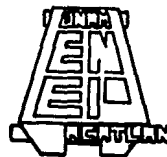


12  
24



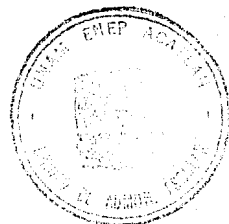
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN



ARQUITECTURA AL COMPAS SOLAR

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
A R Q U I T E C T O  
P R E S E N T A :  
ENRIQUE HERNANDEZ DIAZ



MEXICO, D. F.

TEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# INDICE

# ARQUITECTURA AL COMPAS SOLAR

## I N D I C E

CAPITULO	TEMA	PAGINA
INTRODUCCION	INTRODUCCION	1
	OBJETIVO GENERAL	
	OBJETIVOS ESPECIFICOS	
	ANTECEDENTES	
	META	
	LIMITACIONES	
EL SOL	EL SOL	6
	TIEMPO	
	EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS	
	MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL	
	BOVEDA CELESTE/RUTA DEL SOL	
COMPAS SOLAR	COMPAS SOLAR	20
	UNA ALTERNATIVA EL COMPAS SOLAR	
	INTERPRETACION SOBRE EL COMPAS SOLAR	

CAPITULO	TEMA	PAGINA
SOLEAMIENTO TEORICO	SOLEAMIENTO HORA DE PASO DEL SOL POR EL PLANO DE UNA FACHADA E INTERVALO DE -- TIEMPO DE LA INSOLACION.	40
MASCARAS DE PROTECCION	MASCARAS MASCARAS DE PROTECCION HORIZONTAL ORIENTACION DE UNA MASCARA MASCARAS DE PROTECCION VERTICAL OTRA UTILIDAD DE LAS MASCARAS	50
SOLE AMIENTO EFECTIVO	SOLEAMIENTO EFECTIVO	90
RELOJES SOLARES	RELOJES DE SOL CONSTRUCCION DE UN CUADRANTE HORIZONTAL CONSTRUCCION DE UN CUADRANTE VERTICAL	98
ESTUDIO DE LUZ Y SOMBRA	ESTUDIOS DE LUZ Y SOMBRA SOBRE UN MODE- LO A ESCALA. HIPERBOLA HORARIO-ESTACIONAL.	107
CONCLUSIONES		114
GLOSARIO		117
BIBLIOGRAFIA		122
ANEXO		124

# INTRODUCCION

# ARQUITECTURA AL COMPAS SOLAR

## INTRODUCCION .

La meta de la arquitectura es crear espacios que cumplan con las funciones - para las que fueron diseñadas, ésto se reflejará en el bienestar físico y -- psicológico de quienes los habitan. Esto, en la mayoría de los casos, el diseg -- ñador no lo logra por falta de un estudio adecuado.

Dentro de los estudios, el más descuidado es el de la orientación, pero en -- él nos apoyamos para justificar nuestro proyecto, siendo el factor primor -- dial para el buen desempeño del espacio.

La problemática de la orientación está compuesta de los siguientes factores:

TOPOGRAFIA  
PRIVACIDAD  
VISTA  
RUIDO  
CLIMA

La tarea del arquitecto es solucionar por medio de la forma, materiales, co -- lores y disposición de elementos, la adaptación de las construcciones al me -- dio ambiente.

## OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de este trabajo es establecer una relación más íntima del sol con la arquitectura.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

La tesis intenta integrar un acervo de conocimientos sobre el sol y, básicamente, sobre el soleamiento; para que sea una herramienta útil para el diseño y evaluación, mediante el cálculo de insolación directa y obstrucciones, incrementando la racionalidad en las decisiones de diseño arquitectónico y planteamiento urbanístico.

## ANTECEDENTES

Los términos de arquitectura solar, bioclima, ecodiseño, etc., son utilizados para denominar un tipo de construcción optimizada, con respecto al confort térmico, y esto sólo se puede lograr analizando las condiciones físico-geográficas del lugar, como punto de partida.

En términos generales, el funcionamiento de una construcción optimizada depende, básicamente, de obtener temperaturas de confort en el interior por medios naturales; es decir, a través de un diseño adecuado de ventila-



ción, el uso de un sistema que capte, almacene y distribuya las cargas térmicas y un estudio de la orientación.

Las universidades del país en sus planes de estudio contemplan, en mayor o menor medida, estos tipos de análisis, los cuales son indispensables para diseñar espacios confortables, pero con los inconvenientes que son muy laboriosos y requieren de mucho tiempo para su comprensión.

En relación a las ediciones referentes al tema "arquitectura solar", el tópico sobre el sol forma parte de un pequeño capítulo, con poca información y falta de análisis.

## **META**

Contar con un sistema gráfico que proporcione al usuario la posibilidad de:

- Calcular las trayectorias solares
- Calcular los ángulos de incidencia del sol, altura solar (h) y azimuth (a)
- Determinar las horas y dirección del orto y ocaso
- Determinar las horas de soleamiento de una fachada
- Evaluar el tiempo de insolación de un ventanal
- Evaluación de soleamiento de un espacio abierto o cerrado
- Cálculo de áreas iluminadas o de sombra producidas en el suelo

- Cálculo de sombra producida en fachadas por elementos
- Construcción de relojes solares
- Estudio de sombras sobre un modelo a escala
- Cálculo del soleamiento teórico y efectivo

Estos son algunos de los ejemplos que se podrán manejar y calcular para cualquier latitud del mundo, a la hora y día que se elija.

## LIMITACIONES

El ser una herramienta de diseño, no proporciona soluciones "mágicas", éstas dependerán de la habilidad del usuario y de sus conocimientos respecto al sol y de los estudios complementarios.

Este trabajo no trata los temas relacionados con bioclima y confort térmico, no porque sean ajenos o de menor importancia, sino porque éstos constituyen temas particulares y complementarios a tratar.

**EL SOL**

## EL SOL .

El sol, centro de nuestro sistema solar, en torno a él describen sus órbitas nueve planetas, siendo el tercero la tierra. Nuestro planeta depende de él - para la vida, todas o casi todas las fuentes de energía han sido alimentadas por el sol.

La distancia Tierra-Sol es de 149.6 millones de kilómetros promedio y no varía en el transcurso del año, ya que la trayectoria de la tierra es una elipse de excentricidad muy pequeña ( $E=0.017$ ).

La órbita de la tierra alrededor del sol, se denomina como movimiento de traslación, define una trayectoria de este tipo y en uno de sus focos está el sol. El plano que contiene esta órbita se llama "Plano de la Eclíptica", porque en él se verifican los eclipses del sol y de luna.

La tierra es iluminada parcialmente por los rayos solares, provocando el día y la noche, al ir girando sobre su eje 15 grados por hora, al cabo de recorrer 360 grados completará una rotación en 24 horas.

La duración del día y la noche en un lugar de la tierra está sujeta a variaciones durante el año, estas variaciones dependen de la latitud y de la posición en que recibe los rayos la tierra. Uno de los errores más comunes es pensar que las estaciones dependen de la distancia respecto al sol, pero la verdad es que en verano siendo una de las estaciones más calurosas, el sol -

se encuentra en la posición más lejana de la tierra, a este punto se le denomina Afelio (1 de Julio), por el contrario, el punto más cercano al sol es - el Perihelio (1 de Enero), siendo el invierno la estación más fría en el hemisferio norte. La explicación de la duración del día, la noche y de las estaciones no reside en la distancia, sino en la posición como recibe los rayos la tierra. (fig. A1).

## EL TIEMPO

### TIEMPO SIDEREAL

El movimiento angular de la Tierra se determina por la unidad de movimiento que es el día sidéreo, que consiste en la velocidad de rotación de la esfera celeste a 360 grados por 24 horas sidéreas. Estos a su vez, en unidades de arco, serán de 15 grados por hora, 15 minutos por minuto y 15 grados por segundo

De esta manera, podemos denominar como día sidéreo al segmento de tiempo -- transcurrido entre el paso por el mismo meridiano superior de una estrella; -- también es susceptible de subdividirse en 24 intervalos que serían las horas y éstas en 60, llamados minutos, que a su vez lo son en otros 60, llamados segundos sidéreos.

Por último, tenemos que el año sidéreo es el tiempo transcurrido en el que el sol pasa por el mismo lugar sobre la eclíptica.

#### TIEMPO VERDADERO.

El día solar verdadero es el paso consecutivo de sol, por un mismo meridiano, pero éste será más largo que el día sideral. Los días solares son, además de iguales debido a que no es uniforme el movimiento de traslación al recorrer su órbita. Las razones principales se deben a que, la Tierra marchará a velocidad mayor, cuanto más cerca está del sol, en virtud de la segunda Ley de Kepler. Y ésta es más notoria cuando la Tierra pasa por el perihelio y aumenta de velocidad angular, en el punto más cercano al sol, lo. de enero, disminuyendo hasta la mínima, cuando pasa por el afelio o punto más lejano al sol, 4 de julio.

Otra de las causas, es la oblicuidad de la eclíptica, donde el sol describe arcos diarios cada vez mayores a medida que se aproxima a los puntos equinoxiales, disminuyendo en los puntos cercanos a los solsticiales.

#### TIEMPO MEDIO.

La vida activa del hombre está regida por la duración del día y la noche, debido a la desigualdad que tiene el tiempo solar verdadero, se ha tenido que implementar una unidad de tiempo llamada día solar medio, que se obtiene al imaginar un sol que gire alrededor de la Tierra, a una velocidad constante, lo que nos proporciona el día solar medio, el cual es susceptible de dividirse en 24 horas, 60 minutos y 60 segundos, siendo constante para todo el año.

## TIEMPO CIVIL O.T.U.

Por convenio internacional celebrado en Washington en 1888, cada nación adopta una hora legal. Resultado de dividir la Tierra en husos de  $15^\circ$ , como horas tiene el tiempo civil. El meridiano que sirvió como base para esta división del tiempo fue el de Greenwich ( $0^\circ, 0', 0''$ ). Las 0 horas de tiempo civil o universal es la medianoche medida en Greenwich, cuando el sol medio pasa por el meridiano cuya longitud geográfica referida a Greenwich es de  $180^\circ$ .

México situado al occidente del meridiano GMT ( $0^\circ$ ), le corresponden dos husos horarios el de  $90^\circ$  ó 6h y el de  $120^\circ$  u 8h, al oeste de Greenwich. Lo que rige que en el país tengamos dos horas oficiales, la hora del centro y la hora del pacífico u Oeste (decreto de fecha 16 de enero de 1932). La ciudad de México está situada a  $9^\circ 11' 41''$  al oeste de meridiano  $90^\circ$  (observatorio de Tacubaya). Lo que habrá que sumar 36 m 46 s 74 a la hora oficial del huso  $90^\circ$ .

## ECUACION DEL TIEMPO

Es la diferencia positiva o negativa entre el tiempo medio local y el tiempo verdadero, para un lugar determinado  $Eq=tm-tu$ .

Puede definirse la ecuación del tiempo, como la hora que debe marcar un cronómetro de tiempo medio, al pasar por el sol verdadero por el meridiano, ya que éste no es constante.

En primer término se requiere restar los 36 m 46 s 74 que adelanta la hora oficial, y a esa sustraerle la ecuación del tiempo, o sea. los minutos y segundos que en ese día se adelanta o retrasa el tiempo universal con respecto al tiempo solar verdadero, que son 14m 23 s (fig. A.2) si sumamos ambas sustracciones nos proporcionará un retraso de 51 m 9 s 74, que cuando el reloj oficial marque las 12 horas, en realidad serán las 11 horas 8 m 50 s 15 de tiempo solar verdadero.

El conocer la ecuación del tiempo, tiene varias aplicaciones, entre ellas, - el trazado de la meridiana cuando se posee un reloj solar y el determinar la sombra de un edificio o la insolación en un vano a la hora solar verdadera.

NOTA: En resumen la gráfica de la fig. A.2 se refiere al adelanto o al retraso del sol verdadero con respecto al sol medio.

Con muy pocas variaciones de un año a otro, los valores de la ecuación del tiempo pasan por cuatro valores nulos, dos máximos y dos mínimos.

11 Febrero	+14m 17s
16 Abril	0m 0s
15 Mayo	-3m 43s
13 Junio	0m 5s
26 Julio	+6m 27s
1 Septiembre	0m 0s
3 Noviembre	-16m 24s
25 Diciembre	0m 0s



## EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS

La Tierra en su viaje anual alrededor del sol va siendo bañada por los rayos solares en diferentes posiciones, hay cuatro puntos en donde la Tierra cambia de estación, estos son los equinoccios y los solsticios.

Los equinoccios son los puntos en donde el plano del ecuador coincide con el plano de la tierra, y ahí el valor de la declinación es nula, esto determina que los rayos solares se reciban perpendiculares en el ecuador, también la duración del día y la noche serán iguales en toda la tierra; por otro lado, comienza la primavera (21 de Marzo) y ésta pasará al hemisferio Boreal, aumentando el valor de la declinación día con día (+).

El 23 de septiembre marca la fecha en que se repite el fenómeno, pero con las siguientes variantes: inicia el otoño con un valor nulo en la declinación, y ahora el valor de la misma irá en decremento pasando la Tierra al hemisferio Austral (-).

Solsticio de verano, es el punto donde el plano de la eclíptica tiene la mayor abertura  $23^{\circ} 27'$  (declinación), esto se verifica el día 21 de junio, marcando la entrada del verano. Las localidades situadas en el Trópico de Cáncer serán las que reciban los rayos solares perpendicularmente, además de tener el sol en el cenit al medio día.

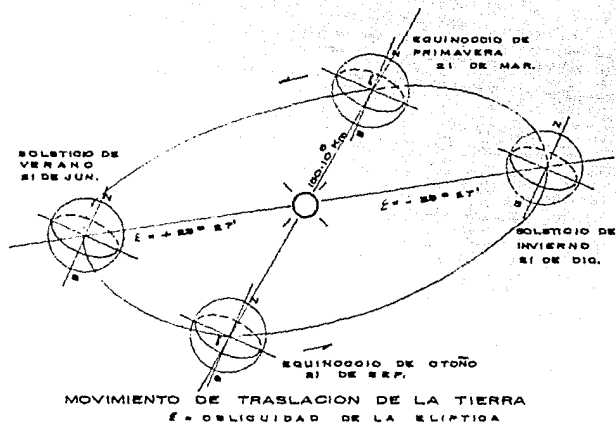
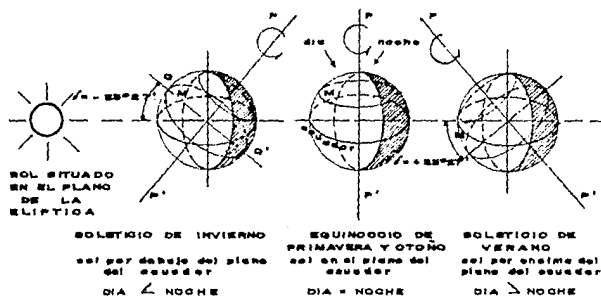


FIG.A.1

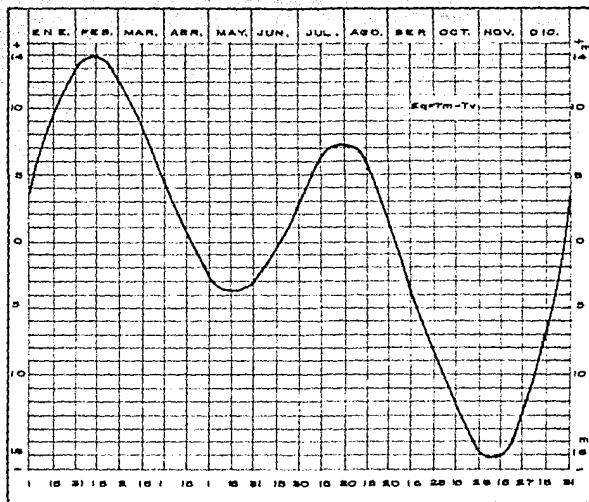


POSICIONES RELATIVAS DE LA TIERRA EN EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS

ECUACION DEL TIEMPO

AO<sup>n</sup> T.U.

FIG.A.2



VALORES DE LA DECLINACION SOLAR,  $\delta$ , a O<sup>n</sup> T.U., LOS DIAS 1, 5, 10, 15, 20 Y 25 DE CADA MES

DIAS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
1	23 4	17 20	7 64	14 14	14 50	21 58	28 10	33 20	37 28	40 10	41 40	42 16
5	23 48	18 10	6 22	5 48	15 1	22 27	28 22	32 17	35 7	37 28	38 20	38 16
10	23 4	14 27	4 20	7 20	17 24	22 27	28 20	32 42	35 18	37 20	38 28	38 20
15	23 16	12 27	2 28	9 28	18 40	25 12	31 20	34 18	36 21	37 18	37 18	37 18
20	20 17	11 18	-0 28	11 14	18 48	23 20	28 42	32 48	35 20	36 10	36 18	36 28
25	18 9	9 23	-1 28	12 28	20 48	25 24	30 11	34 28	36 28	37 18	37 28	37 28

FIG.A.3

El solsticio de invierno, por lo contrario, es donde el plano de la eclíptica tiene el máximo valor negativo en la declinación ( $-23^{\circ}27'$ ), iniciando el 21 de diciembre el invierno y las localidades situadas en la latitud del Trópico de Capricornio serán las últimas que tendrán el sol en el cenit.

Con respecto a la duración del día y la noche en el hemisferio norte en invierno, el día es menor que la noche. En verano, el día es más largo que la noche invirtiéndose estos fenómenos en el hemisferio sur.

#### MOVIMIENTO APARENTE DEL SOL.

En el cielo se distinguen multitud de objetos brillantes llamados astros, durante el día sólo se puede ver el sol y a veces la luna.

Para este estudio sólo nos interesa un solo astro, el sol y su trayectoria, desde el orto hasta el ocaso.

Para simplificar tendremos que volver a la época anterior a la de Nicolás Copérnico, en la que se pensaba que el sol giraba alrededor de la Tierra y ésta estaba completamente inmóvil, para lo cual, tendremos que imaginarnos una "esfera celeste" que envuelve a la tierra y en ella se ven proyectados los astros y supondremos que ellos se mueven como el sol.

## BOVEDA CELESTE / RUTA DEL SOL

Esta esfera cuyo eje es el mismo que el de la Tierra, Norte-Sur, así como su movimiento de rotación visto desde la misma, parecerá que el Sol describe un círculo sobre la bóveda celeste.

Al considerar la magnitud de la bóveda celeste, se podría determinar infinitamente grande el radio (fig. A.4) debido a los trazos se tuvo que aumentar el tamaño de la Tierra, pero en realidad, la Tierra sería un punto envuelto por por la bóveda celeste.

### RUTA DEL SOL

En algunas publicaciones se le denomina como LA CAJA QUE CONTIENE TODOS LOS RAYOS. Esta denominación tal vez confunda al lector, ya que representa el movimiento aparente del sol alrededor de la Tierra. Por lo que para su mejor entendimiento lo llamaremos LA RUTA SOLAR ANUAL.

Este movimiento aparente, lo observamos también en la figura A.4 donde podríamos compararlo al movimiento de un perno o tornillo, el cual al ir roscando la tuerca va teniendo dos movimientos: uno rotativo y otro con un desplazamiento a través de la cuerda del perno.

La ruta solar anual sobre la bóveda celeste tiene estos dos movimientos, el rotativo que provoca el día y la noche, y el otro llamado declinación que determinará los cambios de estación.

Como se puede apreciar la posición del sol a través del año irá cambiando, en primer lugar, hora tras hora con la rotación aparente del sol y después con un desplazamiento día con día, dependiendo del valor de la declinación.

# Ruta del Sol

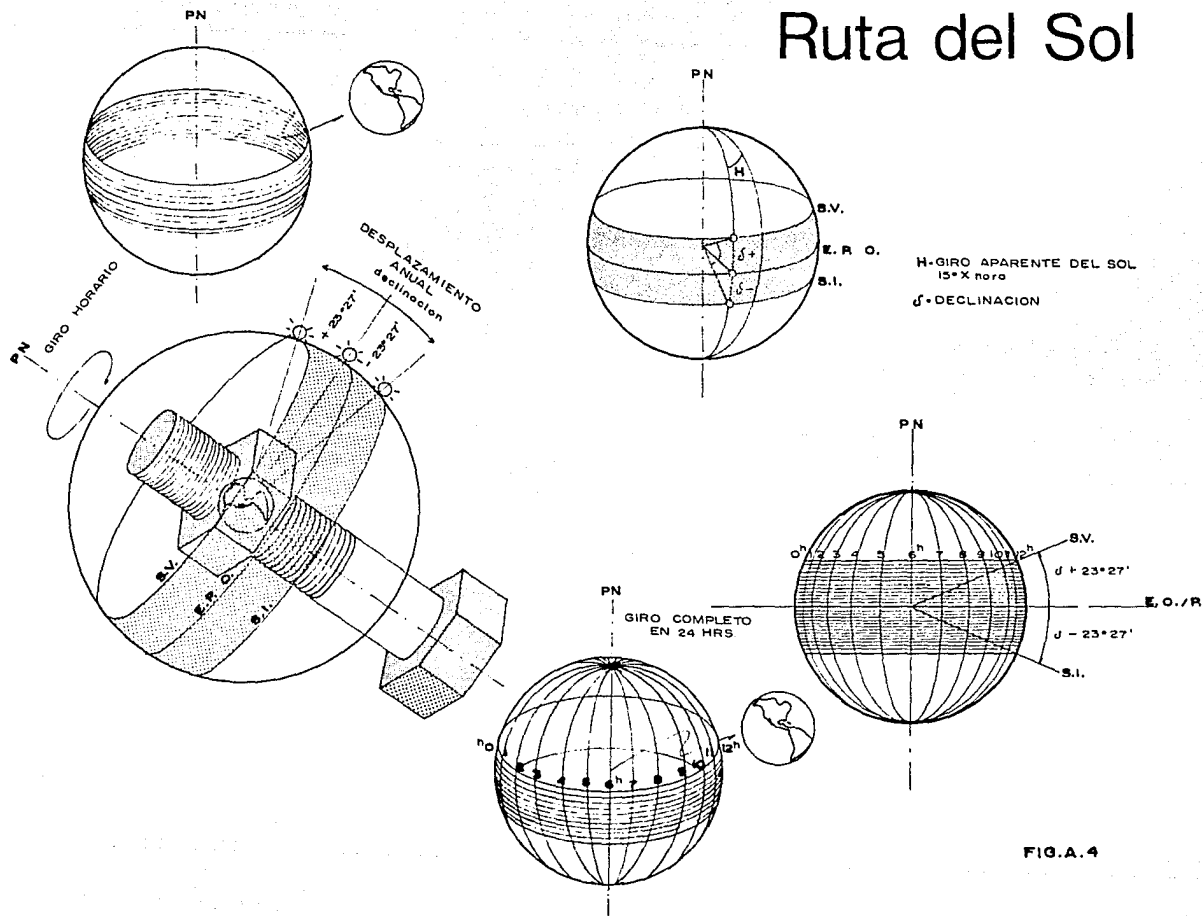


FIG.A.4

Cabe hacer la aclaración que la franja de las figs. A.4 representan el límite anual de la ruta solar, la cual recorrerá en dos periodos semestrales.

Partiendo del solsticio de verano el 21 de junio con la máxima declinación + 23° 27' iniciará su recorrido reduciendo el valor de la declinación hasta llegar a mínima -23°27'el 21 de diciembre en el solsticio de invierno, a partir de esta fecha el valor de la declinación se incrementará hasta retornar a la posición inicial cerrando el ciclo de un año solar medio.

#### BOVEDA CELESTE LOCAL .

La bóveda celeste local es la que observamos a diario cuando echamos una mirada al cielo, tanto como de día como por la noche y podemos sentir como nos cubre una inmensa cúpula transparente, en la que los astros parecen moverse lenta pero uniformemente sobre el firmamento, esta cúpula es limitada debajo por la superficie terrestre llamada horizonte.

Otra característica la observamos en la fig. A.6, en donde del lado izquierdo representa la bóveda celeste en una proyección ortogonal (un plano) y del lado derecho representa la misma bóveda celeste local en forma isométrica, dividida por un plano llamado horizonte, el cual contendrá las coordenadas geográficas en su borde. La sección de circunferencia que corta la bóveda celeste local, que va de norte a sur, se le denomina meridiana del lugar, la cual divide en dos semi-hemisferios este y oeste, sobre ésta encontraremos el punto más alto de la esfera que es el cenit (z), que es el producto de la inter

sección con una línea imaginaria contraria a la plomada en el lugar de observación (0), es decir; perpendicular al plano del horizonte y al lado opuesto encontraremos el nadir.

Para este estudio respecto al sol, diremos que el sistema de coordenadas geográficas no representa el llamado norte magnético, ya que el norte de la tierra y el magnético tienen pequeñas variaciones. Esta aclaración es pertinente antes de penetrar en los ejercicios.

Por último, la más significativa característica de la bóveda celeste local es la forma como se pueden observar los astros a diferentes latitudes.

En la fig. A.5 habrá que imaginarnos situados en alguna latitud de la tierra, en donde el plano del horizonte cortará la bóveda celeste en dos. Esto dejará una semiesfera que es en realidad la bóveda celeste local, en donde podremos apreciar el movimiento aparente del sol.

# Bóveda Celeste Local

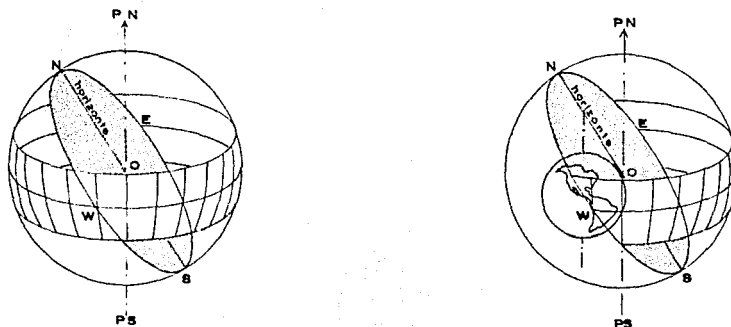


FIG. A.5

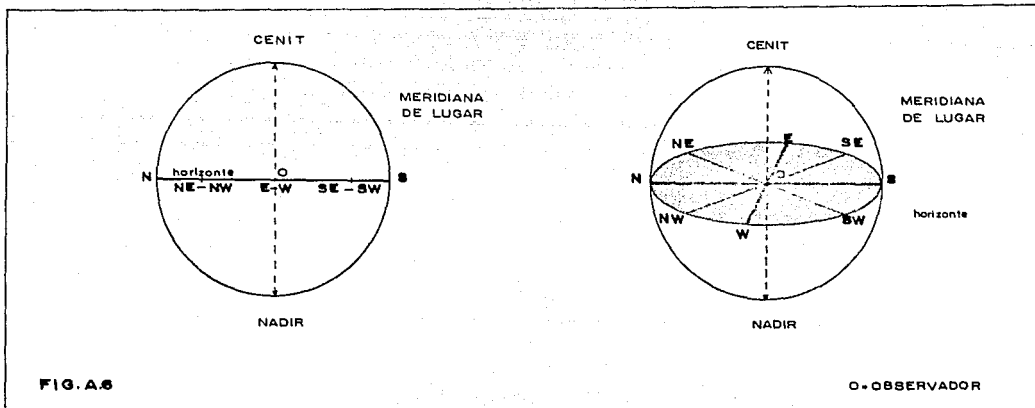


FIG. A.6

O-OBSERVADOR



**COMPAS  
SOLAR**

## COMPAS SOLAR .

La primera problemática a la que se enfrenta el arquitecto al diseñar espacios, es la siguiente:

- 1.- Desconocimiento sobre el movimiento del sol.
- 2.- No contar con una metodología para el diseño respecto al sol.
- 3.- Entrar a procedimientos de análisis complicados y tardados.

Estas son algunas de las causas del porqué las construcciones y aún las ciudades de todo el mundo no funcionan térmicamente, teniendo que integrar sistemas mecánicos para la calefacción y enfriamiento y soportar el calor excesivo en sus calles. Esto sin contar el posible ahorro que se tendría al planear el tamaño y disposición de los edificios, ventanas, cornizas, volados e iluminación.

La problemática la podría detallar mas a fondo, pero ésta se podrá encontrar en cualquier libro que trate el tema del acondicionamiento térmico y aún más, la vivimos a diario, por lo que ahorraremos "energía" y profundicemos en la solución.

El presente trabajo pretende solucionar las 3 principales deficiencias en el diseño , en cuanto al tema de insolación se refiere. Esto lo lograremos por medio del compás solar.

## REPRESENTACIONES GRAFICAS DE LAS TRAYECTORIAS SOLARES.

Existen un gran número de representaciones de las trayectorias solares. La mayoría se basan en la obtención de la proyección sobre un plano horizontal de la posición del sol, a lo largo de un día o época del año.

La representación común es la proyección ortogonal. La figura B.1 presenta la evolución geométrica necesaria para obtener una gráfica solar en una latitud.

### CONSTRUCCION DE UNA GRAFICA SOLAR PARA UNA LATITUD.

Con centro en  $O'$  (observador) y radio arbitrario se traza una semicircunferencia  $S'$ , proyección sobre el plano vertical, siendo el meridiano del lugar en el punto considerado de la semi-esfera celeste.

Determinada la latitud del lugar y la declinación del sol, (del día o los días) pueden calcularse las alturas extremas de culminación ( $hc$ ) para los solsticios y equinoccios, a partir de estos ángulos sobre la semicircunferencia, se dibujan los paralelos solares que son en realidad los días elegidos, trazando los solsticios, esto implica la delimitación de la ruta del sol. Realizando el abatimiento en verdadera magnitud, los semiarcos (horas) diurnos con origen en 12 horas los podemos dividir de 15 en 15 grados para obtener así la división horaria del recorrido solar con esta referencia, se

trasladan uniendo los puntos (horas) que correspondan a los solsticios y --- equinoccios sobre la semiesfera, formando la ruta del sol sobre el plano vertical meridiano.

Nota: En esta proyección se puede obtener la coordenada h (altura solar).

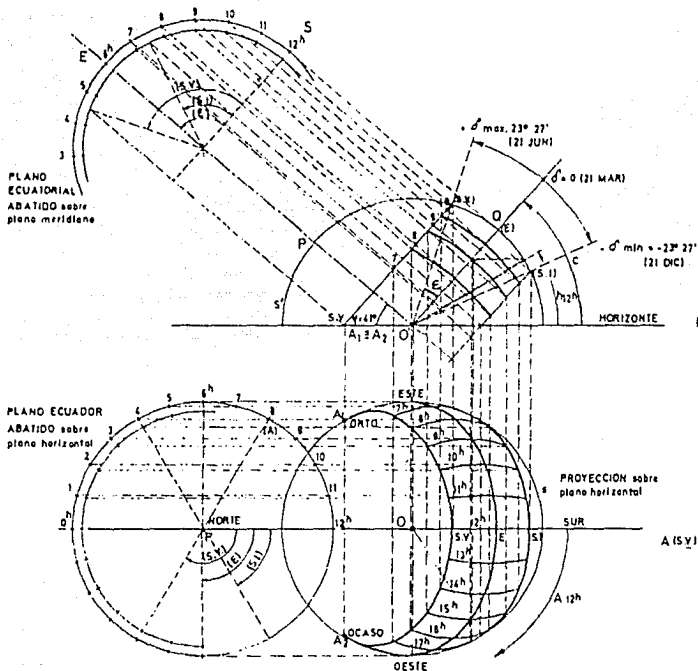
La circunferencia S' con centro en O' (observador), representa la proyección horizontal de la semiesfera celeste con radio igual al de S' se traza una - circunferencia que delimita a la bóveda celeste, se procederá mediante el -- abatimiento B que es el plano del ecuador sobre el plano horizontal, a la determinación de los semiarcos diurnos, con origen en 12 h, para luego, dividir a cada 15°, la ruta del sol abatida para intersectar las horas de esta misma con las proyectadas por el plano vertical, obteniéndose la ruta del sol sobre el plano horizontal.

NOTA: En esta proyección se puede obtener la coordenada "A" (Azimut).

En resumen habrá tantas representaciones de las gráficas solares como proyecciones haya: (estereográfica, cónica, cilíndrica, caneva de Mollweide, ---- etc.).

Es evidente que mas allá de la complejidad del trazo, el tiempo para realizar esta operación disminuirá dependiendo de la habilidad del dibujo, pero - aún así sigue siendo un problema trazar una gráfica para cada latitud requerida.

# Gráfica Solar



$h_c$  = ALTURA DE CULMINACION A MEDIODIA - MEDIO

$$h_c = 90 - \varphi + \delta_d = C + \delta_d$$

$\delta_d$  = DECLINACION DEL DIA 'd'

$\delta_{max}$  = DECLINACION MAX. (S.V.)

$\delta_{min}$  = DECLINACION MIN. (S.I.)

$\delta = 0$  DECLINACION EQUINOCCIOS (E)

C = COLATITUD = 90 -  $\varphi$

(E) = EQUINOCCIOS

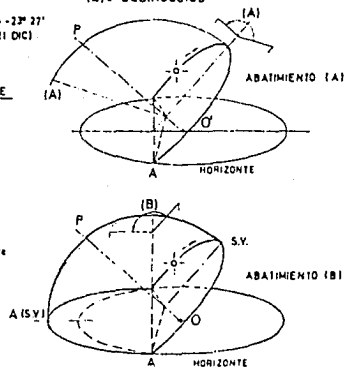


FIG. B.1

## UNA ALTERNATIVA. EL COMPAS SOLAR.

Es la representación geométrica de la ruta del sol sobre el horizonte en una latitud dada (gráfica solar).

Como es el caso de cualquier gráfica solar, esta representa el movimiento aparente del sol sobre el horizonte (ruta del sol). Por lo que el desplazamiento lo hará sobre la bóveda celeste. (anexo y figuras B.3 y B.4)

La insistencia sobre estas dos partes de la gráfica solar es porque el funcionamiento del compás solar radica en el uso de estas dos cartas. (fig. B.2)

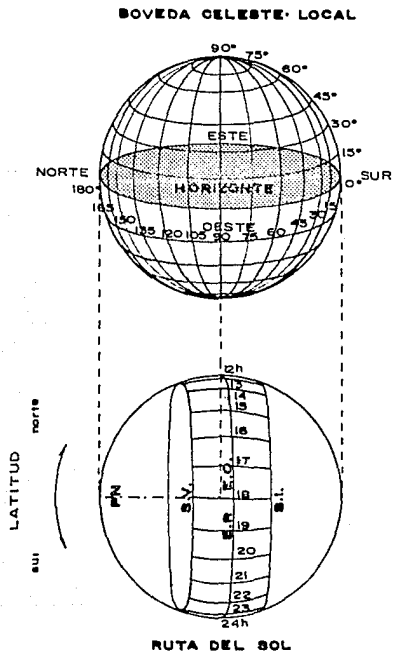
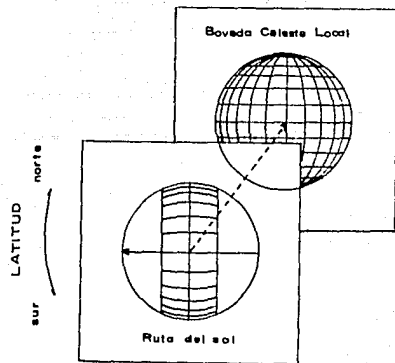
Como hemos observado la ruta del sol siempre será la misma para toda la tierra, la diferencia está en el punto de observación de la ruta solar o sea de la latitud, por tal motivo siempre utilizaremos la misma ruta solar para cualquier punto de la tierra.

La bóveda celeste también será la misma para cualquier latitud del mundo, lo que variará es la posición de los astros sobre ella.

Por lo que, si la ruta solar y la bóveda celeste son las mismas, el problema se reduce a ¿cómo se observa el sol en diferentes latitudes?

La solución la obtendremos en el anexo de este documento, en donde utilizaremos estas dos cartas:

# COMPAS SOLAR

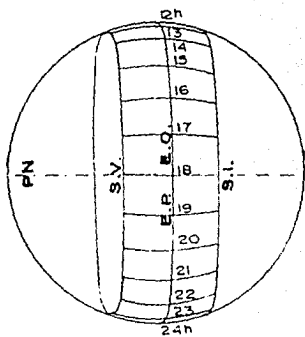


## CARTA RUTA SOLAR ANUAL .

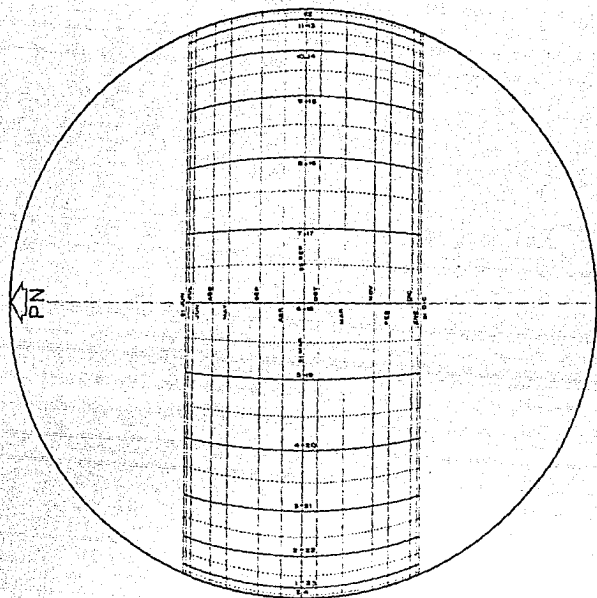
Es la proyección del movimiento aparente del sol alrededor de la tierra sobre un plano vertical, por lo que solo podremos apreciar la mitad del movimiento. La ruta anual está limitada como se ha dicho por los días, con los valores máximos de la declinación. Las líneas perpendiculares al PN representan el movimiento del sol para cada día 1° de cada mes exceptuando las de los extremos y central que representan los solsticios y equinoccios (21 jun., 21 dic./23 sep. 21 mar.) para determinar que posición se tiene a cada hora. Recordemos que el giro de la tierra es de 15° por hora, por lo que el sol deberá moverse con la misma velocidad. Las secciones de semicírculos (husos horarios) representan -- las horas que al intersectarse con los días obtendremos la posición para cada hora del día.

La figura B.3 representa la carta de ruta del sol, para intercalar un día específico, sobre esta carta habrá que auxiliarse de la fig. A.3, donde están los valores de la declinación para los días 5, 10, 15, 20, 25 de cada mes, recordando que las declinaciones positivas (+) irán dispuestas del solsticio de verano a los equinoccios, y las negativas (-), de estos, al solsticio de invierno.





RUTA DEL SOL



RUTA DEL SOL

## CARTA BOVEDA CELESTE LOCAL

Tambien es una proyección sobre un plano vertical con el mismo radio que la bóveda celeste. Recordando, la diferencia que hay entre bóveda celeste y - bóveda celeste local, radica en que la bóveda celeste local es el lugar donde se hace la observación y depende estrictamente de la latitud, en el caso de la bóveda celeste es la esfera en donde el sol tendrá su trayectoria. (capítulo bóveda celeste local figs. A.4 y A.5)

La carta que representa la bóveda celeste local (anexo), se encontrará dividida en primer lugar por una línea de horizonte, la cual contendrá las coordenadas geográficas a partir del Sur =  $00^\circ$  hasta  $180^\circ$  Norte, dependiendo de la proyección sobre el plano vertical sólo se puede observar la meridiana del lugar (sobre el eje Norte Sur), que divide en dos semiesferas Este y -- Oeste, la parte que se toma como vista principal, será el Hemisferio Oeste.

Otra característica que podemos observar sobre la bóveda celeste local son los planos paralelos y meridianos que forman una red a cada  $10^\circ$ . Esta retícula es similar a la utilizada para localizar un punto sobre el globo terráqueo (longitud y latitud), por lo que con estas coordenadas es fácil localizar cualquier objeto sobre la bóveda celeste y sobre todo localizar la posición del sol.

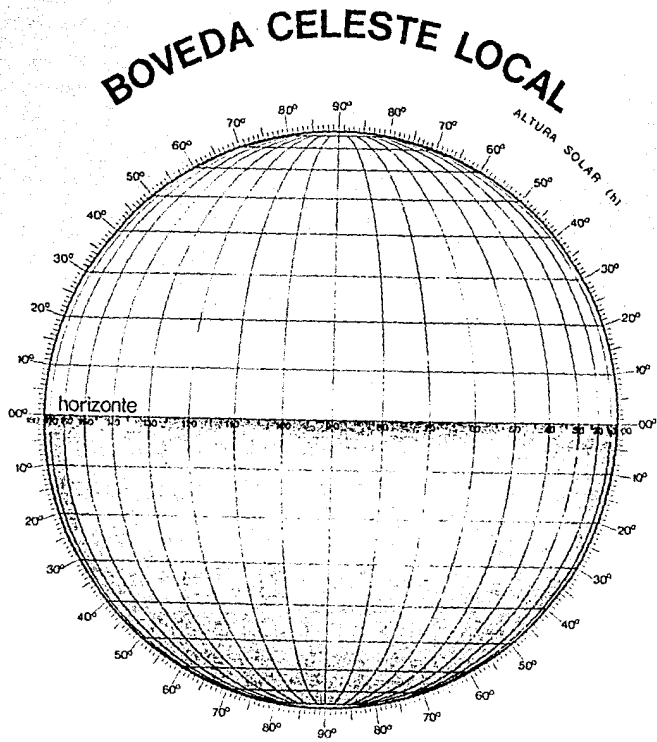
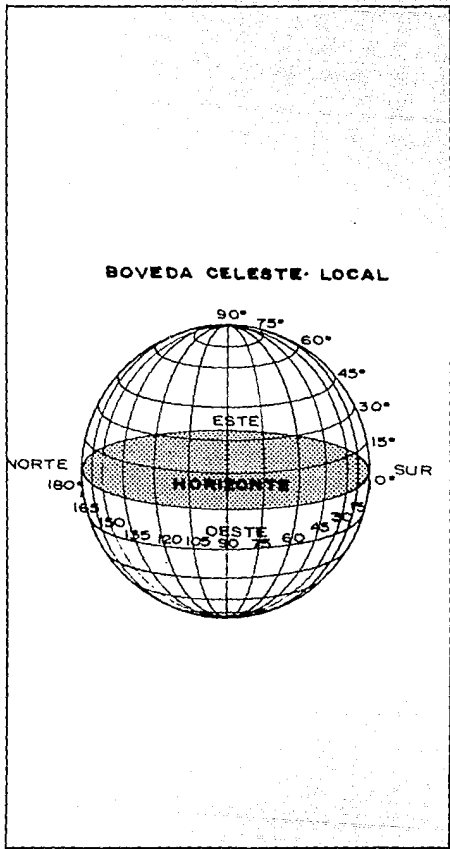


FIG. B. 4

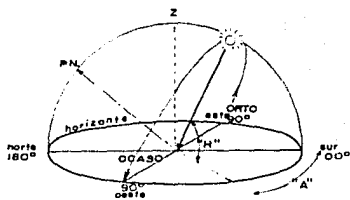
## OBSERVACION DE LA RUTA DEL SOL DESDE UNA LATITUD

El lugar de observación del sol, desde un punto de la Tierra, es fácil de entender, cuando se hace coincidir la bóveda celeste local y la ruta solar - (puesto que tienen el mismo radio). Haciendo centro en (O), que es el punto de observación "local", se procederá a girar la ruta solar a la derecha o a la izquierda, hasta coincidir el eje PN (polo norte) con la graduación de la meridiana del lugar en la latitud deseada Norte o Sur. Al realizar esta operación instantáneamente, se obtendrá la representación gráfica del movimiento aparente del sol sobre el horizonte en el transcurso del año para la latitud seleccionada (fig. B2)

Pero ahora, ¿para que sirve o que datos ofrece este tipo de gráfica?

## INTERPRETACION SOBRE EL COMPAS SOLAR

El primer dato que podemos obtener del compás solar es, como ya se dijo, - la observación de la ruta del sol en una latitud. Y esto lo podremos observar en la fig. B.5 donde se ha seleccionado una latitud  $19.4^{\circ}$  N, y la ruta solar con la bóveda celeste local han sido seccionadas por la línea del horizonte, la sección arriba de esta línea es como se desplazará en el transcurso del año el sol en dicha latitud.



EL ORTO Y OCASO EN UNA LATITUD  
19.4° N.

DÍA	MES	HORAS DE		DIRECCION "A"
		ORTO	OCASO	
21	DIC.	6.59 <sup>h</sup>	17.41 <sup>h</sup>	86°
21	MAR.	6.00 <sup>h</sup>	18.00 <sup>h</sup>	90°
23	SEP.	6.00 <sup>h</sup>	18.00 <sup>h</sup>	90°
21	JUN.	5.41 <sup>h</sup>	18.59 <sup>h</sup>	114°

TAB. B.5.1

ANGULOS DE INCIDENCIA SOLAR EN VERDADERA  
FORMA Y MAGNITUD

DÍA	MES	HORA	ANGULO VERTICAL "H"	ANGULO HORIZONTAL "A"
21	DIC.	8-16 <sup>h</sup>	17° 19'	56° 24'
21	MAR.	8-16 <sup>h</sup>	28°	79°
23	SEP.	8-16 <sup>h</sup>	28°	79°
21	JUN.	8-16 <sup>h</sup>	34° 22'	105° 30'

TAB. B.5.2

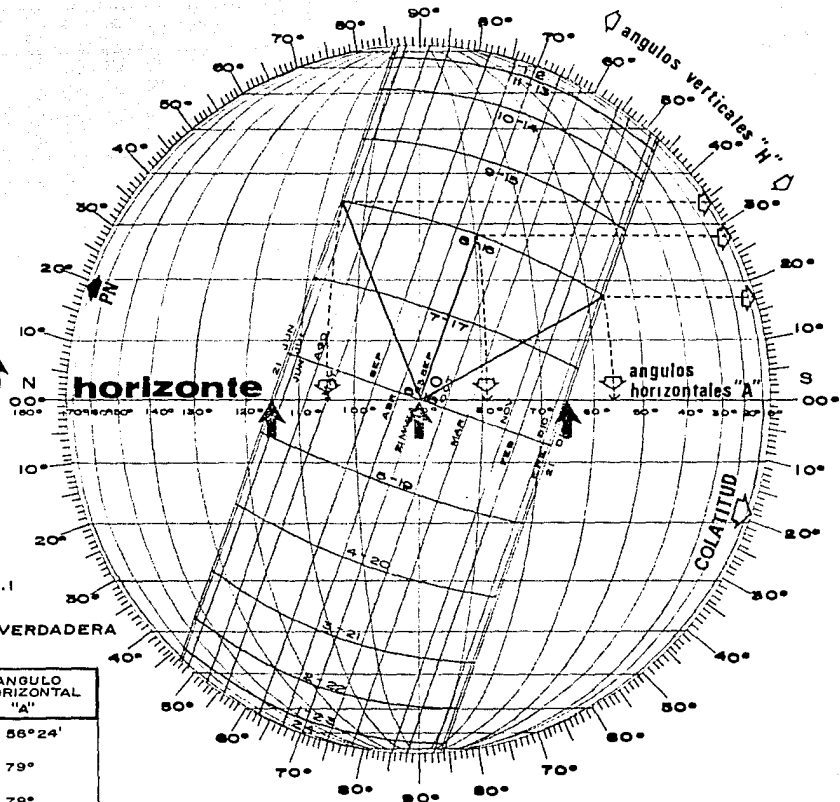


FIG. B.5

## CALCULO DE LA HORA DE ORTO Y OCASO

Como hemos observado, la duración del día está condicionada a la latitud, provocando que varíe en el transcurso del año. Para calcular la duración del día solar se requiere saber la hora en que sale por el horizonte y la hora a la que se oculta. Estos datos lo obtendremos en la intersección del día con el horizonte, supongamos que quisiéramos obtener la hora del orto para el día 21 de junio, en la intersección del día y el horizonte, encontraremos marcada con una flecha el momento del orto. Para determinar la hora, recordemos que los semicírculos (husos horarios) están dispuestos sobre la ruta solar anual marcando las 24 horas del día. La hora aproximada del orto se encontrará entre las 6 hrs. y 5 hrs. (5:24 hrs.). La hora del ocaso estará sobre ese mismo punto (debido a la proyección) y será entre las 18 hrs. y 19 hrs. (18:36 hrs.) por lo tanto la duración del día 21 de junio en dicha latitud será igual a: la hora del ocaso menos la hora del orto ( $18:36 - 5:24 = 13:12$  hrs.), para la duración en los equinoccios (23 de sep. y 21 de mar.), el día será de 12 hrs. de sol, puesto que el orto iniciará a las 6 hrs. y el ocaso a las 18 hrs. Por lo contrario el día más corto del año será el 21 de dic. S.I. iniciando a las 6:36 hrs. y ocultándose a las 17:24 hrs., por lo que la duración será de 10:48 hrs.

Por medio del Compás Solar es factible calcular el orto y el ocaso de todos los días primero de cada mes, incluyendo los solsticios y los equinoccios. Por último habrá que reiterar que la proyección sobre el plano vertical hará que las horas se representen con el mismo semicírculo horario (12 hrs.), (13 hrs. y 11 hrs.), (14 hrs. y 10 hrs.), (15 hrs. y 9 hrs.), etc., además es necesario aclarar que, la luz del día no comienza cuando el sol sale o se oculta ya que va precedida de una claridad, llamada Crepúsculo.

Se consideran dos clases de crepúsculos: el astronómico y el civil, el primero empieza por la mañana cuando por el Oriente se interrumpe la noche y - empiezan a desaparecer las estrellas más débiles; el civil, comienza mucho después cuando las estrellas mayores dejan de verse y el resplandor de la - aurora llega hasta el cenit y el Poniente se encuentra casi en obscuridad - completa.

Geométricamente, el crepúsculo astronómico comienza cuando el sol se encuentra.  $18^\circ$  por debajo del horizonte y, el civil a  $6^\circ$

#### DIRECCION DEL ORTO Y EL OCASO

Otro dato que podría ser interesante, sería la dirección por donde sale o se oculta el sol, para poder calcular la dirección se requiere tener una referencia, es muy común escuchar que el sol sale por el Oriente y se oculta -- por el Poniente, esto es una "verdad a medias". Si hemos tenido oportunidad de observar un amanecer o atardecer en diferentes épocas del año, y en un mismo mismo lugar, hemos podido apreciar que el sol no se oculta o sale por el mismo lugar, este fenómeno es debido a la declinación, por lo que - para obtener la posición exacta nos referiremos al horizonte, éste como ya se dijo, contendrá los puntos cardinales Norte, Sur, Este, Oeste y sus complementarios, y a partir del Sur  $00^\circ$  nos marcará la dirección del orto y - ocaso llamado Azimut (A)

El horizonte está representado en el compás solar por una línea que secciona la bóveda celeste en dirección Norte-Sur, sobre ella se encuentra una --

graduación que va a partir del Sur  $00^{\circ}$  hacia el Norte  $180^{\circ}$ , para diferenciar si es hacia el Este u Oeste agregaremos las siglas E y W.

Sobre la misma fig. B.5 para localizar el Azimut del orto el día 21 de junio, en la intersección del día con el horizonte encontraremos debajo la graduación que nos marca  $114^{\circ}$  respecto al Sur  $00^{\circ}$ , como se trata de la dirección del orto, la posición por donde sale el sol será  $114^{\circ}$  E y para el ocaso será de  $114^{\circ}$  W.

En los equinoccios el sol saldrá  $90^{\circ}$  E y se ocultará  $90^{\circ}$  W, y para el 21 de diciembre (S.I.) el orto se dará  $66^{\circ}$  E y el ocaso  $66^{\circ}$  W.

A partir de este momento queda claro que se puede calcular la hora y el Azimut del orto y ocaso, además de obtener la duración del día y sus crepúsculos, para cada uno de los días considerados en el compás solar. En la tabla B.5.1 encontrará un resumen con los datos arrojados por el compás solar para los solsticios y para los equinoccios.

#### CALCULO DE LOS ANGULOS DE INCIDENCIA SOLAR

En su recorrido aparente sobre el horizonte, el sol guarda diferentes posiciones desde el orto hasta el ocaso e incluso en el transcurso del año. Para determinar su localización sobre la bóveda celeste local se requieren dos coordenadas: el Azimut que es la dirección respecto al Sur ( $00^{\circ}$ ), y la altura solar, la cual se forma a partir de una medida angular entre el observador, sol y el horizonte. La que representa el ascenso y descenso del-



sol sobre el horizonte, por lo que para el Compás Solar los valores del - azimut estarán representados por los meridianos y la altura solar por los - paralelos.

Al determinar la posición del sol sobre la bóveda celeste local, al mismo tiempo se está obteniendo el ángulo de incidencia solar , o sea, a la forma como inciden los rayos solares sobre el observador ese día, a esa hora y en esa latitud.

#### ANGULOS HORIZONTALES

Azimut, coordenada horizontal referida al punto cardinal Sur ( $00^\circ$ ), continuando en el ejemplo de la fig. B.5 . Para determinar la dirección del sol el 21 de junio (s.v.) a las 16 horas, se toma como referencia la intersección del día con la hora y se hace pasar un plano meridiano hasta cortar - con el horizonte y en ese punto se podrá hacer la lectura del ángulo horizontal azimut, que para el solsticio de verano a las 16:00 horas, en una - latitud de  $19.4^\circ$  N tendrá una dirección de  $105^\circ 30' W$ . Para obtener la dirección el mismo día, pero a las 8 horas, el procedimiento será el mismo - pero con la diferencia que la incidencia solar provendrá del Este  $105^\circ 30'E$

La dirección del sol para el 23 de septiembre y/o 21 de marzo a las 16:00 - horas será igual a  $79^\circ W$ , y para esos mismos días pero a las 8:00 horas, el valor del azimut será de  $79^\circ E$

En el solsticio de invierno, el 21 de diciembre a las 16:00 horas, el valor del azimut será de  $56^{\circ} 24' W$  y para las 8:00 horas, el valor "A" será de  $56^{\circ} 24' E$

En resumen, si requiere obtener la dirección del sol (azimut) en un día y hora determinados, el procedimiento se reduce a pasar un plano meridiano por la intersección (día-hora), hasta cortar el plano del horizonte y ahí hace la lectura.

Es de suma importancia destacar que las direcciones del sol a partir del orto, hasta las 12:00 horas, se encontrarán en el lado Este "E" y por el contrario si se elige una hora después del medio día, 12:00 horas, los valores del -- azimut les corresponderá la dirección Oeste "W"; por último, la dirección del sol en cualquier día del año, a las 12:00 horas será igual a  $00^{\circ}$  Sur.

#### ANGULOS VERTICALES

Altura solar, coordenada vertical, distancia angular a la que se encuentra el sol respecto al horizonte. Para determinar la altura solar, se tiene que referir a la intersección del día-hora, que al unirlo al observador (O) se tendrá la forma como incide el sol sobre (O) en ese punto. Es evidente que en algunos casos el ángulo solar NO se puede apreciar en su verdadera forma y magnitud, por lo que, para obtener su magnitud, se requiere abatirlo sobre el plano meridiano, el procedimiento resultará sencillo cuando en la intersección del día-hora hacemos pasar un plano paralelo al horizonte y al cortar la graduación de la meridiana del lugar en ese punto se hará la lectura.

Esta operación es fácil de entenderla si nos referimos al ejemplo de la fig. B.5 en donde se requiere determinar la altura solar (h) el día 21 de junio - (s.v.) a las 16:00 hrs., en la intersección del día-hora transportamos la altura solar paralela a la línea del horizonte hasta cortar la graduación de la meridiana de lugar y obtendremos que el ángulo de incidencia será de  $34^{\circ} - 22'$ , este valor de la altura solar (h) la tendremos tanto a las 16:00 hrs., - como a las 8:00 hrs., pero con diferente dirección (Azimut "A")

Como observación diremos que el sol tendrá la misma altura solar (h) a dos - "horas distintas", pero con diferentes direcciones (Azimut "A"), esto tam -- bién lo observamos en los equinoccios 23 sep. y 21 de marzo donde el valor - de la altura solar a las 16:00 hrs. y 8:00 hrs., será el mismo  $28^{\circ}$ , pero con diferentes direcciones y para el 21 de dic. (SI) a las mismas horas el valor será de  $17^{\circ} 19'$  (h).

Es conveniente destacar que el valor máximo de la altura solar será de  $90^{\circ}$  y cuando alcanza ese valor se dice que el sol se encontrará en el cenit.

Este valor en una latitud de  $19.4^{\circ}$  N, se dará a las 12 hrs. en los días 16 de mayo y 28 de julio

Como conclusión diremos que el sol aún a la misma hora, pero en diferentes - días, no tendrá la misma altura (h) ni dirección (A), lo que provocará que - las condiciones del día sean distintas aún a la misma hora, está considera -

ción es significativa en la "arquitectura" puesto que la insolación sobre fachadas y ventanales, irá cambiando en el transcurso del año, por lo que para obtener un diseño adecuado se requerirá hacer un estudio a conciencia sobre la insolación, programando los periodos de afectación solar sobre los elementos y componentes de la construcción.

En la tab. B.5.2 encontraremos un resumen con los ángulos de incidencia, en verdadera forma y magnitud, para los solsticios y equinoccios a las 8:00 y 16:00 hrs. en una latitud de  $19.4^{\circ}$  N.

# **SOLEAMIENTO TEORICO**

## SOLEAMIENTO

El soleamiento es el tiempo de exposición al sol, existen dos tipos de soleamiento, el teórico y el efectivo.

El primero se reduce al número de horas de exposición, el segundo es reducido por la topografía del lugar, así como por la vegetación y las edificaciones, además con la reducción que provoca la climatología local (nubosidad, brumas, gases, etc.)

## SOLEAMIENTO TEORICO SOBRE UNA FACHADA

Para calcular el soleamiento de una fachada o plano vertical, habrá que considerar: la latitud del lugar, la orientación y la hora de inicio y terminación de la insolación para determinar su duración.

Para una mejor comprensión el presente método se sustenta en seccionar la bóveda celeste local por un plano meridiano, o sea, por el plano de la fachada, que estará dispuesto perpendicular a la orientación.

Antes de continuar, quisiera hacer una reflexión. Cuando una fachada o plano se orienta a una "x" dirección, por defecto tendrá una orientación contraria u opuesta, por otro lado, si nos situamos frente a una de las caras o fachadas "es imposible ver la parte posterior", pero si nos movemos hacia la parte contraria, es factible que lo logremos. De la misma manera actúa el sol, para lo cual se requiere determinar la hora de inicio y término de la insolación.

## HORA DE PASO DEL SOL POR EL PLANO DE UNA FACHADA SUR

En el ejemplo de la fig. C.1 habrá que determinar el periodo de soleamiento que recibe de una fachada de orientación sur, el día 10. de septiembre, en una localidad situada en una latitud 19.4 N

Para tal efecto, tendremos que cortar la bóveda celeste y la ruta solar con el plano de la fachada, ésta con una orientación sur, lo que situará a dicho plano sobre el horizonte en el eje Este-Oeste ( $90^\circ$  E -  $90^\circ$  W), perpendicular a la orientación.

## INTERVALO DE TIEMPO DE INSOLACION SOBRE EL PLANO DE UNA FACHADA SUR

Retomando lo dicho en la reflexión, habrá que compararnos con el sol, si está por delante del plano, será insolado todo el tiempo que permanezca frente a él, invirtiéndose cuando cambie o pase a la parte posterior del plano. Por lo que para el día 10. de septiembre la insolación iniciará cuando el sol pase por delante del plano de la fachada, de la posición S1 (7:45 horas) hasta la posición S2 (16:15 horas). La diferencia de S2 menos S1, será el tiempo de insolación ( $16:15 - 7:45 = 9:30$  horas), que será el tiempo de soleamiento teórico.





HORA DE PASO DEL SOL POR EL PLANO DE UNA FACHADA NORTE E  
INTERVALO DE TIEMPO DE INSOLACION

Dentro del mismo ejemplo y la misma fecha, la fachada o plano orientado al norte, el soleamiento se dará desde el orto (5:50) hasta la posición  $S_1$  (7:45 horas) la diferencia de estas horas será igual a la insolación de la fachada por la mañana (1:55 horas), luego pasará por delante de la fachada sur para después retornar de  $S_2$ , 16:15 h. hasta el ocaso, insolación vespertina.

En resumen, para una fachada de orientación norte, tendrá dos intervalos de afectación solar, uno por la mañana y otro por la tarde, ambos de 1:55

NOTA 1: Hasta el momento podemos calcular el tiempo y los periodos de soleamiento de una fachada de orientación Norte o Sur. Los periodos anuales pueden ser calculados de la misma forma que en el ejemplo.

NOTA 2: En resumen: al seccionar la bóveda celeste local en dos semihemisferios por el plano de la fachada, la ruta del sol anual quedará dividida con los periodos de insolación, de las fachadas Norte y Sur.

HORA DE PASO DEL SOL POR EL PLANO DE UNA FACHADA E INTERVALO DE TIEMPO DE INSOLACION, CON UNA ORIENTACION ESTE U OESTE

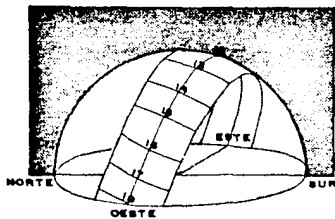
Ahora el plano de la fachada se encontrará sobre la meridiana del lugar, sobre el eje norte-sur, lo que producirá es un seccionamiento de la bóveda -- celeste y ruta solar en dos hemisferios Este y Oeste.

Procediendo de la misma manera, si deseamos calcular el soleamiento de una fachada de orientación Este, el día 10. de septiembre, nos auxiliaremos con la fig. C.2 y procederemos a calcular el inicio y término de la insolación, para lo cual determinamos que:

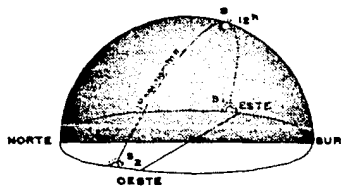
Desde S1 (5:50) siendo el orto, comenzará la insolación hasta S (12 horas) medio día, la diferencia de S , menos S1 es igual al tiempo de insolación de una fachada, con una orientación Este el 10. de septiembre en una latitud de  $19.4^{\circ}$  N (6:10)

Por el contrario, una fachada de orientación Oeste la insolación comenzará a partir del medio día (12:00) hasta el ocaso (18:10).

NOTA: Basta recalcar que los periodos anuales están condicionados a la orientación. Cuando es orientación Este, los periodos iniciarán a partir del orto, terminando a medio día, y a partir de las 12:00 horas hasta el ocaso, para orientaciones Oeste.



SOLEAMIENTO ANUAL SOBRE UNA  
FACHADA ESTE / OESTE



HORAS DE SOLEAMIENTO EN UN  
DIA ESPECIFICO, PARA UNA FACHADA  
ESTE / OESTE

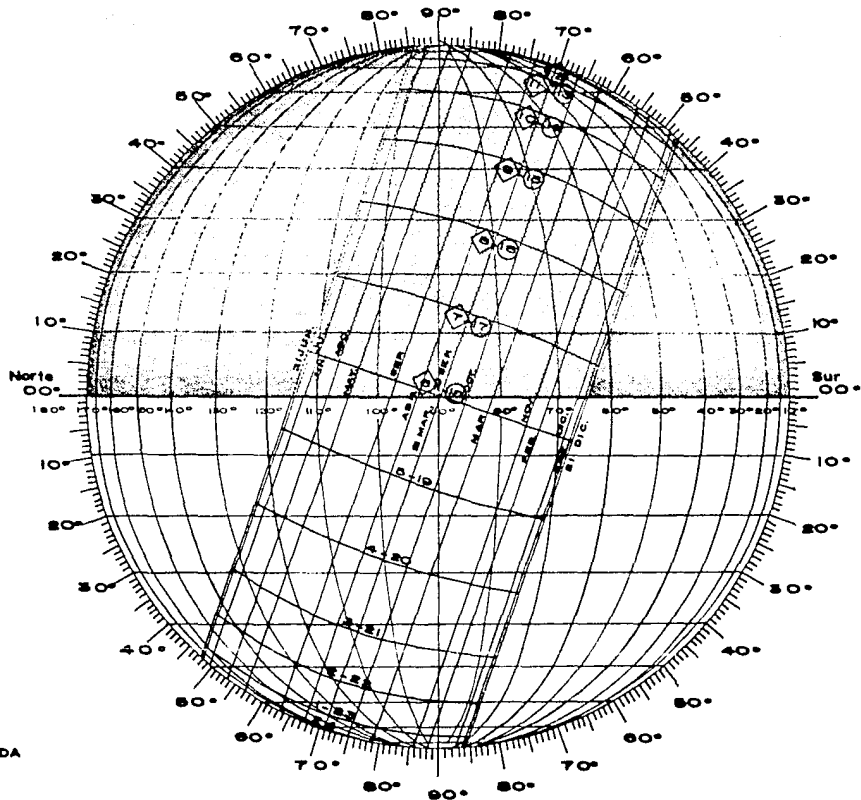


FIG. C.2

HORA DE PASO DEL SOL POR EL PLANO DE UNA FACHADA E INTERVALO DE TIEMPO DE INSOLACION, CON UNA ORIENTACION NOROESTE NO Y SURESTE SE

El significado de este concepto es comprensible cuando en la fig. C.3 el plano de la fachada lo situamos perpendicular a la orientación NO sobre el eje  $45^{\circ}$  E y  $135^{\circ}$  W

En primer lugar, habrá que aclarar que, por tener una orientación Noroeste, los periodos de soleamiento serán vespertinos. Por otro lado, estos mismos serán aún más reducidos en las estaciones invernales y otoñales.

Tomando como ejemplo el mismo día, 10. de septiembre, encontramos que el soleamiento iniciará a partir de S2 (12:30) hasta el ocaso S3 (18:10) arrojando un periodo de 6:40 horas de afectación solar. Es conveniente hacer una comparación con otro día, por ejemplo el 21 de diciembre (solsticio de invierno), el cual será el día que menor duración de insolación tendrá, éste iniciará aproximadamente a las 14:45 horas, finalizando cuando el sol se oculte a las 17:25 horas, lo cual determinará un periodo de 2:40 horas de insolación para dicho día.

Como hemos venido explicando, que toda fachada tiene una orientación opuesta, la contraria a la noroeste será la sureste, dispuesta sobre el mismo eje SO-NE perpendicular a la orientación.

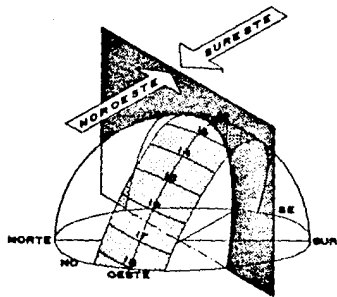
Ahora los periodos de soleamiento en algunos casos serán matutinos y otros se incrementarán después del medio día.

Siguiendo con el mismo ejemplo, el 10. de septiembre, determinamos que a partir del orto (5:50 horas), S1 iniciará la insolación y pasando el medio día terminará la afectación en S2 (12:30 horas), por lo que el periodo será de 6:40 horas. Por el contrario, para el día 21 de diciembre, también se inicia con el orto (6:36 horas) hasta terminar a las 14:45 horas, pero la duración ahora es de 8:09 horas de insolación.

NOTA 1: La simbología en la fig. C.3.1 representada por puntos, son los periodos que se habrán de sumar o de restar, según sea la orientación a analizar.

Para un plano de orientación Noroeste, la zona más oscura habrá que restar al periodo de insolación, para un plano Sureste; por el contrario tendremos que adicionar los periodos de soleamiento representados por la misma zona (oscura).

NOTA 2: Este mismo ejemplo es factible de ser utilizado para orientaciones Noreste y Suroeste (lo que variará es la interpretación de los periodos de insolación.)



SOLEAMIENTO ANUAL SOBRE UNA FACHADA NOROESTE / SURESTE

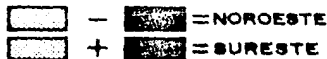
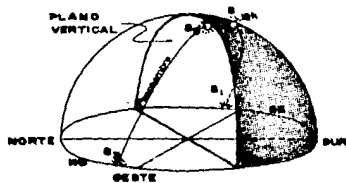


FIG. C.3.1



HORAS DE ASOLEAMIENTO EN UN DIA ESPECIFICO, PARA UNA FACHADA NOROESTE / SURESTE.

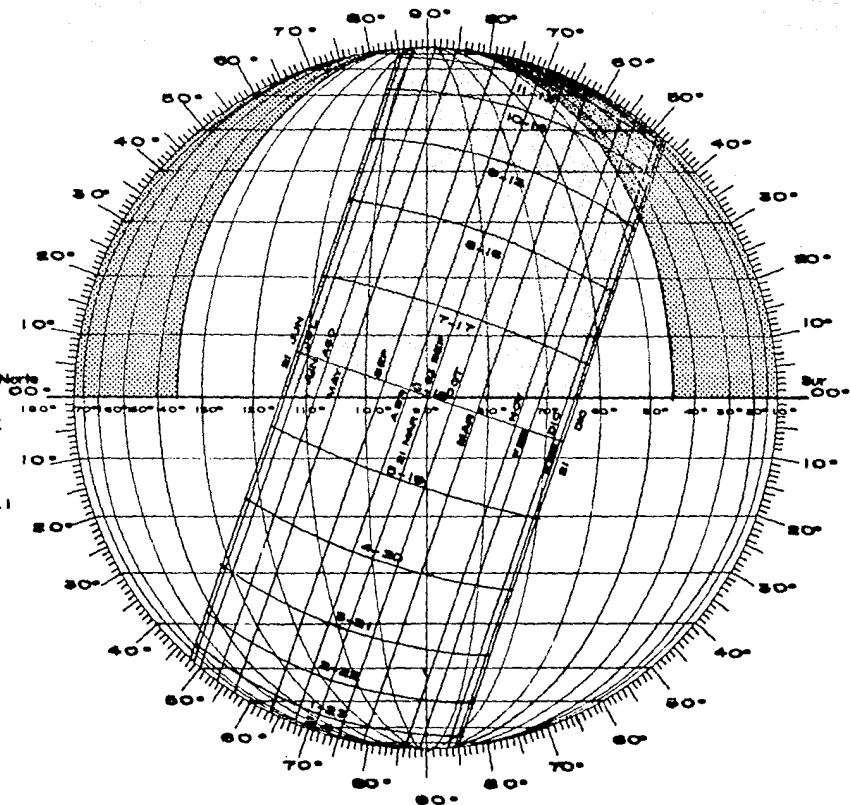


FIG. C.3

# MASCARAS DE PROTECCION

## MASCARAS

En la mayoría de las publicaciones que abordan el tema del sol y del soleamiento, encontramos la terminología "máscara de sombreado".

En ninguno de estos textos se define el concepto, sin embargo, si su aplicación, lo que provoca una limitación en sus usos. Estas limitaciones las venceremos después de analizar algunos ejemplos.

Como hemos apuntado en los ejercicios anteriores, cuando una fachada la orientamos con cualquier dirección, ésta cortará con un plano la bóveda celeste y la ruta solar, determinando el periodo de soleamiento anual. ¿pero que sucedería si una fachada tuviera una inclinación?

Esta posibilidad es fácil de solucionar cuando al plano de esa fachada le demos la misma inclinación, habrá que imaginar que esta tiene un ángulo de inclinación de  $60^\circ$  con respecto a la horizontal y una orientación sur.

En la fig. D.1 encontramos que el plano de la fachada se encuentra sobre el eje Este-Oeste, perpendicular a la orientación, pero con una inclinación igual a la de la misma, seccionando la bóveda celeste en una especie de gajo.

Los periodos de soleamiento para una fachada sur, con una inclinación de  $60^\circ$  están limitados por el seccionamiento de la ruta solar por el plano de la -



misma. por lo que el término más sencillo para definir una máscara será como "EL LIMITE DE SOLEAMIENTO DE UN PLANO"

Para calcular los periodos de insolación, se procederá exactamente igual - que en los ejemplos de soleamiento de fachadas, comenzando por determinar - cuando pasó el sol por el plano de la misma. Para este ejercicio, esco- geremos dos días, el 21 de diciembre en el que su periodo de insolación - será desde el orto hasta el ocaso, lo que significa que éste NO será afec- tado por el plano de la fachada (10:24 horas), en cambio para el día 10. - de marzo el periodo de soleamiento será en dos porciones, una que irá des- de el orto (6:12 horas) hasta S1 (9:05 horas), a partir de este punto el - sol pasará por encima del plano de la fachada, no teniendo afectación so- lar, reincidiendo la insolación a partir de S2 (14:55 horas) y, finalizan- do con el ocaso S3 (17:48 horas)

NOTA 1: Para todos los ejercicios el periodo de soleamiento estará limi- tado por la zona libre por debajo del plano de la fachada.

NOTA 2: Para este mismo ejercicio, si el plano de la fachada secciona la ruta solar en algún o algunos días, éstos por consiguiente, ten- drá dos periodos de soleamiento, uno matutino y otro vespertino.



## PROTECCIONES HORIZONTALES

Es poco probable que se lleguen a tener fachadas con inclinaciones tan pronunciadas, pero si se podrá en cubiertas de cualquier construcción, con diferentes pendientes.

El procedimiento es el mismo que en el ejemplo anterior, por lo que se requiere pasar una máscara o plano de la cubierta, con la inclinación que guarde con la horizontal, seccionando la bóveda celeste local y la zona libre de la ruta del sol, que queda por encima de ésta, la cual será el periodo de la insolación.

A partir de estos ejemplos, será más fácil mostrar el uso de las máscaras y sus aplicaciones directas sobre acristalamientos y vanos.

El control de la insolación está como ya hemos observado, en la orientación de la fachada. Pero aun con esta, en algunos periodos habrá que reducir o incrementar la exposición solar, para lo cual nos apoyaremos en los elementos de protección horizontal que son todos aquellos componentes arquitectónicos cuya función principal es la de controlar el acceso de los rayos solares sobre fachadas o acristalamientos, provocando sombras sobre ellos. La fig. D.2 representa algunos ejemplos de volados que cumplen con ese objetivo.

# MASCARAS DE PROTECCION HORIZONTAL

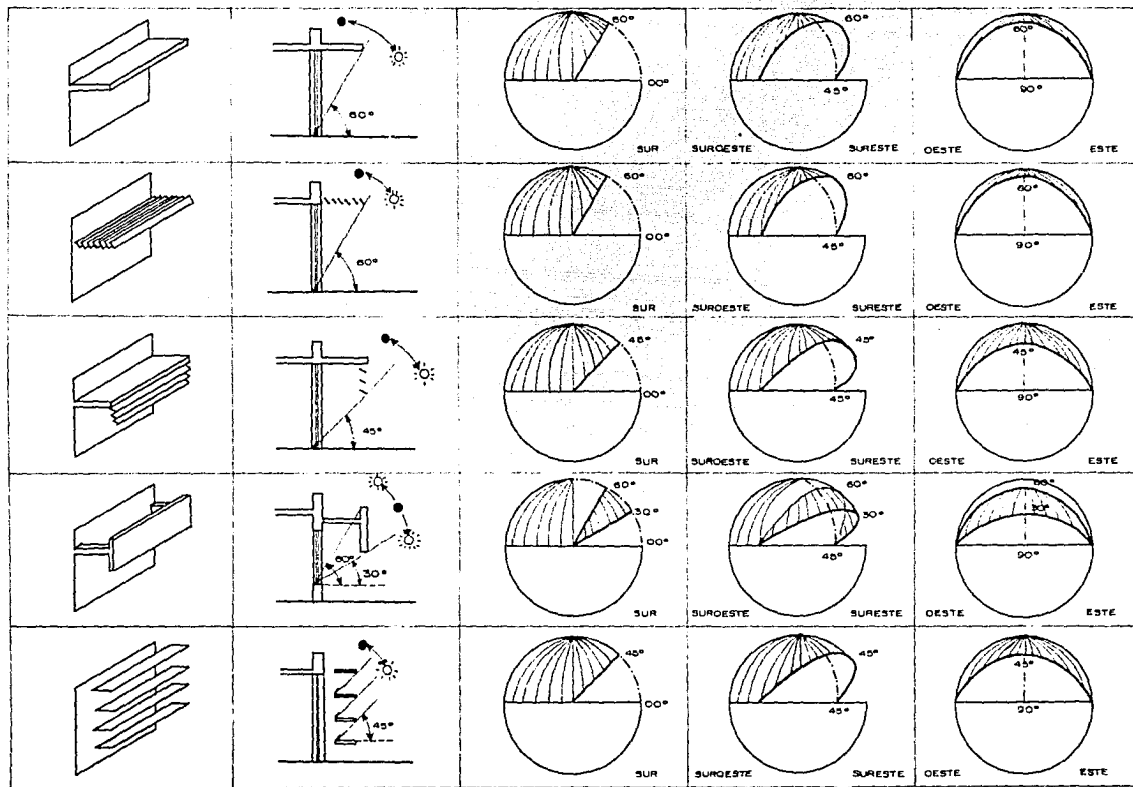


FIG. D. 2

## MASCARAS DE PROTECCION HORIZONTAL

Por medio de estos elementos, es fácil controlar el acceso de los rayos solares, tanto en fachadas como en acristalamientos y vanos (ventanas), uno de los principales problemas a los que se enfrenta el arquitecto, es el determinar que tamaño deberán tener éstos. El más común es el de elegir el día mas crítico del año y con el ángulo de incidencia solar (medio día) proyectarlo sobre la fachada o ventana, lo que le permitirá dimensionar el volado o corniza, provocando el sombreamiento en el periodo requerido.

Este procedimiento es válido pero deja, en la mayoría de los casos, los otros periodos al azar; por medio de estas máscaras además de dimensionar las protecciones, permiten analizar "todos los periodos anuales de afectación solar"

Para determinar el tiempo en que se producirá sombra o en que se permitirá insolación, es fácil calcularlo si imaginamos un ventanal como el de la fig. D. 3 y lo comparamos con el ejercicio D.1. Encontraremos que aparte de tener el mismo ángulo de inclinación en ambos casos, tienen el mismo "límite de soleamiento", por lo que desde ahora, todo elemento de protección horizontal tendrá un plano imaginario que corta la bóveda celeste, - al cual llamaremos MASCARA DE PROTECCION HORIZONTAL.

## DISEÑO Y/O EVALUACION DEL SOLEAMIENTO CON UNA PROTECCION HORIZONTAL DE ORIENTACION SUR

Como en el ejemplo anterior, habrá que determinar los periodos de insolación de un ventanal de orientación sur, con un elemento de protección horizontal.

El procedimiento se inicia determinando el periodo de insolación de la fachada, como ésta tiene una orientación sur, habrá que seccionar la bóveda celeste local sobre el eje Este-Oeste; realizada esta operación, se requiere determinar el límite de soleamiento de la protección horizontal (volado) el cual forma un ángulo de  $60^\circ$ , una vez teniendo el valor del límite de soleamiento, se marcará sobre el compás solar a partir de la graduación de la meridiana del lugar, con el punto de observación, donde determinamos que, la zona libre por debajo de la máscara, serán los periodos de insolación.

Analizando la afectación solar el día 10. de marzo, deducimos que la insolación sobre el ventanal iniciará desde el orto, 6:12 horas, para terminar a las 9:05 horas, en ese momento el sol pasará por encima de la máscara de protección horizontal hasta llegar al otro punto, donde reiniciará la insolación a las 14:55 horas, finalizando con el ocaso, 17:48 horas.

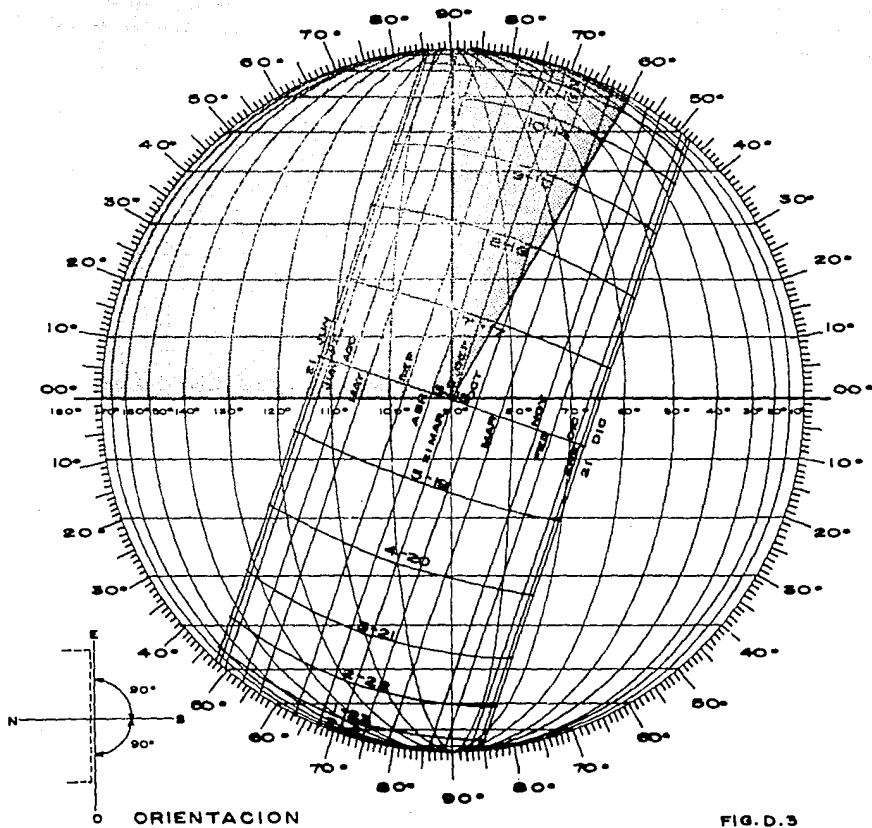
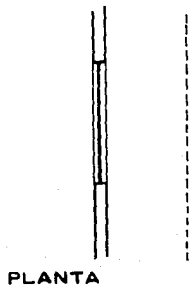
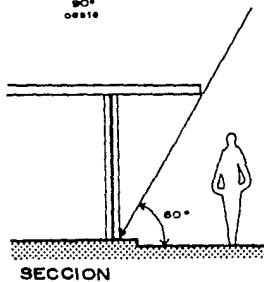
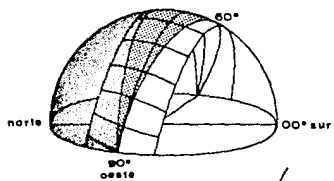


FIG. D.3

## NOTA IMPORTANTE

Esto no significa que en los períodos que se encuentran por debajo de la máscara de protección horizontal, el sol penetra libremente sobre el acris talamiento, sino que esta permitirá un cierto porcentaje de insolación. Lo que acabamos de realizar es en realidad marcar el límite de insolación o mejordicho, el límite de la no insolación, lo que significa que los períodos por arriba de la máscara NUNCA insolarán al ventanal

## ORIENTACION DE UNA MASCARA

Para representar la orientación de una máscara de protección horizontal, - habrá que girar el plano con la dirección del plano de la fachada.

En la fig. D.4 se muestra una serie de máscaras de protección horizontal - que van de los  $0^\circ$  hasta  $90^\circ$ , orientadas a los  $50^\circ$  considerando que los planos de las fachadas y máscaras estarán dispuestas sobre el eje  $140^\circ$  W y  $40^\circ$  E el procedimiento para abatir una máscara de protección horizontal lo podremos observar en la fig. D.4.1, en donde una de  $30^\circ$  es girada a una orientación SW, el trazo lo podemos resumir de la siguiente manera:

Cuando una máscara de orientación sur, representada por una línea, corta a los meridianos de la bóveda celeste, sólo bastará transportar las alturas de los cortes a los nuevos meridianos, según la orientación que se trate.



Regresando a la fig. D.4 y, tomando como ejemplo la máscara de  $30^\circ$ , -- notamos que la línea que va del observador a la meridiana del lugar con inclinación de  $30^\circ$ , representa una máscara de orientación sur. Esta corta a los meridianos  $80^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $50^\circ$  etc. hasta llegar a la meridiana del lugar  $0^\circ$ .

La máscara que está en  $140^\circ$  W y  $40^\circ$  E, les corresponde el mismo meridiano, a la altura de la intersección del meridiano  $80^\circ$  con la máscara le corresponderá ahora, el meridiano  $130^\circ$  y el  $30^\circ$ , para el siguiente que es el  $70^\circ$  le corresponderá el  $120^\circ$  y  $20^\circ$ , y así sucesivamente, hasta llegar al meridiano  $50^\circ$  que será la nariz de la máscara.

NOTA 1: Hay que considerar que la proyección de los meridianos, tanto los que están antes y después de la meridiana del lugar, se representan como uno solo (bóveda celeste local).

NOTA 2: Es imprescindible aclarar qué parte de las máscaras están por delante de la meridiana del lugar (de  $140^\circ$  W a  $0^\circ$ ) y que de los  $0^\circ$  a los  $40^\circ$  E están al lado Este.

NOTA 3: Esta misma proyección de las máscaras es susceptible de ser utilizada para una orientación  $50^\circ$  E, siempre y cuando el eje de la misma esté sobre los  $140^\circ$  E y  $40^\circ$  W que determinaría que la máscara estaría expuesta al lado Este de los  $140^\circ$  E a los  $0^\circ$ , quedando una pequeña parte antes de la meridiana del lugar, que sería de los  $0^\circ$  a los  $40^\circ$  W expuesta al Oeste.

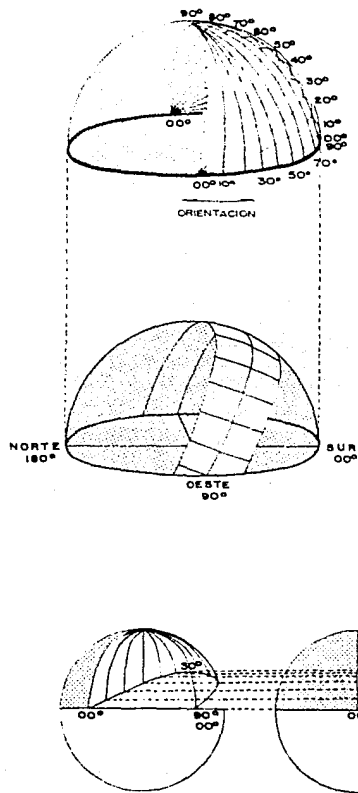


FIG. D.4.1

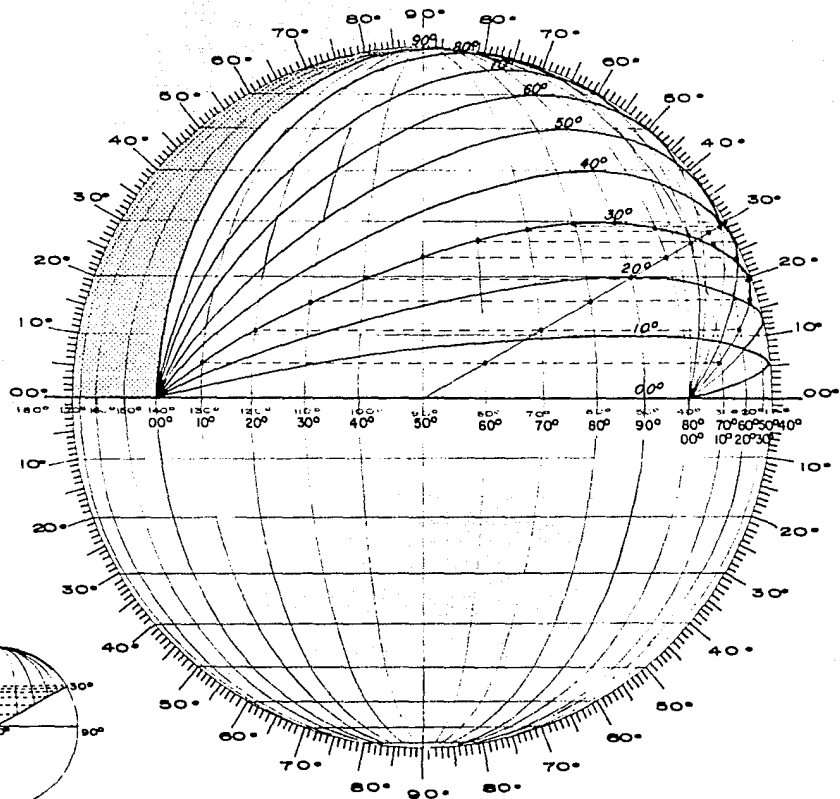


FIG. D.4

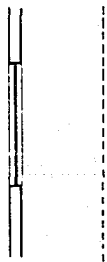
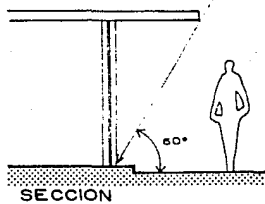
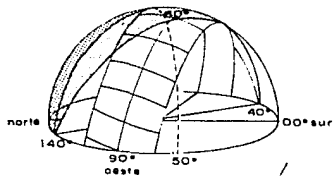
## DISEÑO Y/O EVALUACION DEL SOLEAMIENTO CON UNA MASCARA DE PROTECCION HORIZONTAL DE ORIENTACION SUROESTE

Al girar la máscara de protección horizontal de  $60^\circ$  hacia una orientación de  $50^\circ$  W, en la fig. D.5 encontramos que la zona libre por debajo de la máscara es el periodo de insolación anual del ventanal, con orientación de  $50^\circ$  W, para evaluar el tiempo de insolación el día 10, de marzo, procedemos a calcular el inicio de la afectación solar. Considerando que la orientación es de  $50^\circ$  W, en primer término diremos que el soleamiento es vespertino, - por lo expresado en el capítulo soleamiento en fachadas. Luego entonces - el inicio se dará al pasar el sol por la máscara horizontal, a partir de S1 (13 horas) hasta S2 (17:48 horas) que es el orto, arrojando una duración de 4:48 horas de insolación, para ese día.

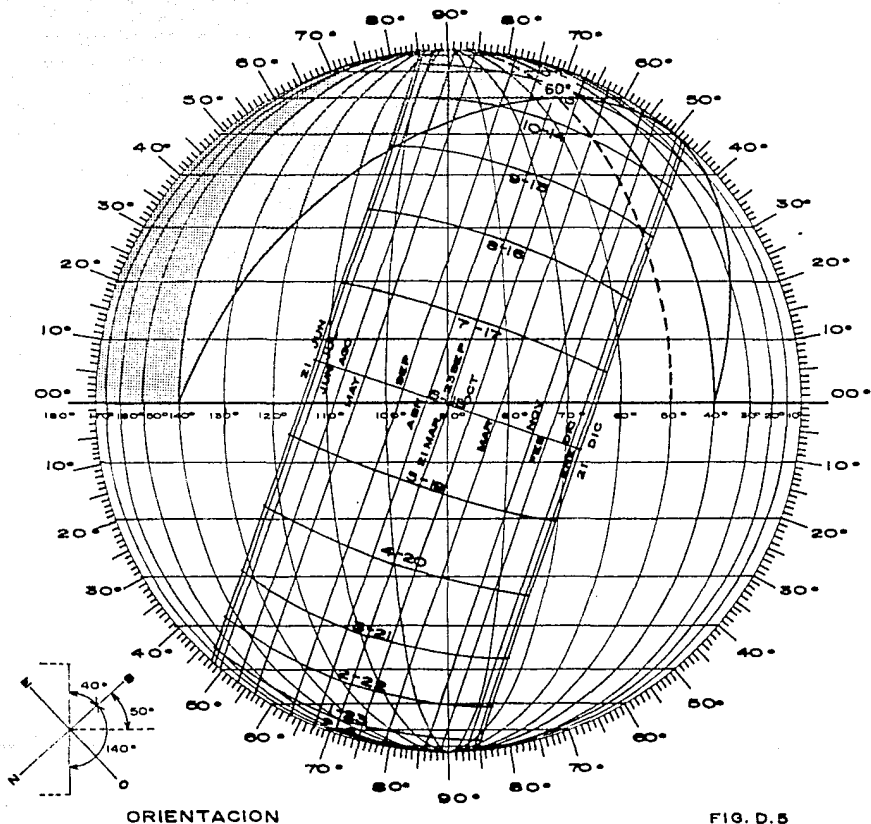
Esta misma representación de la máscara de protección horizontal tiene la opción de ser utilizada para un ventanal de orientación  $50^\circ$  E, quedando el periodo de insolación anual por la mañana.

NOTA 1: En los ejemplos anteriores los periodos de insolación varían dependiendo de la orientación, por lo que habrá que tener cuidado con su interpretación.

NOTA 2: Las zonas por arriba de la protección horizontal  $60^\circ$  representan el límite de soleamiento, lo que significa que a partir de esa máscara, la insolación será NULA, sin embargo, la zona libre por debajo de ésta permitirá la insolación sobre el acristalamiento, dada en forma GRADUAL y NO TOTAL.



PLANTA



ORIENTACION

FIG. D.5

## MASCARA DE PROTECCION VERTICAL

Cuando se han agotado las alternativas de control solar por medio de la orientación y las protecciones horizontales, todavía contamos con otro recurso que es el de las protecciones verticales, las cuales son elementos que controlan la insolación cuando los rayos solares aún tienen poca altura (periodos matinales y vespertinos), como en el caso de las protecciones horizontales, la eficiencia dependerá del tamaño, así como de su orientación.

En la fig. D.6 se muestran algunos ejemplos de protecciones verticales las cuales, al tomar diferentes orientaciones controlarán los periodos de insolación por medio de uno o más elementos, que variando de tamaño marcan los límites de soleamiento.

Estos límites están conformados entre el plano de la fachada y la protección vertical, formando un plano que cortara la bóveda celeste, determinando el periodo de insolación.

Su funcionamiento es muy sencillo si retomamos lo expuesto en el soleamiento de fachadas, donde éstas contendrán un plano que corta la bóveda celeste y la ruta del sol. A este habrá que restarle, por medio de otro plano meridiano (máscara vertical), el ángulo formado por el lado opuesto del vertical y la protección vertical, esto en ambos extremos.

# MASCARAS DE PROTECCION VERTICALES Y MIXTAS

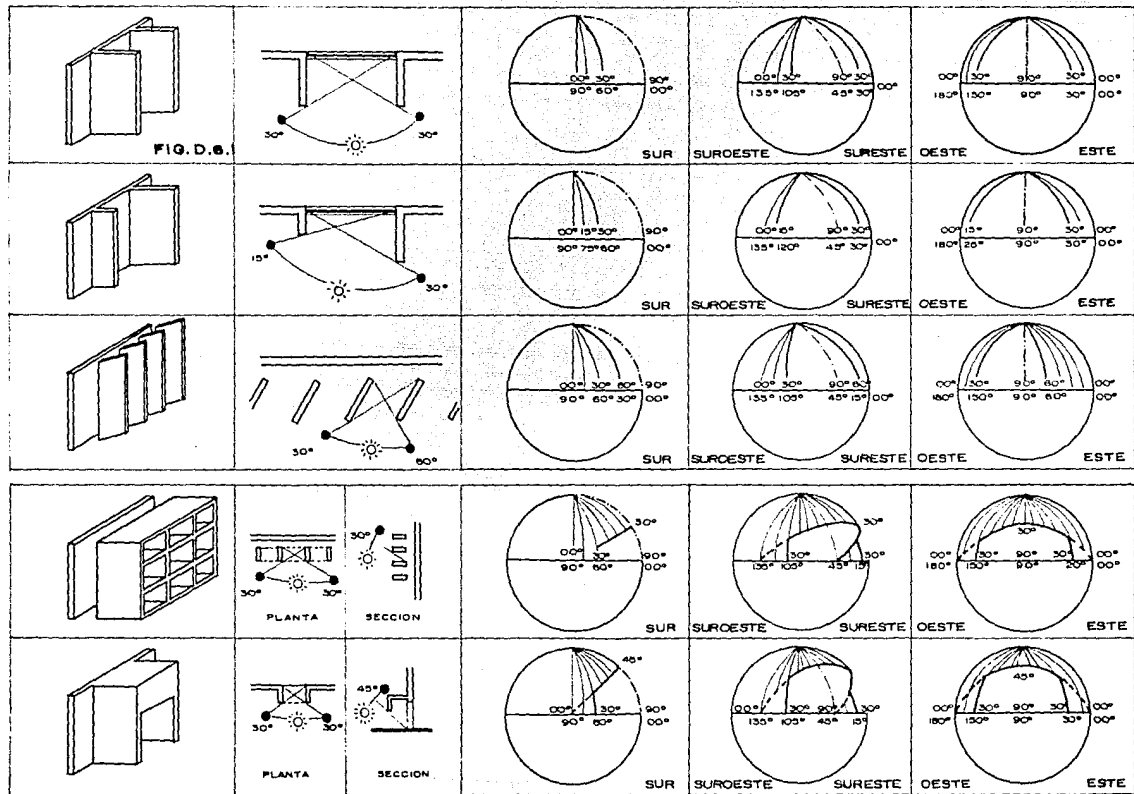


FIG. D.6

En el primer ejemplo de la fig. D.6.1 se muestra en planta un ventanal, en el que se marcan los límites permisibles de insolación por medio de dos protecciones verticales, las cuales forman un ángulo de  $30^\circ$  con la fachada. - Esto significará que, a partir de ese plano se tendrán que ir disponiendo - las máscaras.

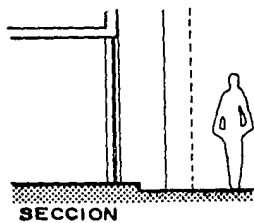
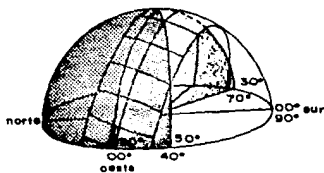
En ese mismo ejemplo, encontramos la primera máscara de protección vertical para una orientación sur; en primer término diremos que el plano del ventanal (fachada), por tener una dirección sur estará sobre el eje  $90^\circ$  W y --  $90^\circ$  E, siendo representada por la máscara  $00^\circ$ .

La máscara de protección vertical  $30^\circ$  que se encuentra al Este estará sobre el meridiano  $60^\circ$  E, el que da al Oeste le corresponderá el meridiano  $60^\circ$  W. Como las máscaras tienen el mismo valor de  $30^\circ$  habrá que considerar que la primera estará por detrás del plano meridiano del lugar y, que la - segunda por consiguiente estará por delante.

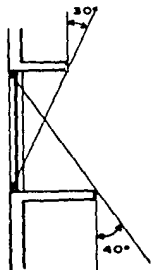
#### DISEÑO Y/O EVALUACION DEL SOLEAMIENTO CON PROTECCIONES VERTICALES Y UNA ORIENTACION SUR

Para ejemplificar este concepto observemos la fig. D.7, en donde otra vez, la zona que queda libre entre las máscaras, será el periodo anual de la insolación, para una orientación sur,

Para evaluar el soleamiento tomemos como ejemplo el día 10 . de marzo, donde la máscara de protección vertical  $30^\circ$  está situada sobre el meridiano -  $60^\circ$ E, cortando el día a las 10:45 horas y, en ese punto, iniciará la inso-



SECCION



PLANTA

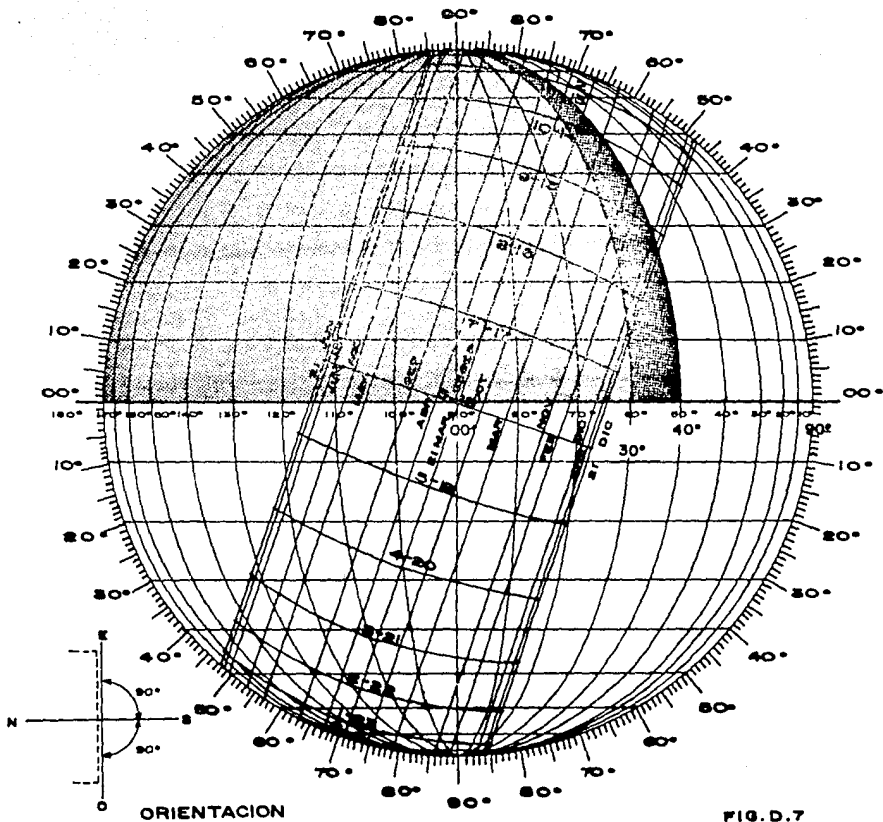


FIG. D.7



lación sobre el acristalamiento hasta el punto donde terminará la afectación solar, que será en la intersección del día y de la máscara de protección vertical  $40^\circ$ , la que estará localizada sobre el meridiano  $50^\circ$  W, a las 14:00 horas, teniendo un periodo de insolación el ventanal de 3:15 horas en ese día.

NOTA: Como en el caso de las máscaras de protección horizontal, las verticales garantizan el soleamiento gradual y paulatino dentro de sus límites

#### DISEÑO Y/O EVALUACION DEL SOLEAMIENTO CON PROTECCIONES VERTICALES Y UNA ORIENTACION $40^\circ$ W

La fig. D.8 muestra un ventanal en una fachada de orientación  $40^\circ$  W, en una vista en planta, encontramos que cuenta con una protección vertical que forma un ángulo de  $30^\circ$  con el plano de la fachada, el cual controlará los periodos de insolación matutina; al lado opuesto se encontrará la otra protección, que forma también un ángulo de  $40^\circ$ , la que afectará el soleamiento vespertino.



Las máscaras que determinan el periodo de soleamiento, estarán dispuestas a partir del eje del plano de la fachada  $140^{\circ}$  W y  $40^{\circ}$  E (máscara  $00^{\circ}$ ). la máscara de protección vertical  $30^{\circ}$  quedará sobre el meridiano  $10^{\circ}$  E (detrás de la meridiana del lugar), la otra máscara  $40^{\circ}$  quedará representada en el meridiano  $100^{\circ}$  W.

El periodo de soleamiento para el día 10. de marzo iniciará a partir de S1 (11:30 horas) terminando S2 en el ocaso (17:48 horas), en cambio para el 10. de agosto la afectación solar será a partir de 11:55 horas, llegando a su terminación a las 4:05 horas.

NOTA: Este mismo ejercicio es aplicable para el mismo tipo de ventana, pero con una orientación  $40^{\circ}$  E, en donde la máscara  $30^{\circ}$  estará sobre el meridiano  $10^{\circ}$ W y la máscara de  $40^{\circ}$  sobre el meridiano  $100^{\circ}$  E.

#### MASCARA DE PROTECCION MIXTA

Para la arquitectura cobra especial importancia el diseño de protecciones contra la radiación solar directa, ya que ayudará a resolver los problemas que provocan el excesivo soleamiento o, el tamaño y disposición de partesoles y volados, auxiliando en el ahorro energético y de costos, de los elementos y componentes de las fachadas, pudiendo enriquecerlas por medio

de un juego interesante de luz y sombra. Es necesario centrar la importancia del uso de las máscaras puesto que, por medio de ellas, es posible programar la insolación de los espacios a la hora y en la época que se desee, fig. D.6

#### DISEÑO Y/O EVALUACION DEL SOLEAMIENTO DE UN VENTANAL CON PROTECCION MIXTA Y UNA ORIENTACION SUR

Como su nombre lo indica las máscaras de protección mixta, son la combinación de las horizontales y verticales. En la fig. D.9 se muestra la sección de un ventanal que tiene un límite de soleamiento horizontal de  $60^\circ$ ; en la figura de abajo, encontramos la vista en planta del mismo, marcando los límites verticales de  $30^\circ$  hacia el Este y  $40^\circ$  al Oeste. Para determinar los periodos de soleamiento anual sobre el compás solar, habrá que marcar las máscaras de protección horizontal y vertical con una orientación sur y, la zona libre entre las máscaras será el periodo de insolación. Analizando este periodo, por ejemplo el 21 de diciembre, encontramos que el inicio de la afectación solar se dará cuando la máscara de protección vertical  $30^\circ$  corta el día a las 7:25 horas, hasta insertarse con la máscara vertical  $40^\circ$  a las 13:05 horas.

NOTA: En este ejemplo habrá que tomar en consideración que la máscara de protección vertical  $30^\circ$  está por detrás de la meridiana del lugar, lo que determinará que los periodos de insolación inicien por la mañana, terminando por la tarde con la intersección de la protección vertical  $40^\circ$

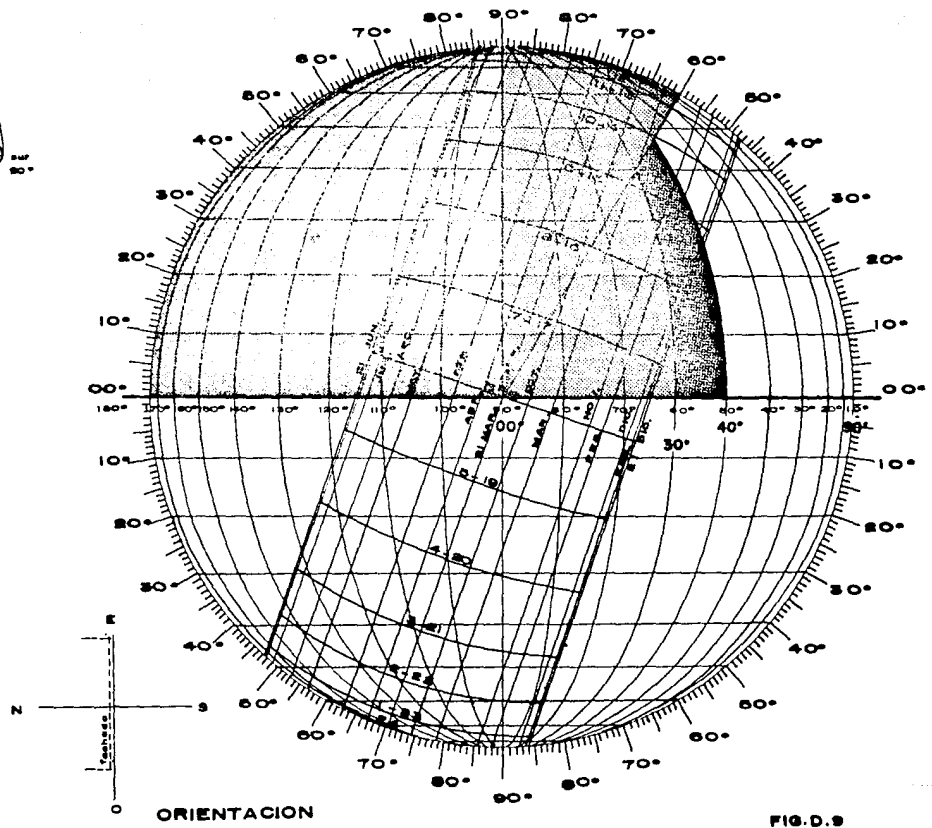
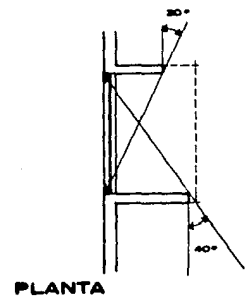
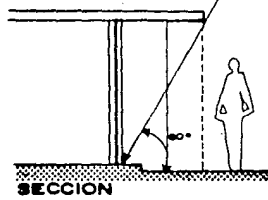
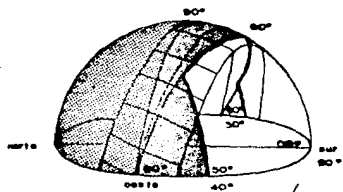
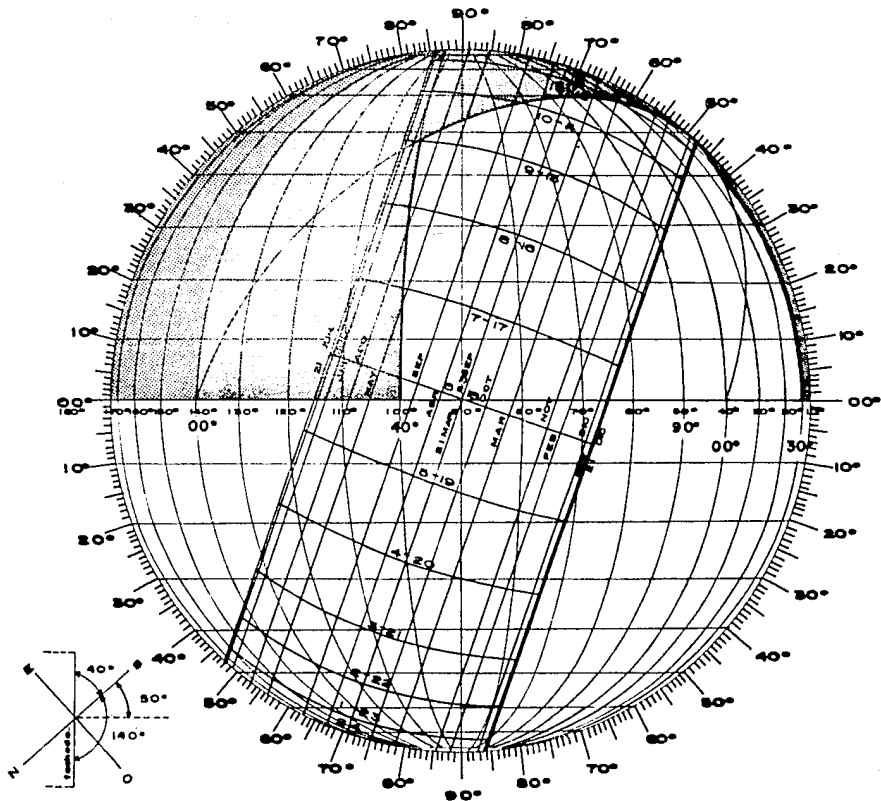
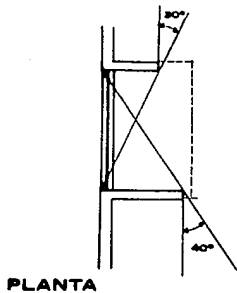
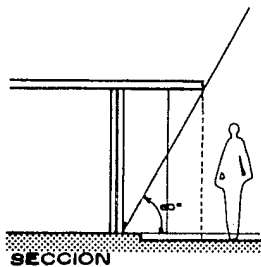
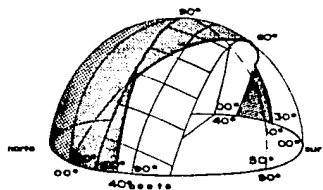


FIG.D.9

## DISEÑO Y/O EVALUACION DEL SOLEAMIENTO DE UN VENTANAL CON PROTECCION CON ORIENTACION 40° W

Partiendo del ejemplo anterior, en la fig.D.10 procedemos a girar las máscaras en dirección 50° W, quedando el plano de la fachada sobre el eje 140°W y 40° E. a partir de estos puntos la máscara de protección vertical 40° se situará sobre el meridiano 100° W y la máscara de 30° sobre el meridiano 10°E. por último abatiremos la máscara de protección horizontal 60°, por el método descrito con anterioridad en el capítulo Orientación de una máscara.

La evaluación del soleamiento estará determinada por la zona libre entre dichas máscaras. Los periodos de insolación, por la orientación adoptada, en la mayoría de los casos serán vespertinos. Al analizar el periodo de soleamiento para el día 21 de diciembre, diremos que la máscara de protección horizontal 60°, cortará el día a las 11:30 horas, donde comenzará a insolar el ventanal, terminando con el ocaso 17:24 horas. Por otro lado, para el 10. de agosto, esta misma máscara 60° se intersecta con el día a las 14:45 horas, hasta encontrarse con la máscara de protección vertical 40° a las 16:15 horas donde finalizará.



ORIENTACION

FIG.D.10

## OTRA UTILIDAD DE LAS MASCARAS

### OBSTRUCCION SOLAR PRODUCIDA POR EDIFICACIONES ALEDAÑAS

Uno de los problemas a los que se enfrentará el arquitecto, es el de determinar los periodos, cuando construcciones aledañas afectan el soleamiento, en el proyecto.

A continuación se podrán determinar los periodos de soleamiento y la obstrucción producida por edificaciones cercanas, sobre fachadas o espacios abiertos como calles, jardines, patios, etc.

El método está basado también, en el uso de máscaras, pero ahora se denominarán como máscaras de obstrucción solar, cuya utilidad es determinar los límites de soleamiento o sombreado, en fachadas o espacios.

### MASCARAS DE OBSTRUCCION SOLAR

A la fecha no existe una base técnica que sustente una reglamentación o normalización con respecto a la grave problemática que encierra la planificación urbana respecto al soleamiento.

Con esta metodología no se trata de dar pautas exactas para que se de la reglamentación, sino con los ejemplos que a continuación se presentan, se intenta mostrar los fenómenos de soleamientos en espacios exteriores, ya que la regularización sobre estos aspectos, debe llevarse a partir del análisis de las condiciones locales.



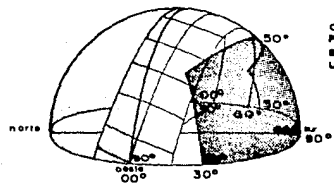
Una situación cotidiana de cualquier lugar la encontramos en la fig. D.11 - donde tenemos la sección de una vialidad, a ambos lados de la calle encontramos dos edificaciones. La cuestión ahora, es determinar los periodos de - obstrucción solar de un edificio (B) sobre la fachada de una vivienda (A) con orientación sur.

La solución fácil y rápida es marcar los límites de sombreamiento, haciendo coincidir el punto más alto del edificio (B) y la parte baja de la fachada - de la vivienda (A) con una máscara de sombreamiento horizontal, la cual formará un ángulo de  $50^\circ$  garantizando que si hubiera ángulos solares MENORES a los  $50^\circ$  el edificio (B) provocaría sombra sobre la fachada.

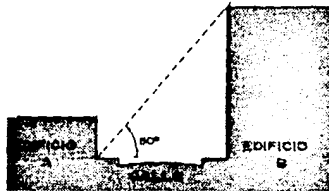
Por el contrario, si la incidencia solar fuese mayor, SIEMPRE estará insolado el paramento.

Antes de continuar, recordemos lo expuesto en el capítulo de soleamiento en fachadas sur, en donde éstas tendrán un plano que corta a la bóveda celeste a partir del eje  $90^\circ$  W y  $90^\circ$  E, quedando en dos semihemisferios Norte y Sur, contenidos todos los periodos de insolación en éste último.

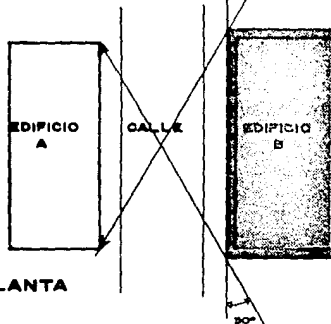
Hecha la aclaración, procedemos a delimitar en donde termina el edificio. En la vista en planta, al hacer coincidir los puntos opuestos de las fachadas de ambos, se determina el LIMITE MAXIMO DE SOLEAMIENTO, lo que significa que a partir de éstos nunca se provocarán sombras sobre la fachada.



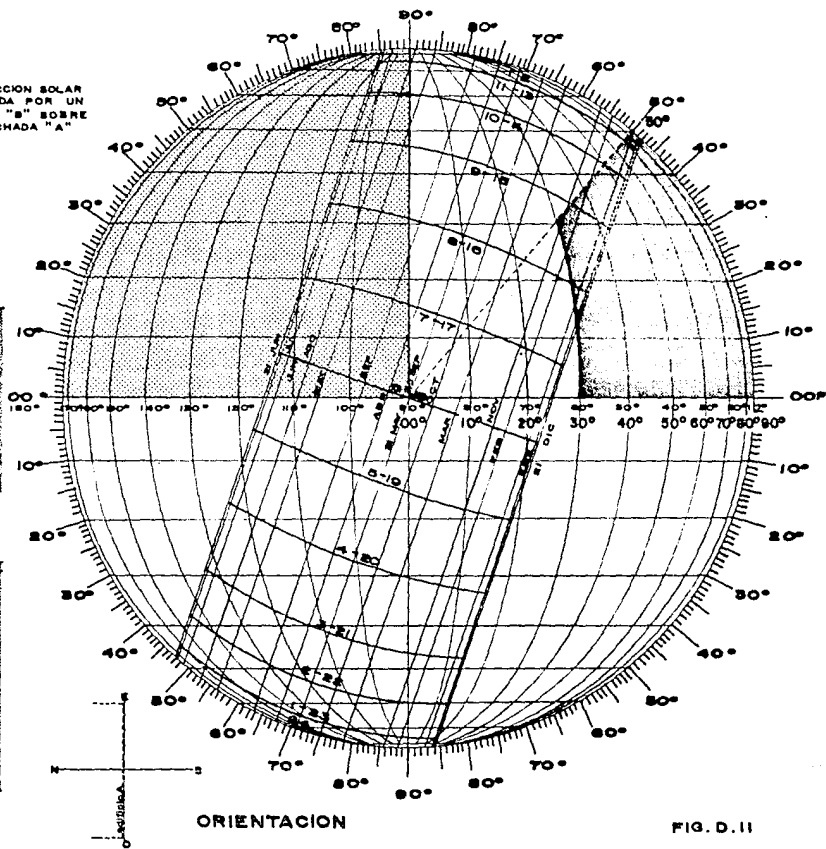
OBSTRUCCION SOLAR  
 PRODUCIDA POR UN  
 EDIFICIO "B" SOBRE  
 UNA FACHADA "A"



SECCION



PLANTA



ORIENTACION

FIG. D. II

NOTA 1: Este mismo ejemplo se podrá utilizar para determinar los periodos de sombreamiento de la misma calle, puesto que, a partir de la máscara de sombreamiento  $50^\circ$ , se limita el soleamiento de la vialidad. Las máscaras de sombreamiento vertical, en el ejemplo de la fachada, sólo marcan un porcentaje de sombra en la calle.

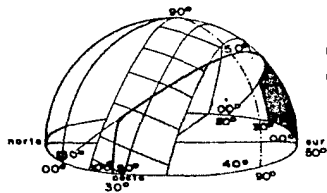
Para delimitar el sombreamiento de la calle habrá que determinar que área se quiere evaluar.

NOTA 2: Siguiendo este mismo procedimiento, es factible determinar los periodos de sombreamiento en patios, jardines, auditorios abiertos, plazas públicas, etc.

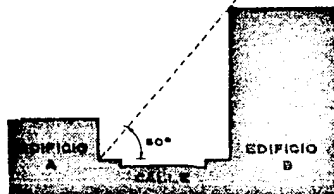
#### OBSTRUCCION SOLAR PRODUCIDA POR EDIFICACIONES $40^\circ$ O

En la fig. D.12 encontramos el mismo ejemplo anterior, pero ahora la orientación de los edificios y de la calle ha cambiado a una dirección  $40^\circ$  W, - por lo que los periodos de soleamiento serán reducidos en el horario vespertino.

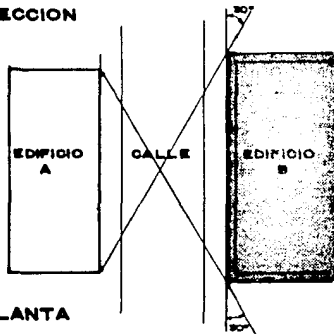
La primera restricción del soleamiento de la fachada, es su orientación, esta limitación se da por lo expuesto en el capítulo de soleamiento en fachadas, en donde ésta contendrá un plano que corta la ruta solar dispuesto sobre el eje  $130^\circ$  W y  $50^\circ$  E, partiendo de esta primera restricción, procedemos a marcar los límites de obstrucción solar por medio de las máscaras.



OBSTRUCCION SOLAR  
 PRODUCIDA POR UN  
 EDIFICIO "B" SOBRE  
 UNA PACHADA "A"



SECCION



PLANTA

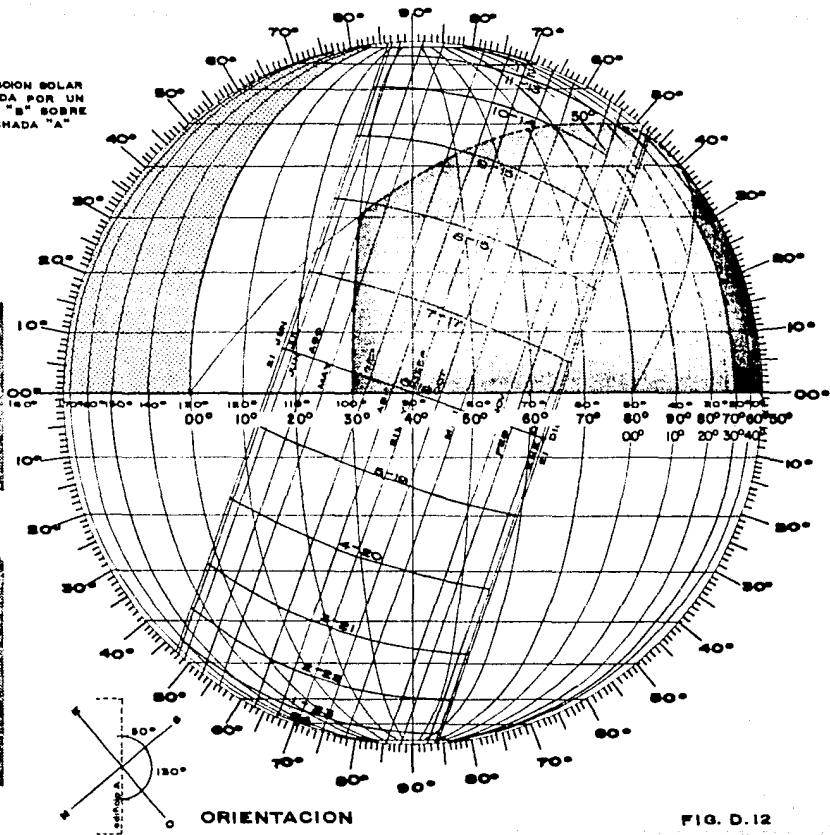


FIG. D.12

La primera de ellas es la de obstrucción horizontal  $50^\circ$ , dispuesta también sobre el mismo eje. Las máscaras de obstrucción vertical  $30^\circ$  estarán dispuestas al lado Oeste sobre el meridiano  $100^\circ$  W, la del lado Este se encontrará a partir del meridiano  $20^\circ$  E. La zona entre estas máscaras serán los periodos en donde NUNCA se producirá sombra sobre la fachada.

#### SOMBRA PROYECTADA SOBRE UNA FACHADA POR UN ELEMENTO EMPOTRADO

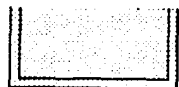
##### Método tradicional

Sea una fachada de orientación  $50^\circ$  W con una marquesina con características mostradas en la fig. D.13, en la que habrá que determinar la forma de la sombra que produce el elemento empotrado, para el día 21 de diciembre a las 14:00 horas en una latitud  $19.4^\circ$  N.

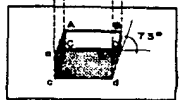
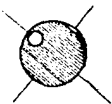
En primer término habrá que calcular en que dirección y altura solar será afectada la fachada en ese día y hora. Estos puntos los obtendremos a partir del cómpas solar, en donde el valor de la altura solar ( $h$ ) es igual a  $38.5^\circ$  y el azimut ( $A$ ) será igual a  $36^\circ$  (dirección  $36^\circ$  W)

Con estos dos datos, procedemos a determinar las proyecciones de los rayos solares, tanto en planta como en vista frontal, sobre el elemento empotrado en la fachada, por lo que será necesario abatir los ángulos solares a sus respectivas vistas.

LATITUD 19°24' N.  
 FECHA 21 DIC.  
 HORA 14.00h



PLANTA



FACHADA

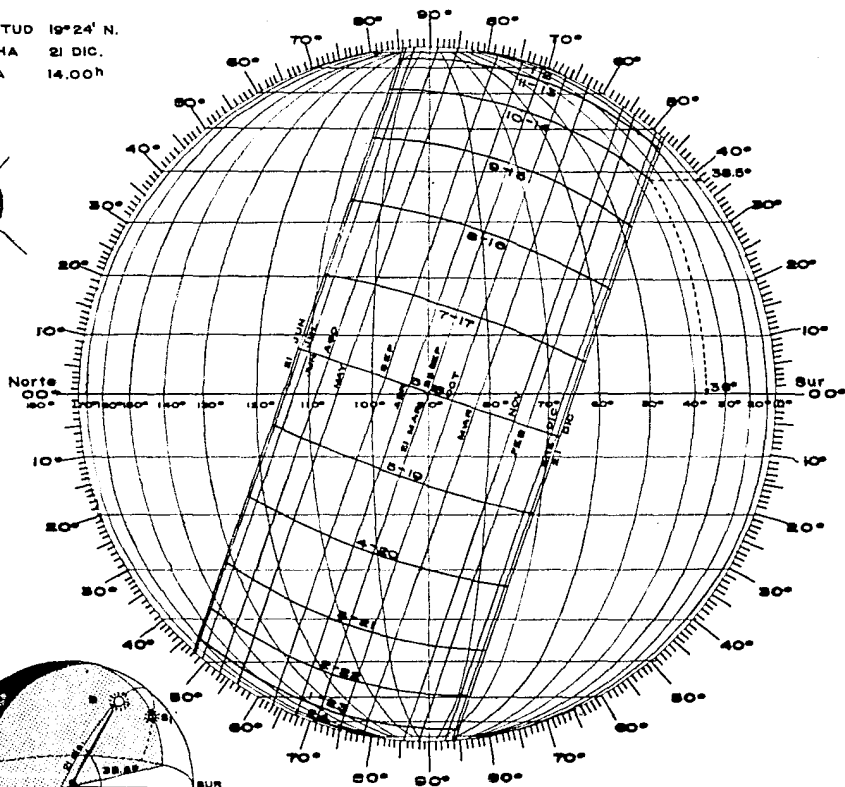
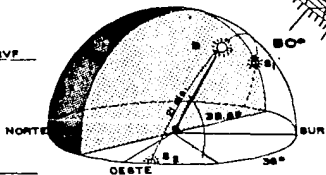
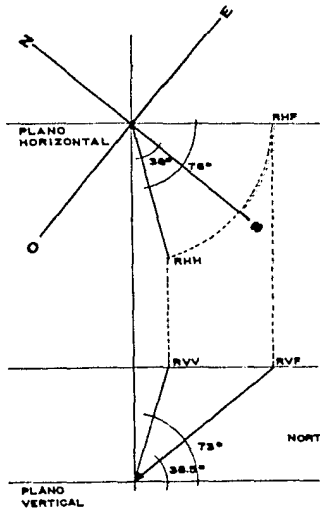


FIG. D.13

Sobre el plano vertical trazamos el ángulo con la altura solar (h)  $38.5^\circ$ , - auxiliándonos por la línea LA paralela al horizonte con cualquier altura, - cortamos al rayo solar, en verdadera forma y magnitud, en el punto RVF, - que proyectaremos sobre el plano de la fachada (plano horizontal), en el punto RHF. Sobre ese mismo plano trazamos los ejes cardinales perpendiculares a la orientación, a partir del eje sur procedemos a marcar el ángulo solar azimut  $36^\circ$  W, para luego girar el punto RHF cortándose en RHH, que al proyectarlo en el plano vertical hasta la línea LA al punto RVV y con origen en O, obtendremos el ángulo solar en una vista frontal  $73^\circ$ ; el ángulo azimut o dirección del sol, quedará con respecto al plano de la fachada con un ángulo de  $76^\circ$ .

Ahora sólo habrá que proyectar los rayos solares por las aristas del elemento sobre la fachada en ambos planos, y obtendremos la forma de la sombra a la hora y día elegidos.

### SOMBRA PROYECTADA SOBRE UNA FACHADA POR UN ELEMENTO EMPOTRADO METODO DE MASCARAS

En el ejercicio anterior, el procedimiento para determinar las sombras es válido, pero con la desventaja de que si se requiere calcular otros días y horas, habrá que repetir la operación tantas veces como sea necesario. Con el método de las máscaras, se reducen en gran medida todos estos procedimientos, ya que con éste se pueden calcular varios días a diferentes horas, evitando los abatimientos de los rayos solares.

Sobre el plano vertical trazamos el ángulo con la altura solar ( $h$ )  $38.5^\circ$ , auxiliándonos por la línea LA paralela al horizonte con cualquier altura, cortamos al rayo solar, en verdadera forma y magnitud, en el punto RVF, que proyectaremos sobre el plano de la fachada (plano horizontal), en el punto RHF. Sobre ese mismo plano trazamos los ejes cardinales perpendiculares a la orientación, a partir del eje sur procedemos a marcar el ángulo solar azimut  $36^\circ$  W, para luego girar el punto RHF cortándose en RHH, que al proyectarlo en el plano vertical hasta la línea LA al punto RVV y con origen en O, obtendremos el ángulo solar en una vista frontal  $73^\circ$ ; el ángulo azimut o dirección del sol, quedará con respecto al plano de la fachada con un ángulo de  $76^\circ$ .

Ahora sólo habrá que proyectar los rayos solares por las aristas del elemento sobre la fachada en ambos planos, y obtendremos la forma de la sombra a la hora y día elegidos.

#### SOMBRA PROYECTADA SOBRE UNA FACHADA POR UN ELEMENTO EMPOTRADO

##### METODO DE MASCARAS

En el ejercicio anterior, el procedimiento para determinar las sombras es válido, pero con la desventaja de que si se requiere calcular otros días y horas, habrá que repetir la operación tantas veces como sea necesario. Con el método de las máscaras, se reducen en gran medida todos estos procedimientos, ya que con éste se pueden calcular varios días a diferentes horas, evitando los abatimientos de los rayos solares.



Las máscaras horizontales son planos con diferentes inclinaciones, en los cuales cualquier punto contenido en ellos, será representado en una vista lateral, con el mismo ángulo de la máscara.

Con respecto a las máscaras verticales, estos planos también están dispuestos a partir del eje del plano de la fachada y si éstas cortan con el punto elegido, es fácil determinar la dirección que guardan con respecto al plano de la fachada.

Para ejemplificar lo antes expuesto, procederemos a observar la fig. D.14 en la cual las condicionantes son las mismas que en el ejercicio anterior, donde habrá que determinar la forma de la sombra proyectada por un elemento empotrado sobre una fachada de orientación  $50^\circ$  W, el día 21 de diciembre a las 14:00 horas en una latitud  $19.4^\circ$  N

Sobre el cómpas solar están dispuestas una gama de máscaras horizontales -- que van de los  $0^\circ$  a los  $90^\circ$ , orientadas a  $50^\circ$  W (la misma que la de la fachada), también encontramos las máscaras verticales que parten del meridiano  $140^\circ$  W hasta el  $40^\circ$  E.

El primer paso a seguir es que siempre hay que determinar si la fachada -- tiene la factibilidad de ser insolada ese día y esa hora, regida por la -- orientación del plano de la fachada (capítulo soleamiento en fachadas).

En el ejercicio la fachada está dispuesta sobre el mismo eje que las máscaras, lo que representa que es factible la insolación para ese día y hora. Al localizar el día y hora elegidos, encontramos que la máscara horizontal  $40^\circ$  también se corta en ese punto. (día y hora) esto significa que el rayo solar al estar contenido en la máscara horizontal  $40^\circ$ , será representado en una visita lateral con la misma inclinación.

Ahora, solo bastará localizar la dirección que guarda el rayo solar con respecto al plano de la fachada.

La solución la obtendremos a partir del uso de las máscaras verticales, en donde el meridiano que corta al día y la hora elegidos es el  $36^\circ$  (AZIMUT), que por la orientación de las máscaras adopta el valor para una máscara vertical igual  $76^\circ$ , y es la distancia angular respecto al plano de la fachada. Cabe hacer la observación que las lecturas que acabamos de hacer se hicieron al lado derecho de la nariz de las máscaras (orientación), por lo que el ángulo solar (respecto al plano de la fachada) se representará con una dirección que irá de derecha a izquierda, con el mismo ángulo de la máscara vertical  $76^\circ$ .

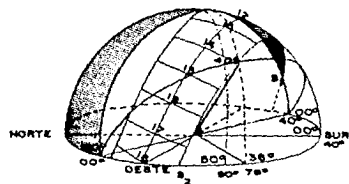
Otro ejercicio que reafirmará lo antes dicho, es cuando cambiamos al día por el 10. de agosto y la hora, por las 16:30, conservando los otros factores y observemos que la máscara horizontal  $40^\circ$  corta a la hora y día elegido, lo que representará que en la sección los ángulos solares se representarán, también con un ángulo de  $40^\circ$ . La diferencia estriba en que el valor del ángulo-

solar horizontal. respecto al plano de la fachada, será igual a  $40^\circ$ , pero -- con una dirección que irá de izquierda a derecha (puesto que las lecturas se hicieron al lado izquierdo de la nariz de las máscaras). Lo que provocará --- que la sombra varíe con respecto a la anterior.

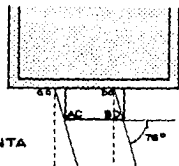
NOTA 1: Con estas mismas características, no es factible de ser utilizado, - para determinar sombras en los periodos matutinos, puesto que está - condicionado a la orientación (capítulo soleamiento en fachadas). Pe ro sí es factible de ser utilizados, si cambiamos de orientación de la fachada a una  $50^\circ E.$ , teniendo un especial cuidado en la representación del ángulo solar horizontal.

NOTA 2: El trazo final de la forma de las sombras es el mismo que el método-tradicional.

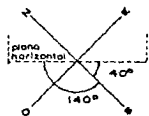
NOTA 3: El ejercicio está restringido a la orientación ( $50^\circ w$ ) y al número de máscaras sobre el compás solar (a cada  $10^\circ$ ), pero esta limitación -- puede ser vencida por el trazo de las mismas en el número que desee. (Capítulo Máscaras).



PLANTA



FACHADA



CORTE

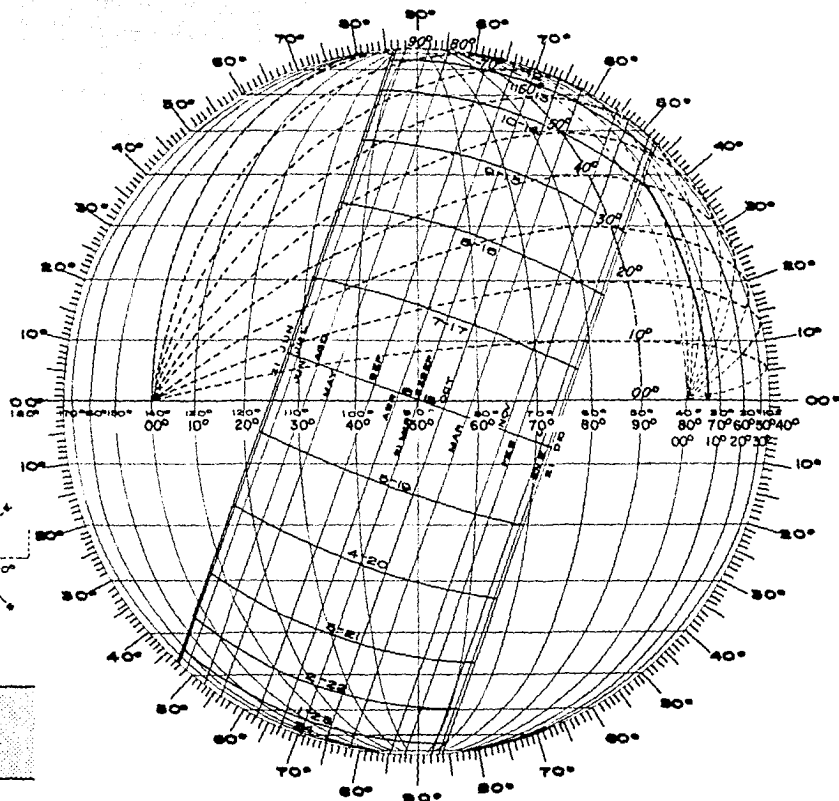
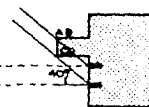


FIG. D. 14

## SOLEAMIENTO DE UN LOCAL A TRAVÉS DE UN VENTANAL.

Un requerimiento que pudiera exigirnos un proyecto arquitectónico, es el de determinar la zona soleada de un local a través de un ventanal o lucentario. Existen dos alternativas de solución:

La primera es, utilizando el método tradicional abatiendo los rayos solares, la otra en usar el método de las máscaras, y ésta última la encontramos en la fig. D.15, donde la necesidad es la de encontrar la forma de la zona soleada de un local a través de un ventanal de orientación  $50^{\circ}w$ , el día 21 de diciembre a las 14:00 hrs.

El procedimiento es similar al del ejercicio anterior, donde en primer término no habrá que orientar las máscaras a la misma dirección de la fachada, situar la máscara horizontal que corte al día y hora elegido. En este ejercicio la máscara horizontal de  $40^{\circ}$  es la que contendrá al rayo solar vertical, para encontrar la dirección del rayo solar se requiere hacer coincidir la máscara vertical con el mismo día y hora, lo que arrojará un valor de  $76^{\circ}$ , que es el ángulo formado con respecto al plano de la fachada.

Con estos datos procedemos a transportar el valor de la máscara horizontal  $40^{\circ}$  sobre la sección del ventanal, haciendo pasar los rayos solares por todos los puntos por donde puedan penetrar, hasta ser interceptados por alguna superficie. Con el valor de la máscara vertical  $76^{\circ}$  transportamos los rayos solares al plano horizontal, en donde en la planta del ventanal los haremos -

pasar, hasta encontrar las proyecciones donde se cortan con un ángulo de  $76^\circ$  y la dirección de este irá de derecha a izquierda, puesto que la lectura se hizo al lado derecho de la nariz de la máscara.

NOTA: Ahora bien, este procedimiento podría invertirse; marcando una zona --soleada sobre piso o muros, delimitada por los puntos del ventanal por donde puedan pasar los rayos solares, de donde obtendremos a los ángulos en la sección y planta del ventanal, que serán los valores de las máscaras horizontales y verticales respectivamente. Luego se seleccionará la orientación del ventanal y se trazarán sobre el compás solar las máscaras con dicha orientación y en la intersección de ambas, se determinará el día y hora en que se tendrá esa área soleada.

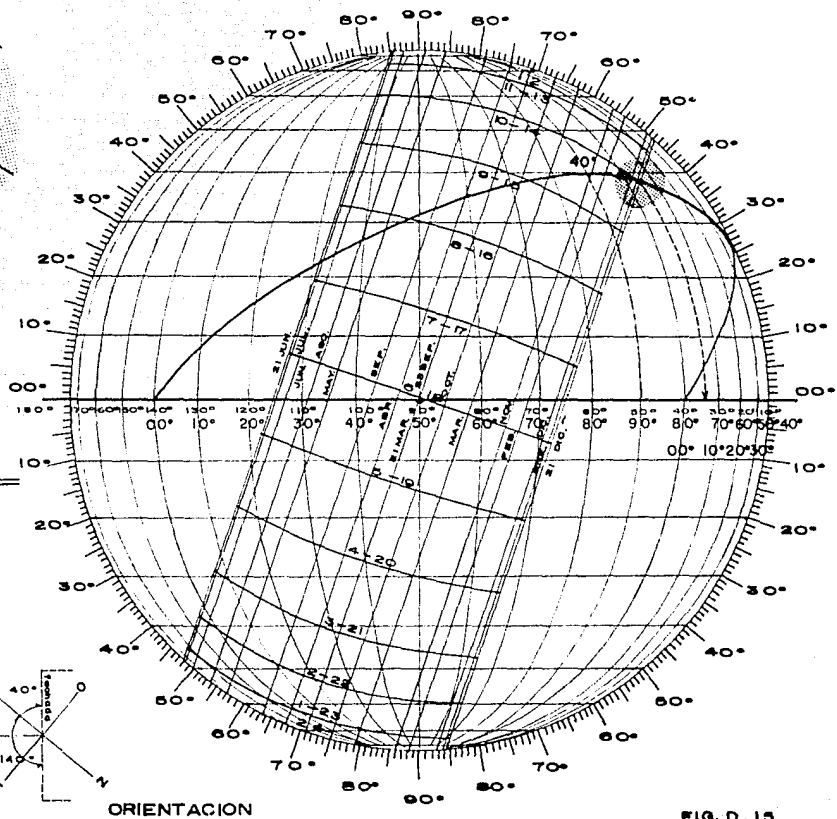
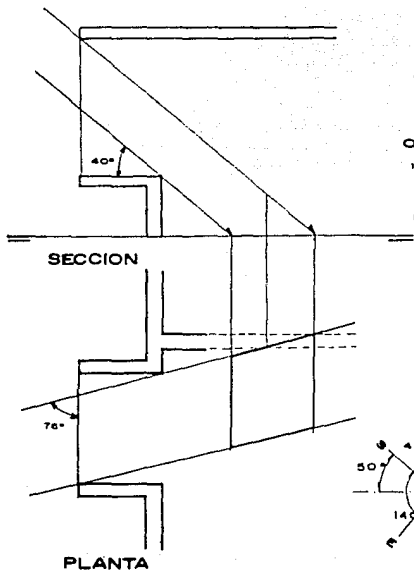
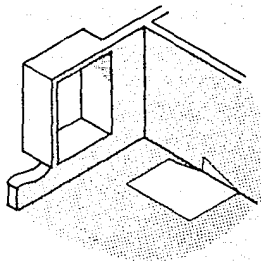


FIG. D. 15

# **SOLEAMIENTO EFECTIVO**



## SOLEAMIENTO EFECTIVO

### CARTA CILINDRICA

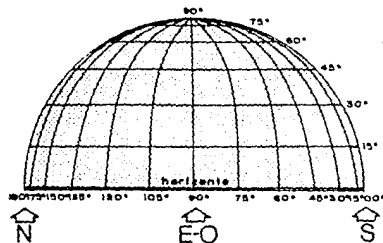
Hasta el momento podemos determinar los periodos de insolación en superficies y volúmenes, los cuales están condicionados a la latitud, orientación y forma. El objetivo principal de la carta cilíndrica, en nuestro estudio, es acercarnos a la obtención del soleamiento efectivo, el cual como dijimos depende de la climatología local (nubosidad, gases, polvos, etc.) y de la obstrucción producida por los accidentes naturales del terreno y de otras construcciones. La fig. E.1 representa el desarrollo de la bóveda celeste local, la que está dividida en dos coordenadas:

Las verticales, que son representadas por los paralelos que van del horizonte ( $0^\circ$ ) hasta los ( $90^\circ$ ) en la que encuentra el cenit (Z). Las horizontales - son los meridianos que están dispuestos a partir del punto cardinal Sur ( $0^\circ$ ) y ( $180^\circ$ ) hacia el Este como al Oeste.

Estas dos coordenadas son factibles de ser representadas sobre una carta cilíndrica, en la que los valores de las coordenadas horizontales (meridianos) están sobre el eje las ordenadas (x) las que marcarán la dirección (A) a partir del Sur ( $0^\circ$ ). Las coordenadas verticales representadas por los paralelos, contendrán la altura y éstos estarán sobre el eje de las abscisas (Y).

Realizando esta operación es fácil desarrollar la ruta solar sobre la carta cilíndrica, sólo se requiere transportar los valores de las alturas solares (h), sobre las coordenadas verticales y los azimuts en las coordenadas horizontales.

DESARROLLO  
BOVEDA CELESTE



DESARROLLO  
RUTA SOLAR

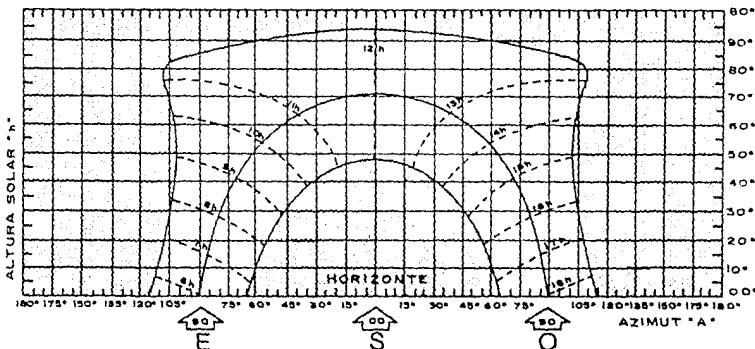
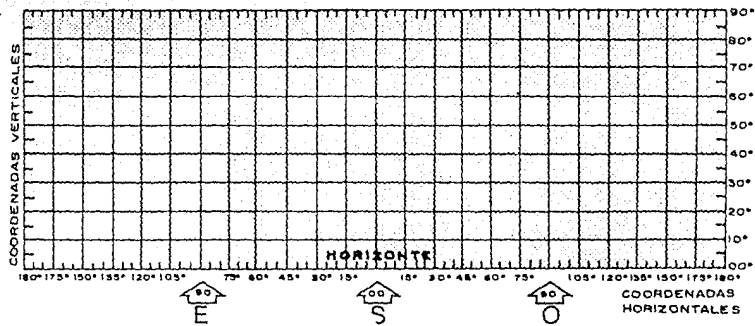
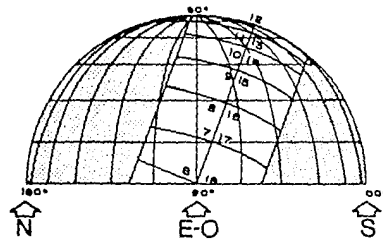


FIG. E.1

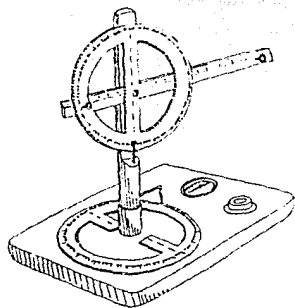
En la figura E.2 sobre la carta cilíndrica representamos en forma esquemática el desarrollo del perfil topográfico (horizonte), el cual nunca será completamente plano, provocando que en algunos de los períodos de la insolación -- sean afectados.

Los requerimientos necesarios para determinar los períodos de obstrucción solar son: marcar punto a punto las alturas con sus direcciones de todos y cada uno de los objetos fijos sobre el horizonte, para ir conformando el perfil - topográfico.

#### TRANSPORTADOR DE SOMBRAS

Este desarrollo se puede llevar a cabo por medio de un Nivel o Tránsito, en la figura E.3 está un dibujo de un transportador de sombras (casero), el - cual podemos construir con los materiales que tengamos a la mano, además, se presentan algunas sugerencias de materiales para su construcción.

Sobre una base de madera estará dispuesto un nivel, pudiendo ser de burbuja, el que permitirá tener nivelado el aparato. Es recomendable que la base esté sujeta al tripie de una cámara fotográfica para facilitar la nivelación, para lo cual requiere empotrar un tornillo o tuerca a la base con el diámetro y características según tenga el tripie o, simplemente sobre una superficie estable y nivelada. Sobre esta misma base se requiere un compás magnético - (brújula), el que permitirá orientar el aparato, y un transportador en el que nos basaremos para hacer las lecturas de las direcciones. Finalmente se necesita un barreno para insertar un cople que unirá al poste con la base (perpendicularmente), permitiendo el libre giro sobre de él, se requiere otro - transportador que unido por medio de un perno, le permitirá a través de un



DESARROLLO  
PERFIL TOPOGRAFICO  
Y OBSTRUCCION SOLAR

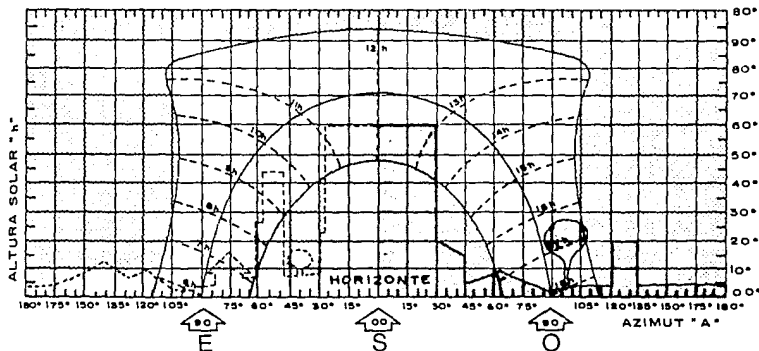
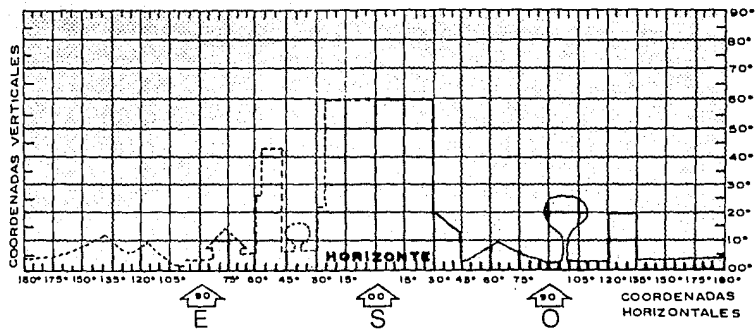
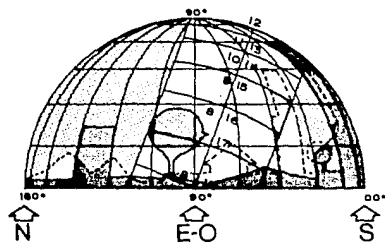


FIG. 2

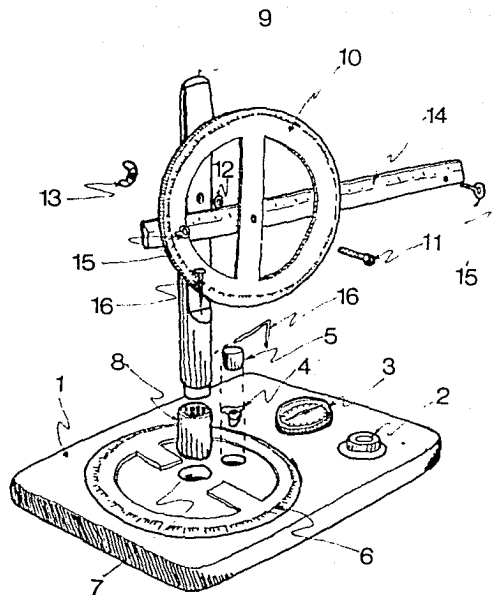
cañon con mirillas y una guía o marca, hacer las lecturas de los ángulos verticales (alturas), y la guía para las mediciones de los ángulos horizontales irá sobre el poste perpendicularmente.

En la figura E.2 también encontramos el mismo perfil topográfico, combinado con la ruta solar anual, el cual determinará los periodos reales de insola-ción sobre el observador.

La intención real de la carta cilíndrica es mostrar en una panorámica, las -obstrucciones producidas por los accidentes del terreno. En el Compás Solar también es factible transportar el perfil topográfico, teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

Recordemos que la bóveda celeste está representada sobre un plano vertical, lo que sólo nos ofrece la vista del hemisferio Oeste, por lo que, para deter-minar el lado Este de la esfera celeste, habrá que tener cuidado de no con-fundirlo con el anterior. Por tanto, se recomienda utilizar la cartacilín-drica hasta tener un poco de dominio sobre el compás solar.

NOTA 1: Otra opción es la de usar dos cartas de la bóveda celeste (del com-pás solar) y en cada una de ellas trazar el perfil correspondien-te o, en el mejor de los casos, utilizar sólo una usando simbolo-gía diferente para distinguirlos.



## TRANSPORTADOR DE SOMBRAS

1. BASE DE MADERA 19mm, de 220 mm x 200mm
2. NIVEL DE BURBUJA
3. COMPAS MAGNETICO (BRUJULA)
4. TORNILLO O TUERCA (PARA SUJETAR TRIPIE)
5. TAPON DE MADERA  $\emptyset$  (SEGUN PUNTO 4)
6. TRANSPORTADOR
7. BARRENO  $\emptyset$  19mm
8. COPIE  $\emptyset$  19mm
9. MANGO DE ESCOBA  $\emptyset$  19mm (POSTE) 200mm
10. TRANSPORTADOR
11. PERNO  $\emptyset$  3mm
12. RONDANA  $\emptyset$  3mm
13. TUERCA  $\emptyset$  3mm (MARIPOSA)
14. REGLA ESCOLAR 300mm (CAÑON)
15. ARMELLAS (MIRILLAS)
16. GUÍAS

FIG. E. 3

- NOTA 2: Al efectuar las lecturas del perfil topográfico, habrá que considerar que la posición que se elija puede variar si se cambia aun dentro del mismo terreno, por lo que estos valores del perfil están determinados para el observador en un punto.
- NOTA 3: Recordemos que al orientar nuestro aparato se hará por medio de un compás magnético (brújula), por lo que habrá pequeñas variaciones, ya que el Norte magnético y el astronómico tienen pequeñas diferencias, además de la exactitud con que se construya el aparato.
- NOTA 4: Independientemente de la obstrucción del perfil topográfico, habrá que considerar algunos elementos del clima como son los nublados, -brumas y gases en la atmósfera, para obtener el soleamiento efectivo.

# RELOJES SOLARES



## RELOJES DE SOL.

Los relojes de sol o cuadrantes solares son sencillos instrumentos que sirven para medir el tiempo, por medio de sombras producidas por un gnomón o estilete sobre un plano cualquiera.

La principal característica en la obtención de un cuadrante solar por el método del compás solar es, que el estilete o gnomón siempre se colocará paralelo al giro de la tierra (PN), lo que permitirá diseñar diferentes tipos de relojes. Cambiando los planos donde se proyecten las sombras, dan el nombre a los distintos tipos de cuadrantes solares.

### CONSTRUCCION DE UN CUADRANTE HORIZONTAL.

Como su nombre lo indica, este reloj toma su nombre del plano donde se proyectarán las sombras.

Para este tipo de relojes, es necesario que el gnomón siempre forme un ángulo con el horizonte y el eje PN igual a la latitud del lugar de observación y éste se encuentre orientado sobre el plano de la meridiana del lugar (Norte, Sur). Ahora, el problema se reduce a marcar sobre la "carátula" los intervalos de tiempo hora por hora.

Estos intervalos dependen de la coordenada Ecuatorial (H) que representa el--

giro de la tierra  $15^\circ$  por hora y el valor de la latitud del lugar.

El estilete formado por los puntos  $O$ ,  $PN$ ,  $N$  será insolado por el cambio de posición del sol de una hora  $S$ , el producto de la sombra arrojada por la -- "sección del gnomón  $O$ ,  $PN$ " será igual al ángulo formado a partir de  $N$  (Norte) con el punto  $M$ , el cual marcará la distancia angular en la carátula del reloj de una hora a otra hora. Esto en función de los husos horarios (giro de la tierra  $H$ .) para determinar intervalos de todo el día, bastará incrementar el valor de  $H+15^\circ$  por hora, hasta que vuelva a cortar la sombra el horizonte en otro punto  $MN$  FIG.1. Es invariable que las formas de las sombras arroja - das por el estilete siempre serán de diferentes tamaños, tanto hora tras hora como día con día. Esto no importa ya que la sombra que marcará la hora en los intervalos de tiempo sobre la carátula, será dada por el lado  $O-PN$ , del estilete.

Cabe mencionar, que el funcionamiento de los cuadrantes solares estarán condicionado a horas de sol, o sea, a la duración del día, y a su vez por la latitud del lugar. Además, de esta restricción habrá que considerar lo expuesto en el capítulo del soleamiento efectivo, donde la topografía, clima y configuración urbana afectarán su funcionamiento.

Sobre el compás solar fig. F.1 es fácil de diseñar este tipo de relojes solares, para cualquier latitud del mundo. Como primicia se requiere, seleccionar la latitud donde se operará el cuadrante solar horizontal (capítulo compás solar). Determinada la latitud, la forma del estilete la obtendremos --- uniendo los puntos  $O$  (observador),  $PN$  (polo norte),  $N$  (norte)..

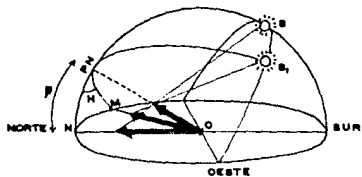
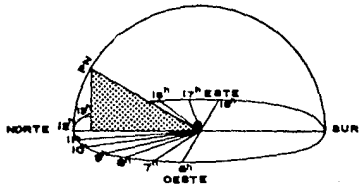


FIG.F.1.1

$\varphi$  = LATITUD  
 H = GIRO DE LA TIERRA 15° POR HORA  
 S = POSICION DEL SOL A CADA HORA

RELOJ SOLAR SOBRE UN PLANO HORIZONTAL



MODELO TERMINADO  
 FIG.1.2

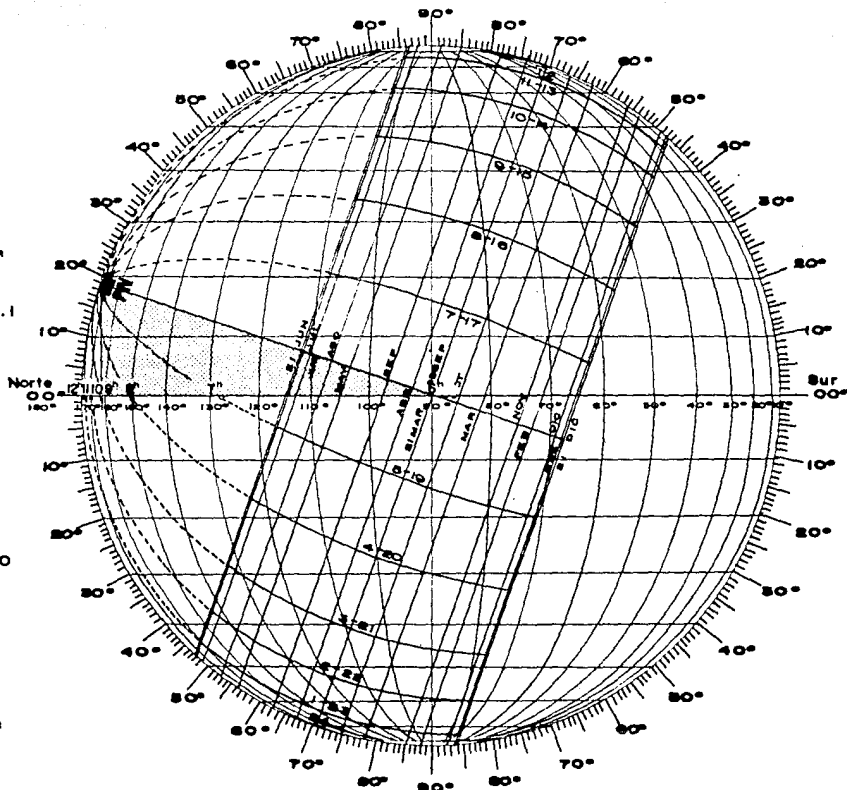


FIG.F.1

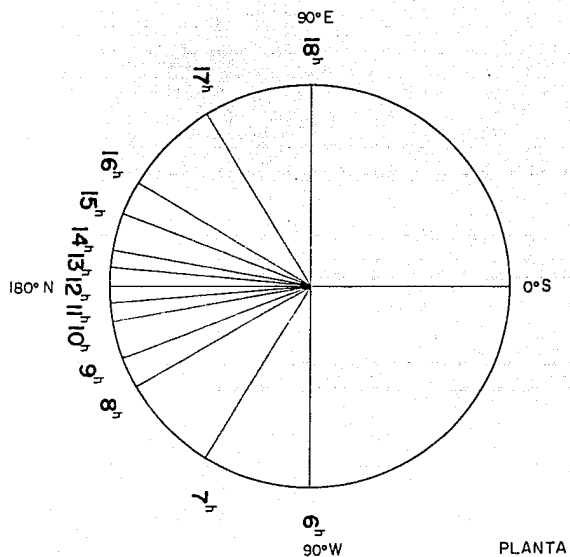
El número de intervalos de tiempo estará condicionado a la duración del día. Esta condicionante hará que en diferentes épocas del año, el cuadrante solar inicie o termine antes o después su funcionamiento, esto no es obstáculo para el compás solar, puesto que éste permitirá diseñar un reloj tan exacto que -- marcará desde la hora de orto hasta el ocaso, en cualquier época del año y lugar.

De la misma manera que la fig. F.1.1, los intervalos de tiempo se obtendrán -- al hacer coincidir un plano sobre los husos horarios (H) pasando por el PN hasta cortar con la línea de horizonte. En ese punto obtendremos un ángulo que medido a partir del sur, dará la ubicación de los intervalos sobre la "carátula" (Plano horizontal)..

Los horarios al interceptarse con el horizonte, provocarán que los intervalos diurnos estén al lado oeste y los vespertinos al Este, fig.F1.2, permitiendo que la sombra se proyecte sobre el plano horizontal marcando la hora solar.

Para una latitud de  $19.4^{\circ}$  N, los intervalos de tiempo estarán dispuestos --- con las siguientes direcciones:

INTERVALO	DIRECCION
6:00 horas	90° W
7:00 horas	120.84 W
8:00 horas	150.09 W
9:00 horas	161.63 W
10:00 horas	169.14 W
11:00 horas	174.91 W
12:00 horas	180° N
13:00 horas	174.91 E
14:00 horas	169.14 E
15:00 horas	161.63 E
16:00 horas	150.09 E
17:00 horas	128.84 E
18:00 horas	90° E



CARATULA DE UN RELOJ SOLAR HORIZONTAL  
LATITUD 19.4°N

## CONSTRUCCION DE UN CUADRANTE VERTICAL

Este es uno de los relojes solares más comunes y solicitados en la arquitectura, puesto que, una fachada podrá utilizarse como carátula y en ella proyectar las sombras, marcando el tiempo solar.

Para este tipo de cuadrantes verticales, es necesario que el gnomón esté contenido en el plano de meridiana, paralelo al eje de la Tierra y con dirección a la colatitud, el cual estará formado por  $PS = 19.4^\circ$ ,  $O = 70.6^\circ$ ,  $N = 90^\circ$

La fig F2.1 representa el funcionamiento del cuadrante vertical para una orientación sur, donde  $\underline{S}$  es la posición del sol a las 12 horas (no importando el día) y  $S'$  es la posición del sol una hora después (13 horas). El arco formado desde  $N$  hasta  $M$  será el intervalo de tiempo en función de  $H$  (giro de la Tierra), en donde la sombra del estilete deberá proyectarse siempre a esa hora.

Cabe hacer la aclaración que el funcionamiento de un reloj solar vertical está restringido a la latitud de operación (duración del día solar), al soleamiento de una fachada (horas del sol recibidas por un plano de orientación sur), y al soleamiento efectivo (clima, topografía, perfil urbano, etc.)

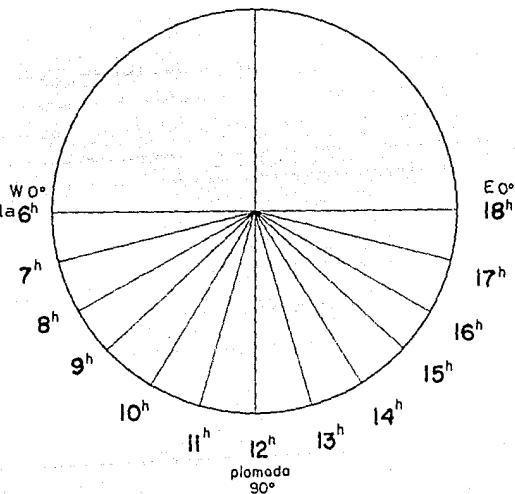
Para determinar los intervalos de tiempo sobre la carátula, por medio del compás solar, el procedimiento será el mismo que en los cuadrantes horizontales; se requiere hacer pasar un plano por cada uno de los husos horarios hasta que corte el plano vertical de la fachada en el punto  $M$  (M6h, M7h, M8h, M9h, etc.)



Para obtener los ángulos de los intervalos sobre el compas solar, en una vista frontal, se requiere abatir el plano vertical sobre la meridiana, ésto se logrará al proyectar la intersección del plano vertical y el plano del huso horario - paralelamente al horizonte, hasta cortar la graduación de la meridiana y, en ese punto, podremos hacer la lectura del ángulo del intervalo para esa hora fig. F2

Para una latitud de  $19.4^{\circ}$  N los intervalos de tiempo estarán dispuestos con las siguientes direcciones, tomando como punto de partida el plano de la meridiana - la que podremos determinar con la plomada sobre el plano vertical sur, que a su vez, será el intervalo de tiempo 12 horas. Hacia el Oeste se marcarán los intervalos de tiempo matutinos y para los vespertinos los marcaremos al lado Este.

INTERVALO	DIRECCION
6:00 horas	$00.00^{\circ}$ W
7:00	$14.18^{\circ}$ W
8:00	$28.57^{\circ}$ W
9:00	$43.33^{\circ}$ W
10:00	$58.53^{\circ}$ W
11:00	$74.14^{\circ}$ W
12:00	$90.00^{\circ}$ plomada
13:00	$74.14^{\circ}$ E
14:00	$58.53^{\circ}$ E
15:00	$43.33^{\circ}$ E
16:00	$28.57^{\circ}$ E
17:00	$14.18^{\circ}$ E
18:00	$00.00^{\circ}$ E





# **ESTUDIO DE LUZ Y SOMBRA**

## ESTUDIO DE LUZ Y SOMBRA SOBRE UN MODELO A ESCALA.

La hipérbola de sombra horario estacional, es un instrumento que nos permitirá visualizar a escala, el comportamiento de la insolación de una fachada, -ventanas, cubiertas, espacios y volúmenes, en distintas épocas del año y diferentes horas del día, en función de la latitud y la orientación.

Esto permitirá mejorar los diseños y evaluar la insolación del espaciamiento entre edificios y la disposición de los mismos, áreas verdes, vialidades y - en el ordenamiento urbano y ocupación del territorio, así como el comportamiento de las construcciones en su interior, por distintas formas y tamaños de los vanos.

Si se dispone de un modelo a escala y se desea conocer la sombra arrojada en una época y hora dadas, se procederá de la siguiente manera: (fig. G.1) sobre un tablero horizontal se coloca el modelo y la gráfica de la fig. G.3, orientando el modelo respecto a ésta, se moverá el tablero hasta hacer coincidir la sombra con el extremo del estilete sobre la hora y época (día) determinados, y en ese momento obtendremos los efectos de la luz y sombra sobre nuestro modelo. Para analizar otro día y hora sólo bastará repetir la operación moviendo el tablero o la fuente luminosa. (fig. G.1.1)

La hipérbola de sombra horario estacional se puede comparar con un reloj solar horizontal, de hecho es más completo, pues además con él podemos leer la hora y el día. Pero la principal utilidad se ha expuesto al principio de este capítulo.

# Estudio de luz y sombra sobre un modelo a escala

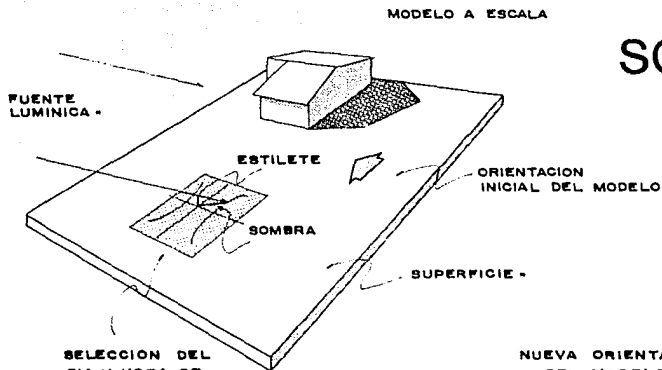


FIG. G.1

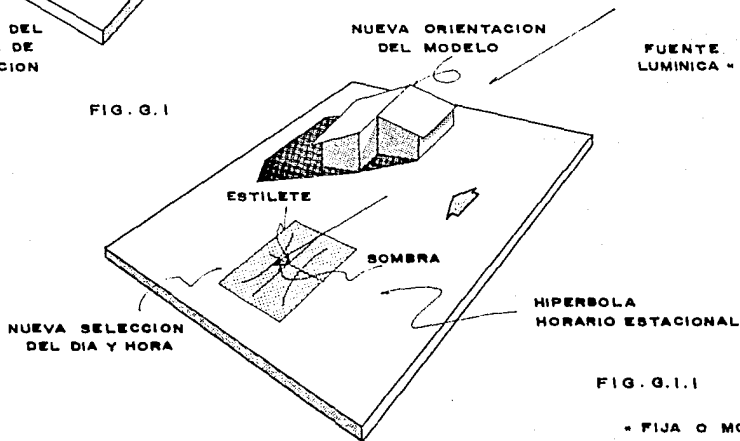


FIG. G.1.1

- FIJA O MOVIL

## HIPERBOLA DE SOMBRA HORARIO/ESTACIONAL.

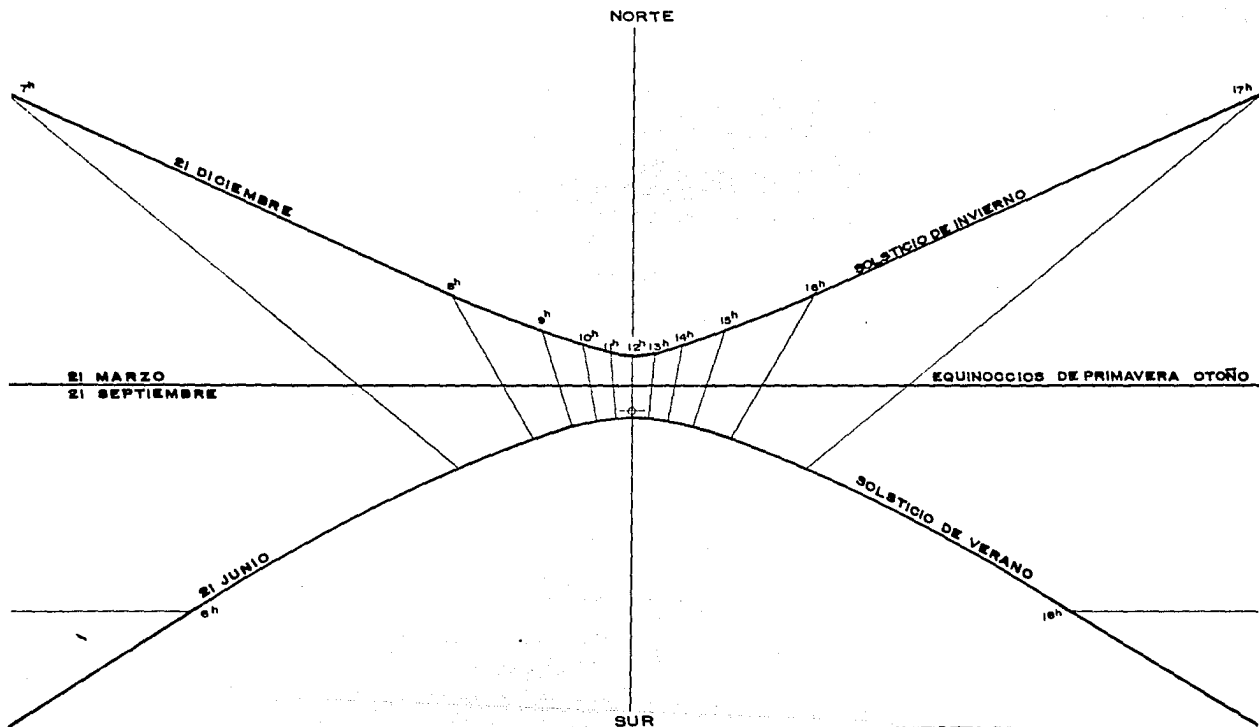
Como es el caso de las rutas solares, la representación gráfica depende del lugar de observación, o sea de la latitud, de la misma manera la gráfica en cuestión, requiere un trazo para cada latitud. Existen varios métodos similares para la obtención de la gráfica, pero el que a continuación se presenta, se considera el más rápido y sencillo.

El método está basado en el uso el compás solar, máscaras y del reloj solar-horizonta l con la latitud requerida. El ejercicio muestra el trazo necesario para construir una gráfica hipérbola de sombra horario estacional, en donde tomando como base la proyección de las líneas horarias que forman la carátula de un reloj solar horizontal, se observa que en planta, éstas formarán diferentes ángulos entre sí, partiendo del centro (0), (estas carátulas las obtendremos en el capítulo relojes solares) y las prolongaremos más allá de la carátula Fig. G.2 (Nótese que las horas comienzan al lado oeste con las 6 horas).

En la proyección vertical se encuentra el compás solar con el estilete (15m) en el cual se proyectarán los rayos solares.

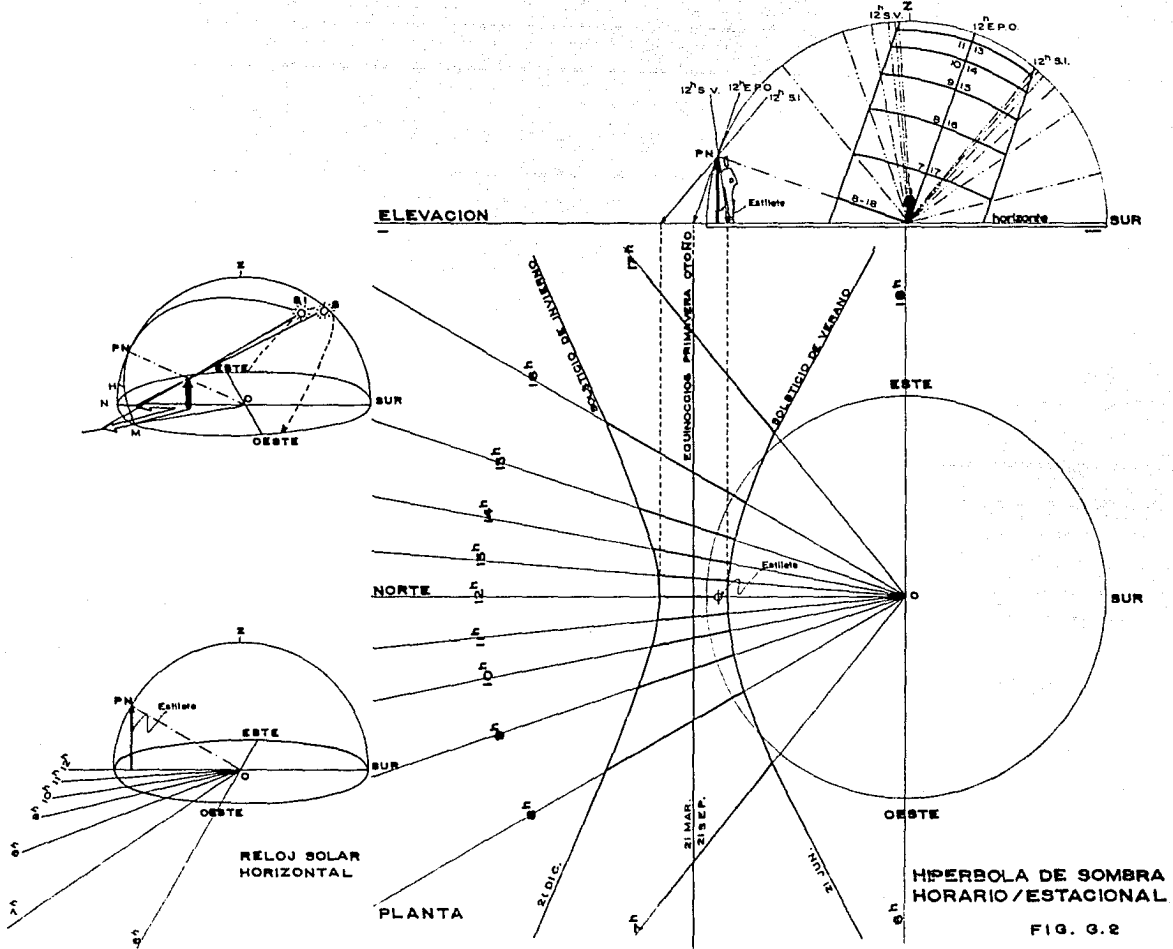
Para ir determinando los puntos donde se proyectan las sombras por hora y -- época del año, se utilizarán las máscaras horizontales sur. Para el solsticio de invierno se hará coincidir una línea desde el observador con cada una de las horas de ese día, ésta línea al intersectarse con la graduación de la

# HIPERBOLA DE SOMBRA HORARIO/ESTACIONAL



**LATITUD 19.4**

FIG. G.3



HIPERBOLA DE SOMBRA HORARIO/ESTACIONAL

FIG. G.2

meridiana de lugar, proporciona el ángulo de la incidencia solar en una vista lateral. (no confundirlo con el ángulo vertical "h" en verdadera forma y magnitud) que al transportarlo paralelamente sobre la punta del estilete hasta que corte con la línea de tierra, sólo bastará proyectarlo al plano horizontal con la línea horaria (carátula) correspondiente, donde se obtendrá el punto de la máxima sombra del estilete para ese día y hora. Hay que considerar que la altura del estilete es la que se muestra en la figura y éste quedará dispuesto sobre la línea horaria 12 h perpendicular al plano horizontal; si realizamos esta operación con cada hora del día y se unen, obtendremos el desarrollo de paso de la sombra para ese día determinado.

**CONCLUSIONES**



## CONCLUSIONES

De los temas y ejemplos desarrollados, para resolver la problemática en el diseño y/o evaluación del soleamiento en la arquitectura, dan pie a las siguientes conclusiones.

- El compás solar es factible de ser utilizado técnicamente en el diseño y/o evaluación del soleamiento de cualquier espacio o volumen en cualquier latitud del mundo.
- Con este tipo de "representación de las trayectorias solares" se tiene una ventaja potencial, con respecto a otros sistemas gráficos, que es la de no requerir trazo alguno para su "obtención".
- Una de las principales características del compás solar es la proyección en un solo plano vertical, que al seleccionarlo por medio de planos meridianos, paralelos, e inclinados, facilitan determinar los ángulos de incidencia solar, así como, los periodos de insolación.
- El compás solar fue desarrollado para que sea reproducido por sistemas comerciales de fotocopiado evitando de esta manera su continuo trazo, por lo que se recomienda que las cartas originales anexas sean copiadas conjuntamente, con la latitud deseada para el desarrollo del diseño. Cabe hacer la aclaración que la exactitud de el compás solar estará sujeta a la escala del trazo y al sistema de reproducción utilizado.

Algunos de los beneficios esperados con la operación del prototipo son:

En el área académica, una considerable reducción en el tiempo de su trazo y comprensión, dando oportunidad de profundizar en los fenómenos de soleamiento y acondicionamiento térmico.

En el área profesional: Se facilitará la toma de decisiones en relación al diseño respecto al sol, obteniendo una sensible reducción en los costos de materiales y de energía, ya que cada elemento contará con el tamaño y la disposición para su adecuado funcionamiento.

# GLOSARIO

## GLOSARIO

- ALTURA SOLAR:** Es el ángulo que forma el horizonte con la visual del observador y el Sol.
- AZIMUT:** Es el ángulo formado por el plano vertical que pasa por el Sol, y el plano vertical que se tomó como referencia (meridiano del lugar) este ángulo se mide sobre el horizonte a partir del sur.
- CENIT:** Punto más alto de la bóveda celeste local.
- CREPUSCULO ASTRONOMICO:** Cuando el Sol se encuentre  $18^\circ$  por debajo del horizonte.
- CREPUSCULO CIVIL:** Cuando el sol se encuentra  $6^\circ$  por debajo del horizonte.
- COLATITUD:** Angulo complementario a la latitud
- DECLINACION:** Angulo formado por un punto en plano de la eclíptica y el plano del Ecuador del Sol.
- ECUADOR:** Es el plano que pasando por el centro de tierra o sol es perpendicular al eje polar.

**HORIZONTE:** Plano perpendicular al eje de la plomada referido al horizonte terrestre.

**HEMISFERIO BQ REAL Y AUSTRAL:** El plano del ecuador que divide a la tierra en dos hemisferios, estos llamados boreal, del Norte, Articos o Septentrional, y el austral, del Sur Antártico o Meridional.

**LATITUD:** Angulo que forma el radio terrestre que pasa por un lugar con el plano del Ecuador. Dividido en dos hemisferios Norte y Sur.

**MERIDIANO:** Son los infinitos círculos máximos de la esfera que pasan -- por un solo punto. Uno de esos círculos, es el meridiano del lugar que contendrá la vertical del lugar.

**NADIR:** Lo opuesto, contrario al cenit.

**OCASO:** Anochecer, puesta de sol por el horizonte.

**ORIENTACION:** Dirigir o exponer una fachada hacia un lugar.

**ORTO:** Amanecer, salida de sol por el horizonte.

**PARALELOS:** Son los infinitos círculos menores paralelos al ecuador o círculo mayor de una esfera.

**PLANO HORIZONTAL:** Es el plano perpendicular a la vertical del lugar.

VERTICAL: Es determinada por ser la contraria a la plomada.

PARTE LUZ: Volado, alero, elemento de una construcción que provoca sombra.

PLANO Es uno de los infinitos planos que pasan por el observador,  
VERTICAL perpendicular al horizonte.

## SIGLAS

P.N Referido al eje de la tierra siendo este el polo norte geográfico no el magnético.

S.V. Solsticio de verano (21 de junio).

S.I. Solsticio de invierno (21 de diciembre)

E.P.O. Equinoccios de primavera (21 de marzo) y otoño (23 de sep.).

N De la coordenada o punto cardinal Norte.

S De la coordenada o punto cardinal Sur.

E De la coordenada o punto cardinal Este.

W De la coordenada o punto cardinal Oeste.

h Subíndice hora

"h" De la altura solar.

"A" Del Azimut solar.

LATITUD Referido a una latitud Norte 19.4°N (En grados decimales).  
19.4°N:

50 W: Azimut u orientación, representan una dirección de 50° al --  
Suroeste.

h c. Altura de culminación, punto o altura más alta del sol en un  
día específico que se da a las 12 hrs.

# BIBLIOGRAFIA



## BIBLIOGRAFIA

UNAM

"EL SOL EN LA MANO"  
MIGUEL BERTRAN QUINTANA  
Tercera edición 1987

CITAV

"MANUAL DE SOLEAMIENTO"  
CENTRO DE INFORMACION TECNICA DE APLICACIONES DEL VIDRIO  
España 1980

UNAM

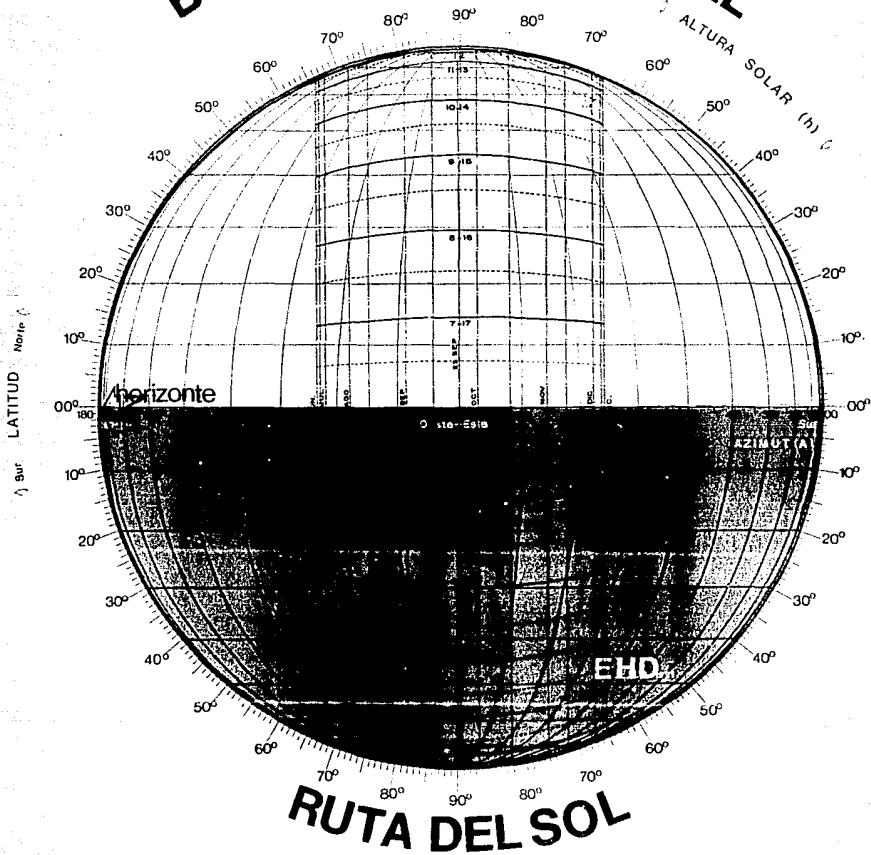
"LAS COORDENADAS HORARIAS DE LA TRAYECTORIA DIARIA DEL  
SOL SOBRE EL HORIZONTE Y SU REPRESENTACION POLAR EN LA  
REPUBLICA MEXICANA"  
DR. EVERARDO A. HERNANDEZ  
Centro de Investigación de Materiales  
1977

SAHOP

"EL HABITAT Y EL SOL"  
SECRETARIA DE ASENTAMIENTO HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS  
DIGAASES 1982

**ANEXO**

# BOVEDA CELESTE LOCAL



# COMPAS SOLAR

según Enrique Hernández Díaz



# Dirección General del Derecho de Autor Registro Público del Derecho de Autor

Se hace constar que en el Registro Público del Derecho de Autor, ha quedado inscrita la obra cuyas especificaciones son las siguientes:

# SEP

Autor (es) ENRIQUE HERNANDEZ DIAZ

Título: "ARQUITECTURA AL COMPAS SOLAR"  
OBRA TECNICA.

Derechos que se reconocen de autor conforme a los artículos 7º, 119 fracción I y 122, 9.

Vigencia de Derechos: La que establece el artículo 23 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

Número de Registro: 4171/91

Libro: 12

Fojas: 201

En virtud de lo dispuesto por el artículo 132 fracción I de la Ley Federal de Derechos de Autor Vigente, se expide el presente

## CERTIFICADO

México, D. F. a 11 de Marzo de 1991.

"Sufragio Efectivo No Reelección"

El Jefe del Departamento de Registro

LIC. GUILTERMO DIAZ ORDAZ ZAHUDIO

