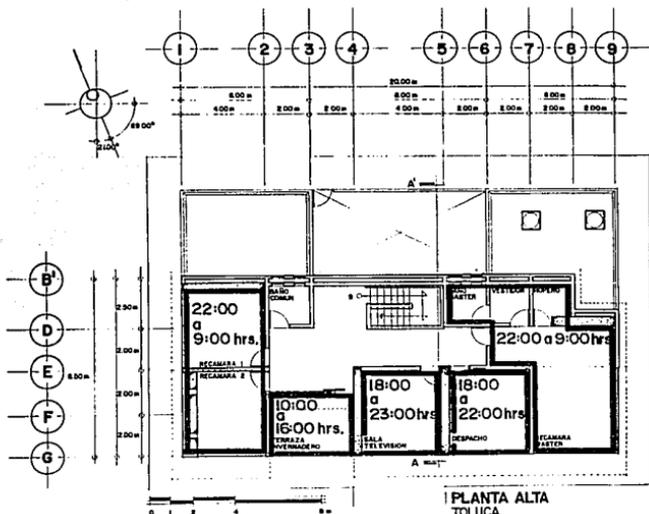
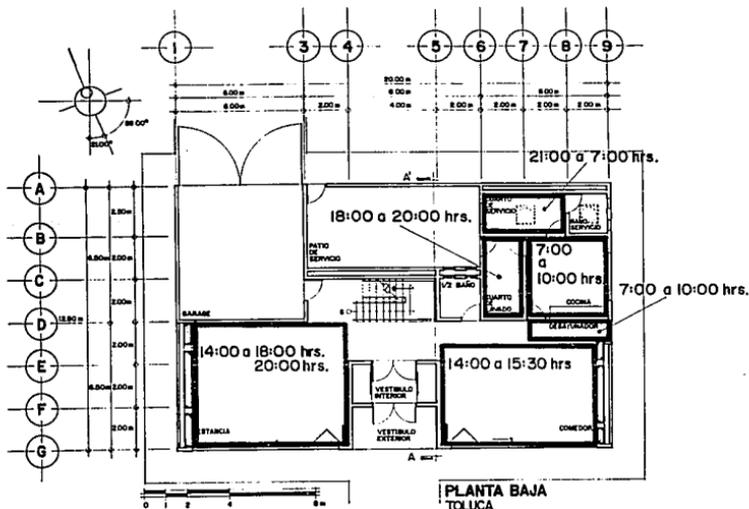
PLANTA ALTA  
 TOLUCA

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

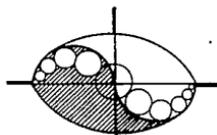


# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

## HORARIOS DE USO POR ZONAS



# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



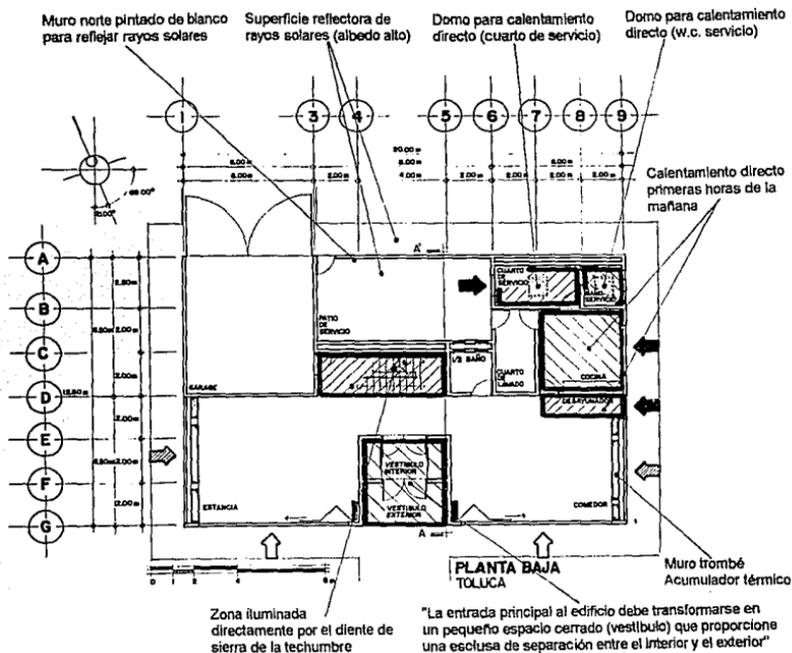
# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

## ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO

**Toluca**

Latitud: 19.3°

Longitud: 99.66°

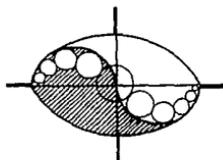


-  GANANCIA SOLAR DIRECTA
-  GANANCIA SOLAR INDIRECTA (ACUMULACION TERMICA)
-  ILUMINACION (VISTAS)

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

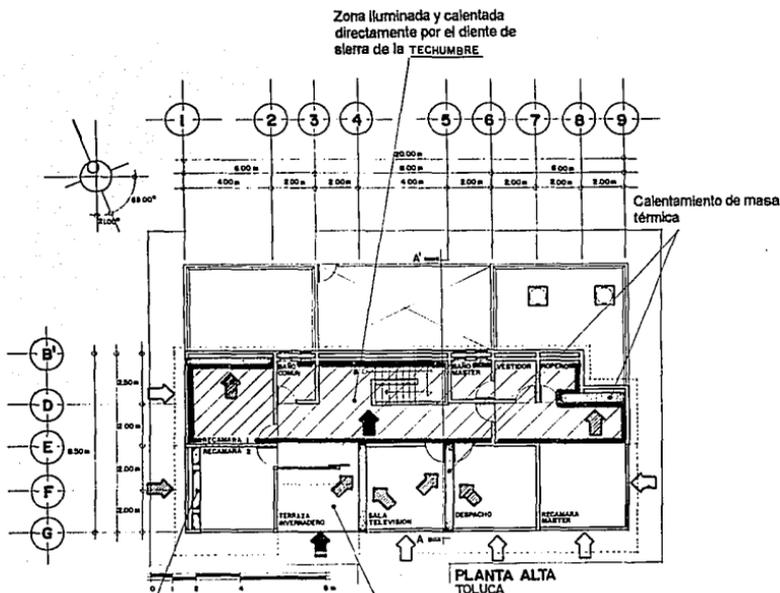


# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

## ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO

**Toluca**

Latitud: 19.3°  
Longitud: 99.66°



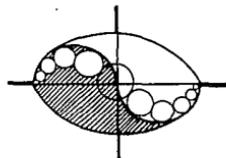
Acumulación térmica  
(calentamiento indirecto)

### Terraza - invernadero

"Con el invernadero se pretende mantener el confort térmico en el área íntima de la casa (habitaciones, planta alta), que se usan de las 21:00 horas a las 8:00 horas aproximadamente y que es cuando se registran las más bajas temperaturas en el día y especialmente en enero"

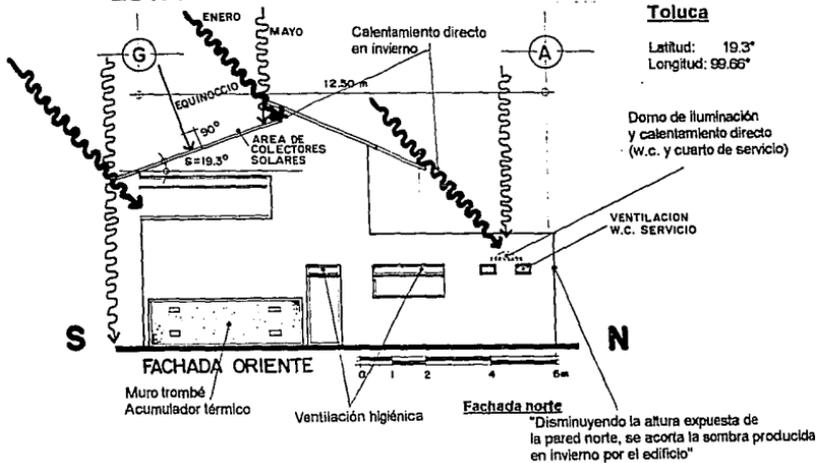
- ➡ GANANCIA SOLAR DIRECTA
- ▨ GANANCIA SOLAR INDIRECTA (ACUMULACION TERMICA)
- ⬅ ILUMINACION (VISTAS)

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



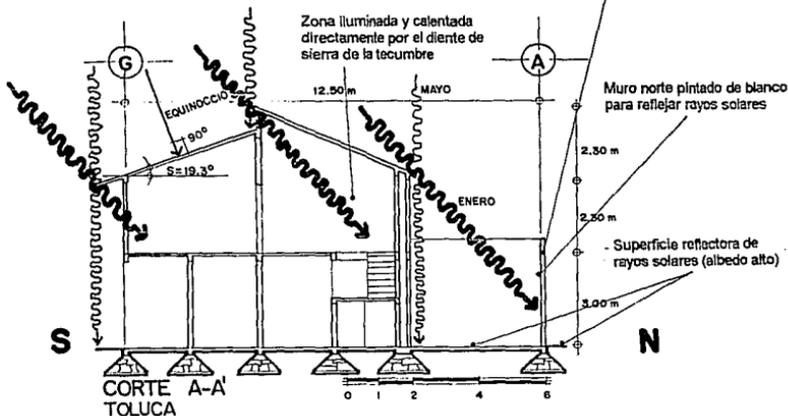
# DIRECTIVAS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

## ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO

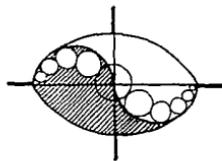


— ENERO: DECLINACION: -20.92°  
 ALTITUD : 149.08°

— MAYO : DECLINACION: 18.80°  
 ALTITUD : 89.50°



## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



# APLICACION DE SISTEMAS SOLARES CALENTAMIENTO DE AGUA DE USO DOMESTICO

## CALCULO DE NECESIDADES DE AGUA (FRIA Y CALIENTE)

### CASA HABITACION EN TOLUCA

Se calculó el gasto de agua fría y caliente de acuerdo al reglamento de construcciones del D.F. para una familia de siete personas.

De acuerdo al Art. 87 de requerimientos de higiene, servicios y acondicionamiento ambiental, para casa habitación se requiere de 150 lts / habitante / día.

Por lo tanto tenemos:

$$7 \text{ habitantes} * 150 \text{ lts / habitante / día} = \underline{1,050 \text{ lts / día de agua fría y caliente}}$$

Consideramos que se usa aproximadamente un 40% de agua caliente del total anterior, por lo tanto tenemos:

$$1,050 \text{ lts / día} * 0.40 = \underline{420 \text{ lts / día de agua caliente}}$$

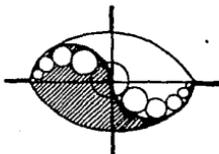
También se ha considerado en el proyecto un Jacuzzi por lo cual agregaremos al consumo de agua caliente anterior, 150 lts / día y tendremos:

$$420 \text{ lts / día} + 150 \text{ lts / día} = \underline{570 \text{ lts / día de agua caliente total}}$$

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# VARIABLES USADAS EN EL PROGRAMA DE COLECTORES SOLARES PLANOS

<b>S</b>	Inclinación del colector con respecto a la horizontal
<b>d</b>	Declinación solar
<b>W</b>	Angulo horario
<b>Hth</b>	Irradiancia horaria en w/m2
<b>HR</b>	Irradiancia horaria en KJ/hr m2

## ANALISIS OPTICO

### REFLEXION

<b>n1-y n2</b>	Indice de refracción del vidrio (exterior e interior)
<b>O1</b>	Angulo de incidencia de los rayos solares
<b>O2</b>	Angulo de refracción del vidrio (interior)
<b>R1</b>	Reflexión del vidrio con un ángulo O1
<b>R2</b>	Reflexión del vidrio con un ángulo O2
<b>Rt</b>	Reflexión del vidrio total

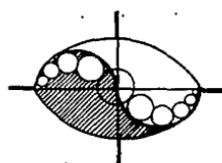
### TRANSMISION (SIN ABSORCION)

<b>tr1 y tr2</b>	Factores de transmisión parciales
<b>trt</b>	Factor de transmisión total

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



## TRANSMISION (CON ABSORCION)

n	Número de cubiertas
ta	Factor de transmisión con absorción
k	Coefficiente de extinción (1/cm)
L	Espesor de cubierta (cm)
t	Transmisión total

## ABSORCION DE LA PLACA PLANA DEL COLECTOR

t(a)	Factor de absorción de la placa plana del colector
t(a)e	Factor de absorción efectiva de la placa plana del colector
a	Absorción solar por parte de la placa
Rd1	Reflexión difusa a un ángulo de 60° (reflexión especular) para una sola placa

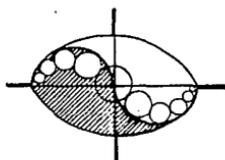
## ANALISIS TERMICO

Ac	Area de captación
Qu	Energía que gana el fluido (calor útil)
Ql	Pérdidas por calor (conducción, convección y radiación)
Qs	Calor almacenado por el sistema solar

# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

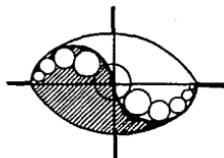
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



Ut	Coefficiente de pérdidas de calor por la parte superior del colector
Ub	Coefficiente de pérdidas de calor por la parte posterior del colector
U1	Coefficiente global de pérdidas de calor del colector
k	Conductividad térmica del aislante (w/m°C)
l	Espesor del aislante (m)
Ep	Emisividad de la placa
Ev	Emisividad del vidrio
p	Número de placa
Stefan-B	Constante de Stefan-Boltzman
tp	Temperatura de placa
L	Espesor de la placa
Hr,p-c	Coefficiente por radiación entre la placa y la cubierta
ta	Temperatura ambiente (°C)
tc	Temperatura ambiente (K)
S	Incidencia de rayos solares horaria
tm	Temperatura media (K)
Hr,c-a	Coefficiente de radiación entre la última cubierta y el ambiente

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



## TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION ENTRE PLACAS PARALELAS INCLINADAS

Ra	Número de Raleigh
Nu	Número de Nusselt
Hw	Coefficiente de convección entre una placa plana y el ambiente
p	Presión en atmósferas
v	Velocidad del viento en m/s
tc	Temperatura de cubierta

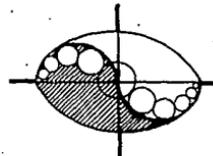
### ANALISIS DEL COLECTOR DE TUBÓ Y ALETA

F	Factor de aleta
W	Distancia entre ejes de tubos
D	Diámetro de tubo (m)
k	Conductividad térmica de la placa
d	Espesor de la placa (m)
F'	Factor de eficiencia
Cb	Conductancia de la unión
k	conductividad térmica de la unión (w/m K)
l	Espesor de la unión (m)

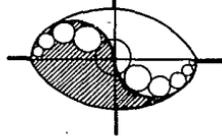
# ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



<b>b</b>	Longitud de la unión (m)
<b>Di</b>	Diámetro interior del tubo (m)
<b>Hfi</b>	Coefficiente de convección del fluido y el tubo (1500 w/m <sup>2</sup> K con circulación forzada)
<b>Fr</b>	Factor de remoción de calor
<b>G</b>	Flujo másico por unidad de superficie kg/s m <sup>2</sup>
<b>Cp</b>	Calor específico del fluido J/kg °C
<b>N</b>	Eficiencia del colector
<b>NI</b>	Pérdidas de calor de todo el sistema
<b>A.S.</b>	Aportación solar
<b>m</b>	Masa de agua caliente
<b>ts</b>	Temperatura de salida del colector
<b>Densid.</b>	Densidad del fluido



**PROGRAMA DE COLECTORES SOLARES PLANOS**

**TEMAS SELECTOS DE HELIODISEÑO**

CIUDAD : Toluca, Edo. de Mexico  
 LATITUD : 19.3 N  
 LONGITUD : 99.66 W

S : 19.3 MES : ENERO  
 ACIMUT : 21 W d : -20.92  
 n1 : 1 n2 : 1.526 n : 1

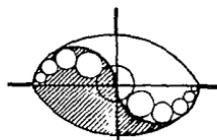
HORA	W	O1	Hth	HR	O2	R1	R2
			w/m2	kJ/hr m2			
7:00	75	70.16	64.3	231.48	38.05	0.31	0.04
8:00	60	56.49	237.8	856.08	33.12	0.16	0.00
9:00	45	43.40	438.73	1579.43	26.76	0.09	0.01
10:00	30	31.68	625.45	2251.62	20.13	0.06	0.03
11:00	15	23.52	757.3	2726.28	15.16	0.05	0.03
12:00	0	23.09	804.82	2897.35	14.89	0.05	0.03
13:00	-15	30.72	757.3	2726.28	19.56	0.06	0.03
14:00	-30	42.24	625.45	2251.62	26.14	0.09	0.01
15:00	-45	55.24	438.73	1579.43	32.57	0.15	0.00
16:00	-60	68.87	237.8	856.08	37.68	0.29	0.03
17:00	-75	82.78	64.3	231.48	40.55	0.65	0.36

Rd(1) : 0.16 a : 0.94 L : 0.3 cm  
 a1 : 0.26 k : 0.161

HORA	Rt	tr1	tr2	trt	ta	t	t(a)
7:00	0.18	0.52	0.92	0.72	0.94	0.68	0.63
8:00	0.08	0.73	1.00	0.86	0.94	0.82	0.76
9:00	0.05	0.83	0.98	0.90	0.95	0.86	0.80
10:00	0.05	0.88	0.95	0.91	0.95	0.87	0.81
11:00	0.04	0.90	0.93	0.92	0.95	0.87	0.81
12:00	0.04	0.90	0.93	0.92	0.95	0.87	0.81
13:00	0.05	0.88	0.95	0.91	0.95	0.87	0.81
14:00	0.05	0.84	0.97	0.91	0.95	0.86	0.80
15:00	0.07	0.74	1.00	0.87	0.94	0.82	0.76
16:00	0.16	0.55	0.94	0.74	0.94	0.70	0.65
17:00	0.50	0.21	0.47	0.34	0.94	0.32	0.29

Ep : 0.9 p : 1 Stefan-B 5.67E-08  
 Ev : 0.88 L : 0.025  
 tp : 333 K = 60° C

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**



HORA	t(a)e	S	ta	tc	hr,p-c	tm	a
			Toluca	K		K	K
7:00	0.64	148.86	278.5	291.66	5.56	312.33	0.32
8:00	0.77	660.58	280.5	293.16	5.60	313.08	0.32
9:00	0.81	1277.48	282.5	294.66	5.64	313.83	0.32
10:00	0.82	1844.97	284.5	296.17	5.68	314.59	0.32
11:00	0.82	2241.43	286.5	297.67	5.72	315.34	0.32
12:00	0.82	2382.34	291.5	301.43	5.82	317.22	0.32
13:00	0.82	2235.14	289.5	299.93	5.78	316.47	0.32
14:00	0.81	1824.84	287.5	298.42	5.74	315.71	0.32
15:00	0.78	1227.76	283.5	295.42	5.66	314.21	0.32
16:00	0.66	567.21	280.5	293.16	5.60	313.08	0.32
17:00	0.31	71.84	279.5	292.41	5.58	312.71	0.32

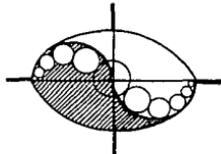
v : 5 m/s Cp : 4190  
 tp : 60 °C

HORA	Ra	Nu	k	h,p-c	hr,c-a	hw	Ut
7:00	49989.95	3.36	2.72E-02	3.66	4.63	24.7	7.02
8:00	47626.91	3.33	2.73E-02	3.63	4.71	24.7	7.03
9:00	45312.61	3.29	2.74E-02	3.60	4.80	24.7	7.04
10:00	43031.13	3.25	2.74E-02	3.57	4.89	24.7	7.04
11:00	40811.7	3.22	2.75E-02	3.53	4.98	24.7	7.05
12:00	35447.8	3.12	2.76E-02	3.44	5.20	24.7	7.07
13:00	37554.04	3.16	2.76E-02	3.48	5.11	24.7	7.06
14:00	39719.24	3.20	2.75E-02	3.52	5.02	24.7	7.06
15:00	44158.33	3.27	2.74E-02	3.58	4.84	24.7	7.04
16:00	47626.91	3.33	2.73E-02	3.63	4.71	24.7	7.03
17:00	48802.27	3.34	2.73E-02	3.65	4.67	24.7	7.02

k : 0.036 aislante k : 385 aleta w : 0.15  
 l : 0.03 esp. aisl d : 0.0003 aleta D : 0.016  
 Cb : 50 Di : 0.013 Hfi : 1500 G : 0.01

HORA	ta	Tc	Tc	Ub	UI	UI	m
	C	C	real		w/m2	kJ/hr m2	
7:00	5	18.16	18.16	1.2	8.22	29.58	8.44
8:00	7	19.66	19.66	1.2	8.23	29.62	8.44
9:00	9	21.16	21.16	1.2	8.24	29.65	8.44
10:00	11	22.67	22.67	1.2	8.24	29.68	8.45
11:00	13	24.17	24.17	1.2	8.25	29.71	8.45
12:00	18	27.93	27.93	1.2	8.27	29.78	8.46
13:00	16	26.43	26.43	1.2	8.26	29.75	8.46
14:00	14	24.92	24.92	1.2	8.26	29.73	8.46
15:00	10	21.92	21.92	1.2	8.24	29.67	8.45
16:00	7	19.66	19.66	1.2	8.23	29.62	8.44
17:00	6	18.91	18.91	1.2	8.22	29.60	8.44

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



te : 15 °C

HORA	F	F'	Fr	Qu	N
				1.6	
7:00	0.91	0.88	0.81	-189.99	-0.51
8:00	0.91	0.88	0.81	547.50	0.40
9:00	0.91	0.88	0.81	1420.75	0.56
10:00	0.91	0.88	0.81	2230.00	0.62
11:00	0.91	0.88	0.81	2818.23	0.65
12:00	0.91	0.88	0.81	3190.99	0.69
13:00	0.91	0.88	0.81	2924.50	0.67
14:00	0.91	0.88	0.81	2318.32	0.64
15:00	0.91	0.88	0.81	1394.57	0.55
16:00	0.91	0.88	0.81	426.83	0.31
17:00	0.91	0.88	0.81	-251.48	-0.68

A.S. : 0.7      Cp : 4.19      m : 570  
 NI : 0.1      Densid. : 1000      ts : 45

HR	Qu	Nd	Ql	Ac
	1.6	1.60		
suma	suma			
18187.13	16830.22	0.58	71649	5.30

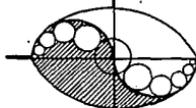
Tamaño modulo 1.6

Numero modulos 3.31

Casa 80 lts/m2(Ac)

Tanque térmico 423.82 lts

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO



## COSTOS DEL EQUIPO DE CALENTAMIENTO DE AGUA

De acuerdo a los cálculos hechos para calentamiento de agua de uso doméstico, tenemos un **Ac de 5.30 m<sup>2</sup>** (Ac = área de captación o área de colectores) con colectores nacionales de **1.6 m<sup>2</sup>**, y un número de ellos de **3.30 colectores = 3 colectores** (se redondea hacia abajo por que en casas habitación la demanda no es crítica como en un hospital por ejemplo).

Así tenemos:

$$3 \text{ colectores nacionales de } 1.6 \text{ m}^2 * \$ 720.00 \text{ c/u} = \underline{\$ 2,160.00}$$

Tenemos un resultado para el termotanque de **423.82 lts** y en el mercado se ofrecen termotanques de 250 y 500 lts, por lo tanto:

$$1 \text{ termotanque de } 500 \text{ lts} * \$ 1,920.00 = \underline{\$ 1,920.00}$$

Así tenemos un total de equipo de:

$$\$ 2,160.00 + \$ 1,920.00 = \underline{\$ 4,080.00 \text{ de equipo}}$$

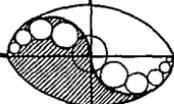
A este costo se le agrega la mano de obra y soportes que es de aproximadamente el 30% del valor total del equipo:

$$\$ 4,080 + \$ 1,224.00 (30\%) = \underline{\$ 5,304.00 \text{ de equipo e instalación}}$$

## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# EQUIPO FOTOVOLTAICO

## CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

**Nota aclaratoria:** Es importante señalar que los equipos fotovoltaicos aún no son competitivos en las ciudades, ya que sigue siendo más económico conectarse a la red eléctrica convencional. Sin embargo en lugares apartados de las ciudades donde no se cuenta con el suministro de energía eléctrica, la opción fotovoltaica es la mejor, y se hizo este estudio con fines didácticos para la clase de Temas Selectos de Heliodiseño a cargo del Ing. Rodolfo Martínez Strelve.

En primer lugar se busca en el MAPA DE INSOLACION DE MEXICO APLICABLE A SISTEMAS FOTOVOLTAICOS las horas pico en la zona de Toluca, Estado de México:

TOLUCA      4.3 H - P

Escogemos el modulo fotovoltaico a usar y vemos su potencia pico en watts y la energía que puede dar con 4.3 Horas-Pico de insolación:

MODULO      48 w = 12.6 A - hr

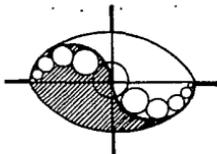
Determinamos los aparatos a usar, el número de cada uno de ellos, su potencia en watts, tiempo de uso y energía requerida:

<u>APARATO</u>	<u>PIEZAS</u>	<u>WATTS</u>	<u>CARGA</u> <u>(watts)</u>	<u>TIEMPO</u> <u>(Horas)</u>	<u>ENERGIA</u> <u>(w - hr)</u>
.Lámparas fluorescentes	30	20	600	0.5	300
T.V. color 20"	1	90	90	4	360
Videocasetera	1	100	100	2	200
Bomba 1/4 HP	1	400	400	0.80	320

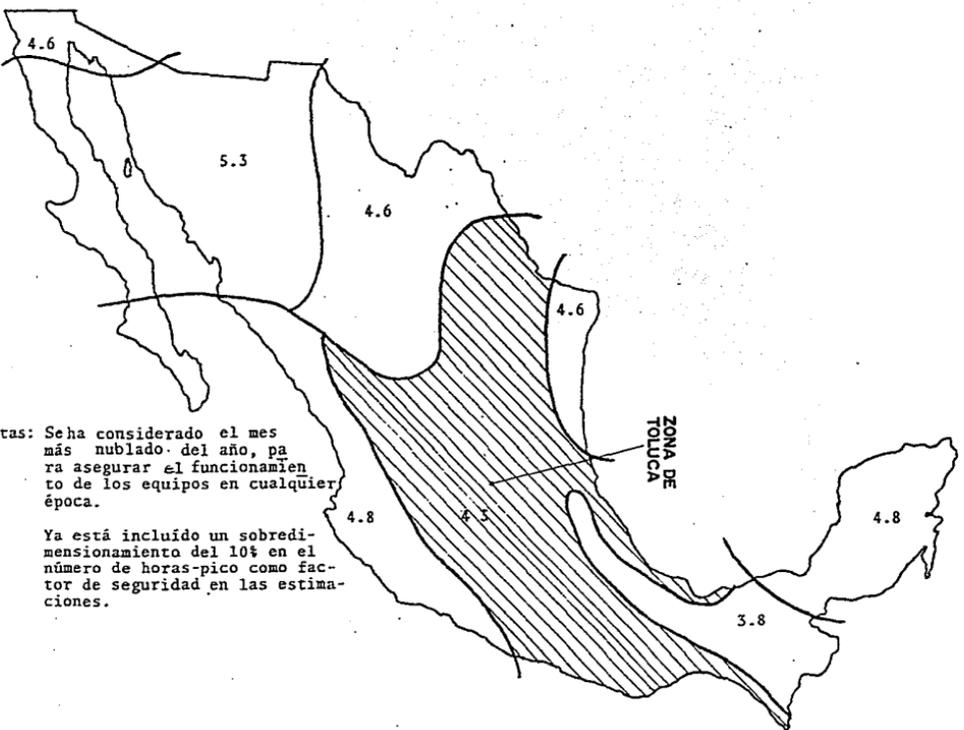
## ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

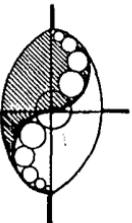


MAPA DE INSOLACION DE MEXICO APPLICABLE A SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS  
(UNIDADES: HORAS-PICO)



Notas: Se ha considerado el mes más nublado del año, para asegurar el funcionamiento de los equipos en cualquier época.

Ya está incluido un sobredimensionamiento del 10% en el número de horas-pico como factor de seguridad en las estimaciones.



Licudadora	1	70	70	0.10	7
Lavadora	1	400	400	1	400
Refrigerador	1	250	250	10	2500

**CARGA TOTAL**      **1,910 w**

**CORRIENTE ALTERNA**      **4,087 w - hr**

Se escoge el inversor y se aplica su eficiencia:

$4,087 \text{ w - hr} / 0.92 \text{ (92\% de eficiencia)} = \underline{4,442 \text{ w - hr energía a suministrar}}$

Con el voltaje del inversor aplicado a la energía a suministrar obtenemos el amperaje-hora necesario:

$4,442 \text{ w - hr} / 12.5 \text{ v (voltaje del inversor)} = \underline{355 \text{ A - hr requerido}}$

Obtenemos el número de módulos al dividir el amperaje-hora requerido entre el amperaje que puede suministrar el módulo fotovoltaico con las horas pico de Toluca:

$355 \text{ A - hr} / 12.6 \text{ A - hr (módulo)} = 28.2 = \underline{28 \text{ módulos de 48 w}}$

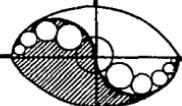
### **COSTOS DEL EQUIPO FOTOVOLTAICO**

<u>CONCEPTO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>TOTAL</u>
Módulos de 48 w-pico	28	\$ 1,376.00 c/u	\$ 38,528.00
Baterías 100 A-hr (1 c/ módulo)	28	\$ 283.00 c/u	\$ 7,924.00
Controlador (1 c/ 5 módulos)	6	\$ 294.00 c/u	\$ 1,764.00

# **ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



Inversor (2,000 w)	1	\$ 5,427.00	\$ 5,427.00
--------------------	---	-------------	-------------

**TOTAL \$ 53,643.00 + IVA**

**TOTAL \$ 61,689.00 IVA INCLUIDO**

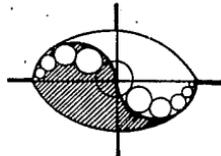
Además se le agrega un 30% del valor del equipo para instalación y soportes:

$\$ 61,689.00 + \$ 18,507 (30\%) = \underline{\underline{\$ 80,196.00 \text{ GRAN TOTAL}}}$

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



# BIBLIOGRAFIA

## **INTRODUCCION AL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS SOLARES ACTIVOS**

JOSE LUIS FERNANDEZ ZAYAS

SERIES DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM, No. D - 26

UNAM, MEXICO, 1987

## **ACTUALIZACION DE LOS MAPAS DE IRRADIACION GLOBAL SOLAR EN LA REPUBLICA MEXICANA**

RAFAEL ALMANZA SALGADO

VICENTE ESTRADA - CAJIGAL RAMIREZ

JOEL BARRIENTOS AVILA

SERIES DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM, No. 543

UNAM, MEXICO, 1992

## **SOLOGRAMA PARA LATITUDES DE LA REPUBLICA MEXICANA (16° N - 32° N)**

J.L. AGUIRRE GAS, B. MARTINEZ VERA

UNAM, MEXICO, 1990

## **DATOS GEOFISICOS, SERIE B, METEOROLOGIA 2**

AGUSTIN MUHLIA VELAZQUEZ

INSTITUTO DE GEOFISICA

UNAM, MEXICO, 1984

## **ARQUITECTURA Y CLIMA**

### **ACONDICIONAMIENTO TERMICO NATURAL PARA EL HEMISFERIO NORTE**

ARQ. ROBERTO RIVERO

UNAM, MEXICO, 1988

## **THE ARCHITECTURE OF ENERGY**

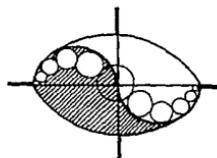
DEAN HAWKES AND JANET OWERS

CONSTRUCTION, ESSEX, 1981

# **ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994



**DESIGN AND BUILDING A SOLAR HOUSE : YOUR PLACE IN THE SUN**

DONALD WATSON

GARDEN WAY, CHARLOTTE, VERMONT, 1977

**SOL Y DISEÑO : INDICE TERMICO RELATIVO**

ERNESTO PUPPO

MARCOMBO, BARCELONA, 1976

**SMALL SOLAR BUILDINGS IN COOL NORTHERN CLIMATES**

DAVID OPPENHEIM

ARCHITECTURAL, LONDRES, 1981

**LA CASA AUTONOMA : DISEÑO Y PLANIFICACION PARA LA AUTOSUFICIENCIA**

BRENDA Y ROBERT VALE

GUSTAVO GILI, BARCELONA, 1971

**EL COLOR EN LA ARQUITECTURA**

MARTINA DUTTMAN

GUSTAVO GILI, BARCELONA, 1982

**ENERGY CONSERVATION THROUGH BUILDING DESIGN**

DONALD WATSON

MCGRAW - HILL, NEW YORK, 1979

**VIVIENDA Y CLIMA**

VLADIMIRO ACOSTA

NUEVA VISION, BUENOS AIRES, 1976

**ARQUITECTURA BIOCLIMATICA**

JEAN LOUIS IZARD, ALAIN GUYOT

GUSTAVO GILI, BARCELONA, 1980

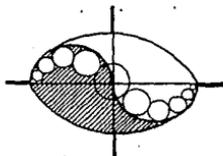
---

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

---



**MANUAL PARA EL DISEÑO BIOCLIMATICO Y ECOTECNICAS EN CONJUNTOS  
HABITACIONALES**

DOCUMENTOS DE INVESTIGACION TECNICA DEL INFONAVIT, No. 6

SUBDIRECCION TECNICA

DEPARTAMENTO DE DISEÑO E INVESTIGACION

INFONAVIT, MEXICO, 1989

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA / INFORMATICA

ORBIS, MARCOMBO, BARCELONA, 1986

**EL LIBRO DE LA ENERGIA SOLAR PASIVA**

EDWARD MAZRIA

TECNOLOGIA Y ARQUITECTURA

CONSTRUCCION ALTERNATIVA

GUSTAVO GILI, MEXICO, 1985

**FUNDAMENTALS IN BUILDING DESIGN**

BRUCE ANDERSON

MCGRAW - HILL, NEW YORK, 1977

**SUCCESSFUL, SOLAR ENERGY SOLUTIONS**

SORUILLE BRADEN, KATHLEEN STEINER

VAN NOSTRAND REINHOLD, NEW YORK, 1980

**LA ENERGIA SOLAR EN LA EDIFICACION**

CHARLES CHAULIAGUET

TECNICOS ASOCIADOS, BARCELONA, 1978

**FUNDAMENTALS OF SOLAR HEATING**

RICHARD C. SCHUBERT, L.D. RYAN

PRENTICE - HALL, NEW JERSEY, 1981

**ESPECIALIZACION EN HELIODISEÑO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1994

