

DL  
02  
T(72)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

ANALISIS CLIMATICO PARA LA  
CIUDAD DE GUATEMALA  
SU APLICACION EN ARQUITECTURA

Tesis

Presentada a la Junta Directiva

de la

Facultad de Arquitectura

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

**SERGIO ENRIQUE GARCIA SALAZAR**

Previo a optar al Título de

**ARQUITECTO**



Facultad de Arquitectura

Guatemala enero de 1975

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

REPOSICION DE COPIAS

R  
02  
T(72)

JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

DECANO: Arq. Lionel Méndez Dávila  
SECRETARIO: Arq. Gilberto Castañeda S.  
VOCAL 2o.: Arq. Francisco Chavarría Smeaton  
VOCAL 3o.: Arq. Ricardo Mendia Paredes  
VOCAL 4o.: Br. Julio Fonseca Corleto  
VOCAL 5o.: Br. Francisco Anleu

TRIBUNAL QUE PRACTICO  
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Arq. Lionel Méndez Dávila  
EXAMINADOR: Ing. Rafael Santiago M.  
EXAMINADOR: Arq. Mario Hugo Rosal  
EXAMINADOR: Arq. Ricardo Alonzo  
SECRETARIO: Arq. Gilberto Castañeda S.

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:**

**CUMPLIENDO CON LO ESTABLECIDO POR LA LEY UNIVERSITARIA, PRESENTO A  
VUESTRA CONSIDERACION, PREVIO A OPTAR EL TITULO DE ARQUITECTO, EL  
SIGUIENTE TRABAJO DE TESIS:**

**ANALISIS CLIMATICO PARA LA CIUDAD**

**DE GUATEMALA**

**SU APLICACION EN ARQUITECTURA**

**RECONOCIMIENTO:**

- AL ARQ. GUILLERMO GOMAR CORZO

CATEDRATICO ASESOR.

- A MI AMIGO Y COMPAÑERO DE TRABAJO; FRANKLIN JUAREZ, POR SU ASESORIA ESPONTANEA EN LO QUE SE REFIERE A ASPECTOS TEORICO-MATEMATICOS, GRACIAS A LA CUAL, FUE POSIBLE LA CREACION DE LA GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA

- A MIS PADRES

- A MI ESPOSA

**ANALISIS CLIMATICO PARA LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**SU APLICACION EN ARQUITECTURA**

## INDICE:

1. **INTRODUCCION.**
2. **SOLEAMIENTO.**
  - 2.1. Análisis de la cinemática del sistema TierraSol y geometría de la incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la tierra.
  - 2.2. Determinación de las fórmulas con las cuales se estructurarán las gráficas de trayectoria de sol y sombra.
  - 2.3. Carta Solar.
  - 2.4. Gráfica de trayectoria de sombra.
3. **GRAFICAS DE ZONA DE CONFORT.**
  - 3.1. Enumeración y descripción de los fenómenos climáticos a tomar en cuenta.
  - 3.2. Graficación de los fenómenos climáticos.
  - 3.3. Procedimiento a seguir en la determinación de la zona de confort.
  - 3.4. Graficación de la Zona de Confort sobre la Carta Solar.

4. **CALCULO DE PARTELUCES.**

4.1. Definición de Parteluz.

4.2. Procedimiento para determinar los ángulos de incidencia de un rayo de luz solar, utilizando la carta solar y la gráfica de trayectoria de sombra.

4.3. Cálculo de parteluces.

I - INTRODUCCION

## INTRODUCCION

El control del clima es una de las facetas más importantes, si no la más, en Arquitectura, puesto que ésta nació precisamente para llenar, la necesidad de protección contra el medio ambiente.

El hombre prehistórico tenía que protegerse contra el sol directo, la lluvia, el viento, contra los animales salvajes, y para ello aprovechó las depresiones naturales y posteriormente edificó él mismo su vivienda. A este hombre, con su tipo de vida, con los instrumentos que contaba, con el adelanto técnico de su época, le bastaban cuatro paredes y un techo para satisfacer estas necesidades.

Conforme fue transcurriendo el tiempo, estas necesidades fueron multiplicándose y cambiando, hasta llegar a la época moderna en la que el hombre tiene otro tipo de necesidades; su forma de vida ha cambiado considerablemente; sus actividades ya no son únicamente físicas, sino también intelectuales, y están a la par de los adelantos científicos y técnicos. Ya no le bastan únicamente cuatro paredes y un techo, sino algo que le de mucho más confort, y es precisamente el Arquitecto el obligado a proporcionárselo.

En Guatemala este aspecto, desafortunadamente, se ha descuidado mucho. No se entrará a analizar los motivos que han dado lugar a que ésto suceda; lo cierto es que es mínimo el número de edificios que han sido sometidos a un estudio de control ambiental técnica y científicamente aceptable.

Lo anterior motivó el impulso a desarrollar este trabajo, cuyo objetivo es el de presentar una guía de los aspectos que se consideraron de los más importantes en este tema y que constituya un material de uso práctico inmediato, si se toma en cuenta que la bibliografía al respecto es muy escasa en nuestro medio.

## 2 -- SOLEAMIENTO

- 2.1. ANALISIS DE LA CINEMATICA DEL SISTEMA TIERRA-SOL Y GEOMETRIA DE LA INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES, SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA.



De lo anterior podemos deducir que la distancia entre los dos focos, en relación a la del sol a la tierra es mínima, (2.60/o) por lo tanto, la elipse que describe la tierra en su recorrido alrededor del sol es casi un círculo (ver dibujo No. 1).

Partiendo de ello, para el objetivo de este estudio, por facilidad de trabajo y porque ello no va a cambiar el resultado final al que se puede llegar, se va a suponer que ese movimiento de traslación describe un círculo.

Debido a que la traslación de la tierra alrededor del sol es elíptica, el movimiento relativo de ésta no es constante, esto determina que exista el día solar verdadero que varía durante todo el año y exista también el día solar promedio cuya duración es la que nos marca el reloj (24 horas).

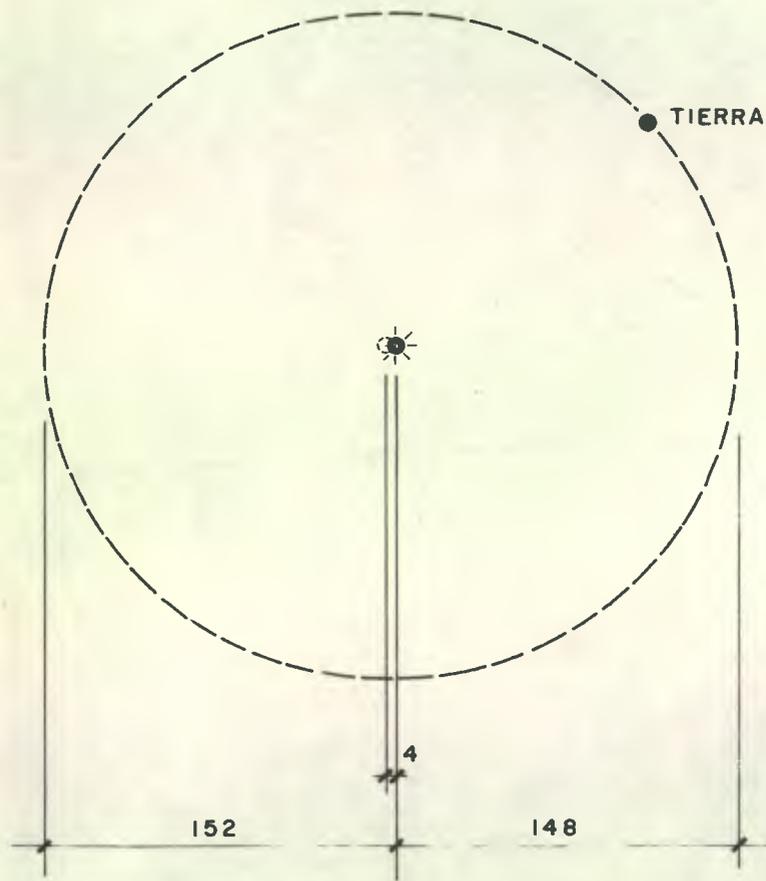
El hecho de tomar la traslación de la tierra como un círculo, afectará en las fórmulas de determinación de sombras únicamente en que a una hora cualquiera escogida, habrá una indeterminación de  $\pm 15$  minutos como máximo; lo que puede corregirse con una gráfica de la ecuación del tiempo, (Dib. No. 18); pero el diagrama que describe la sombra de cualquier objeto, durante el día, será exactamente la misma.

Es necesario saber que el eje de la tierra en su recorrido alrededor del sol, apunta siempre en una dirección: hacia la Estrella Polar. Este eje mantiene siempre un ángulo de  $66^{\circ} 33'$  con el plano que forma la órbita terrestre (eclíptica) (Ver dibujo No. 2).

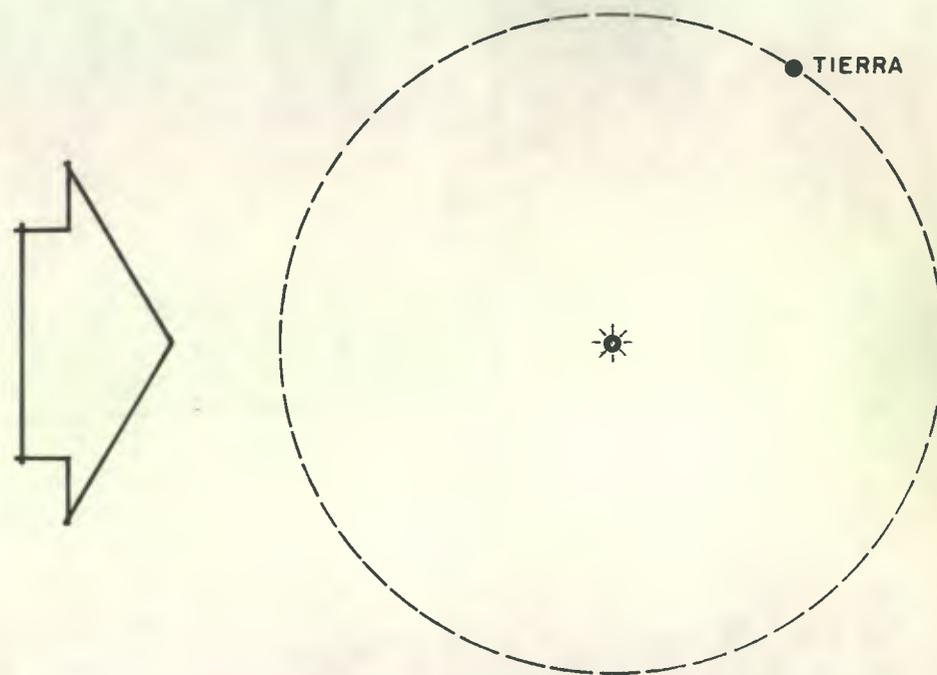
Esta posición definida del eje de la tierra, también tiene un movimiento giratorio, parecido al de un trompo (precesión), pero este cambio de dirección es tan lento, (da una vuelta cada 25,000 años), que por tal motivo y para efecto de este estudio se puede considerar como inmóvil..

Esta inclinación del eje, determina que el tiempo que transcurre desde que amanece hasta que anochece, no sea constante a través del año en un punto determinado de la tierra, ni igual para dos puntos de diferente latitud en una misma fecha.

ORBITA ELIPTICA

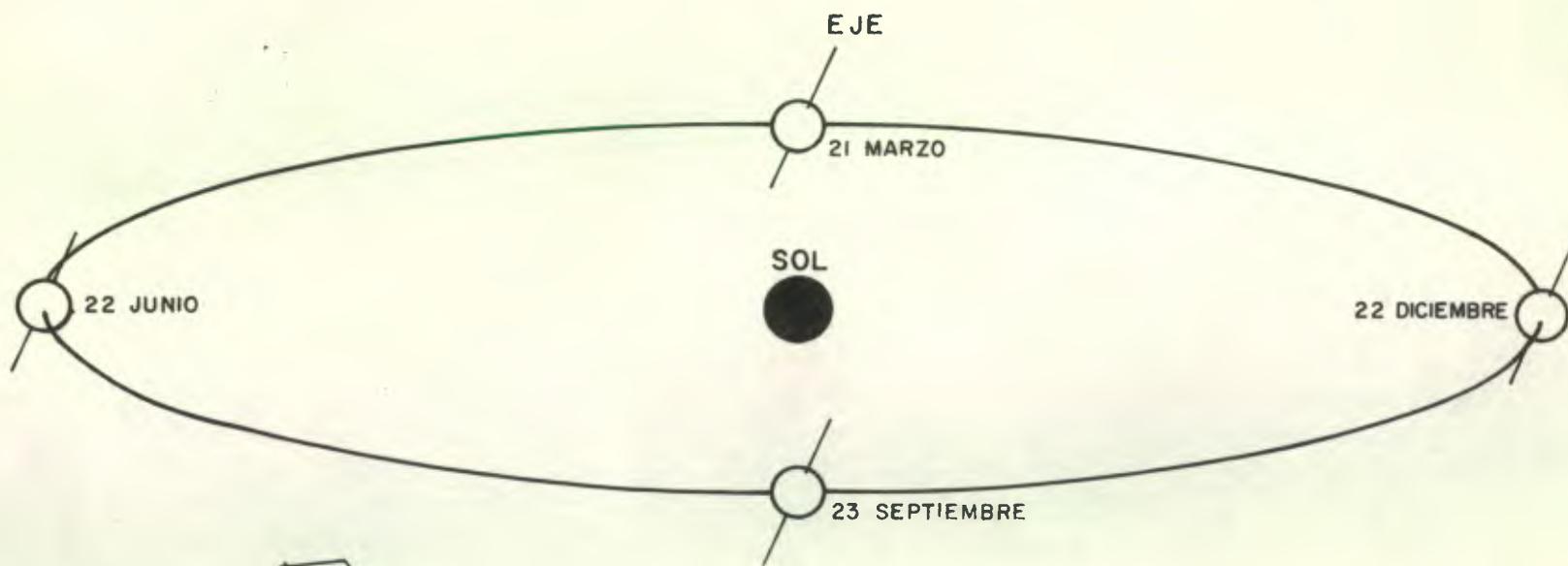
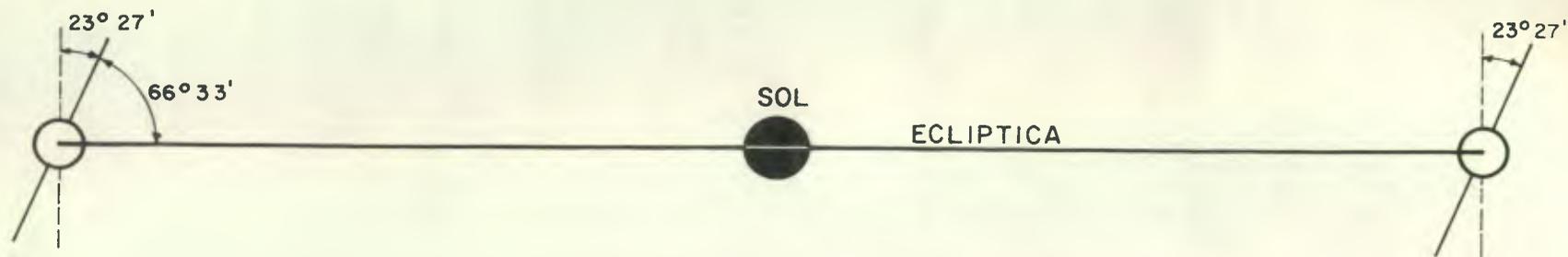


ORBITA CIRCULAR



DISTANCIAS X 1 000,000 (KMS.)

☀ SOL (1er FOCO)  
● (2º FOCO)



Hay períodos del año en que los días son más largos que las noches, o viceversa, en un mismo lugar; aumentando éste efecto mientras más nos alejemos del ecuador, hasta llegar a tardar los días y las noches 6 meses en los polos (ver dibujo No. 3).

También puede observarse en el dibujo, que el único lugar en donde las noches y los días tienen la misma duración, en todo el año, es en el ecuador (12 horas).

Se escogieron estas cuatro fechas del año para dibujarlas, porque corresponden exactamente al momento en que el valor absoluto de la declinación del sol es máxima o cero, por lo que puede verse en ellas, en forma clara, el fenómeno que se quiere mostrar.

Los paralelos importantes (Ecuador, Trópico de Cáncer, de Capricornio, Círculo Polar Artico, Círculo Polar Antártico) están definidos en el globo terráqueo obedeciendo a circunstancias especiales; por ejemplo: los trópicos están colocados en el lugar exacto en donde los rayos solares, llegan perpendicularmente cuando el sol presenta su máxima declinación. Los círculos polares están colocados en el lugar exacto donde los rayos solares pasan tangentes al globo, cuando también el sol está en su máxima declinación en valor absoluta (ver dibujo No. 4).

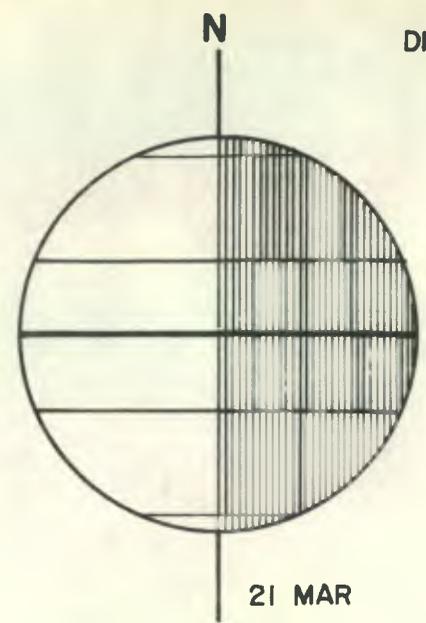
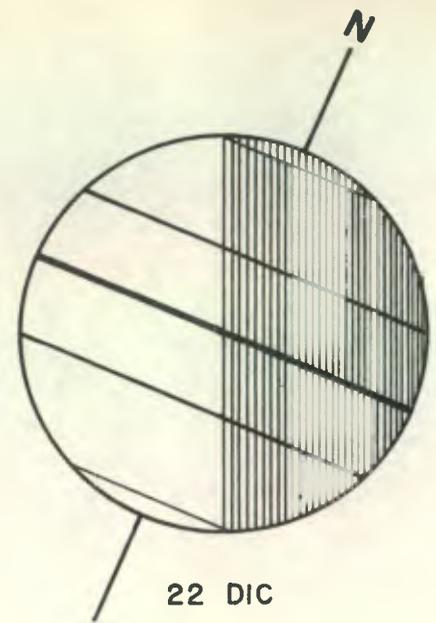
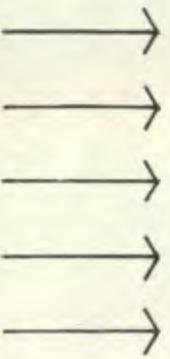
Guatemala está localizada en el hemisferio norte, entre el Ecuador y el Trópico de Cáncer, exactamente a los 15° del Ecuador.

Esta localización va a determinar que las características de la incidencia de los rayos solares sobre Guatemala, y sus estaciones, no sean iguales, a la de los otros países que no está sobre el mismo paralelo.

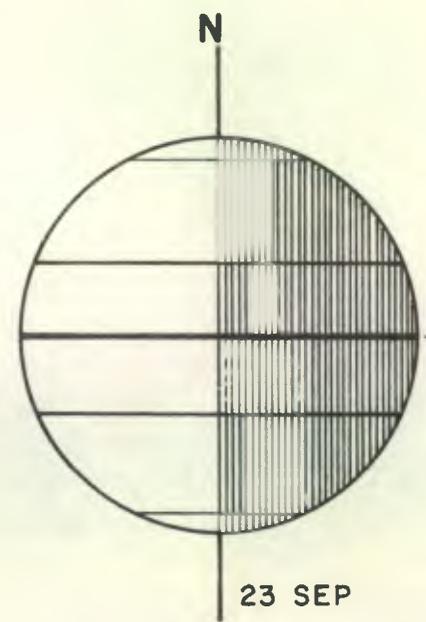
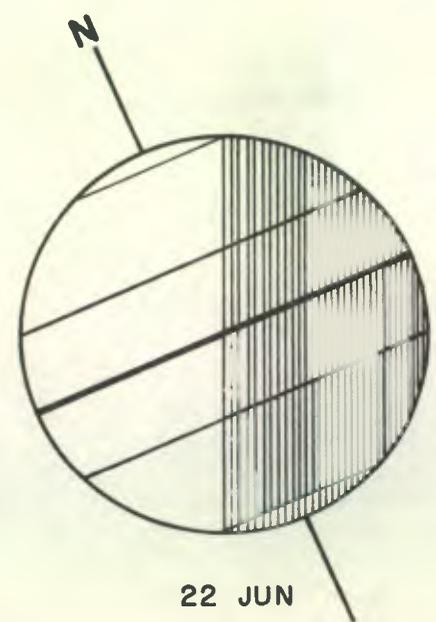
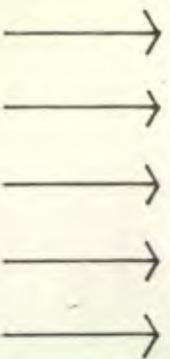
En el espacio sideral se pueden localizar algunos planos que servirán para entender en mejor forma este estudio.

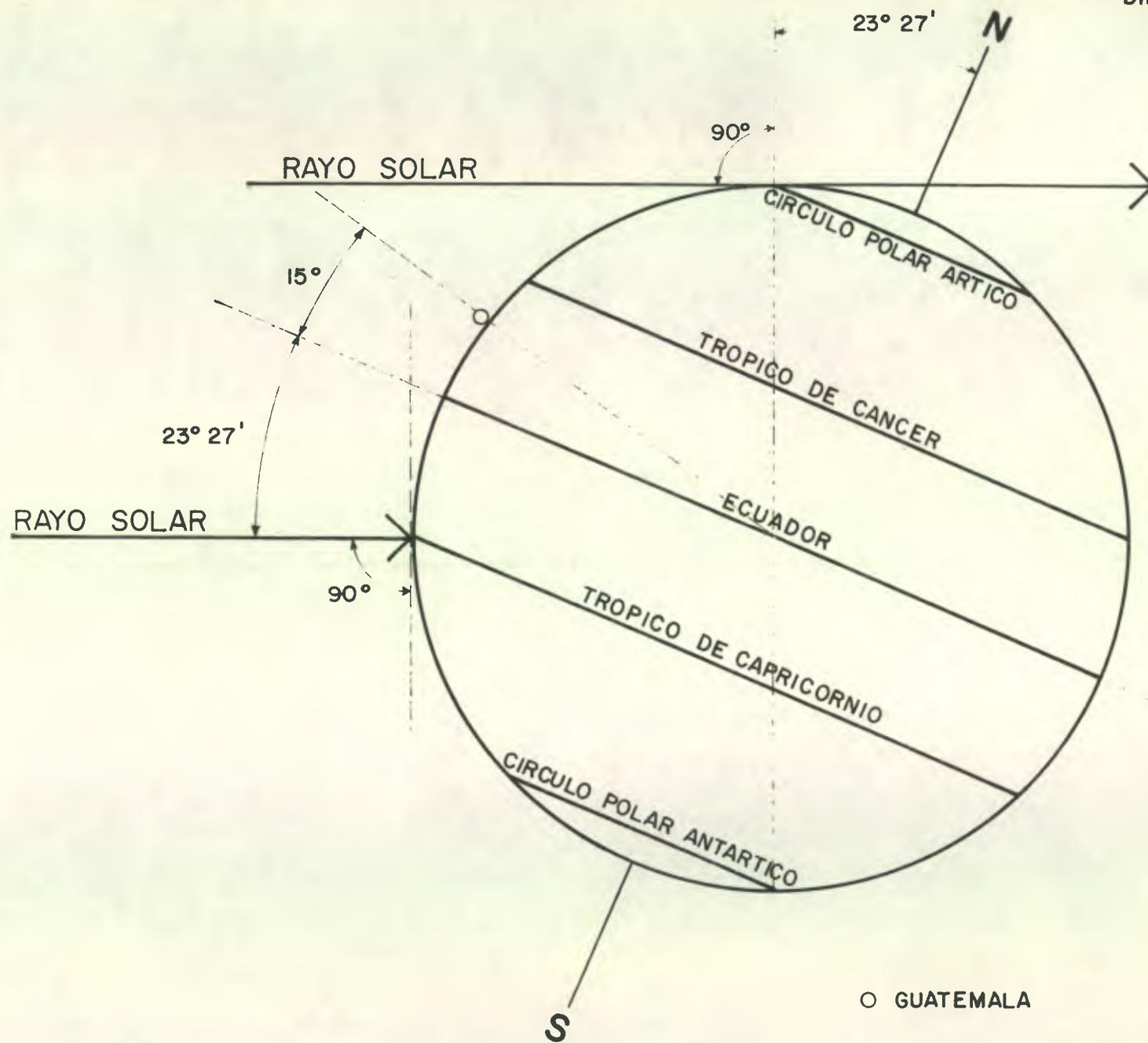
Así se puede considerar una esfera enormemente grande, cuyo centro sea el sol (o la tierra), que se llama esfera celeste. En esta esfera ubicamos exactamente el plano prolongación del Ecuador de la tierra y cuya intersección con la esfera celeste se llama:

RAYOS SOLARES



RAYOS SOLARES





Ecuador Celeste, y por último, el plano prolongación de la órbita de la tierra, cuya intersección con la esfera celeste se llama Eclíptica (ver dibujo No. 5).

Localizados estos dos planos dentro de la esfera celeste, se puede ver que el ángulo indicado con la letra  $\delta$ , aumenta mientras más se aleja de la intersección de los dos planos, lugar en donde  $\delta=0$ . A este ángulo se le denomina declinación.

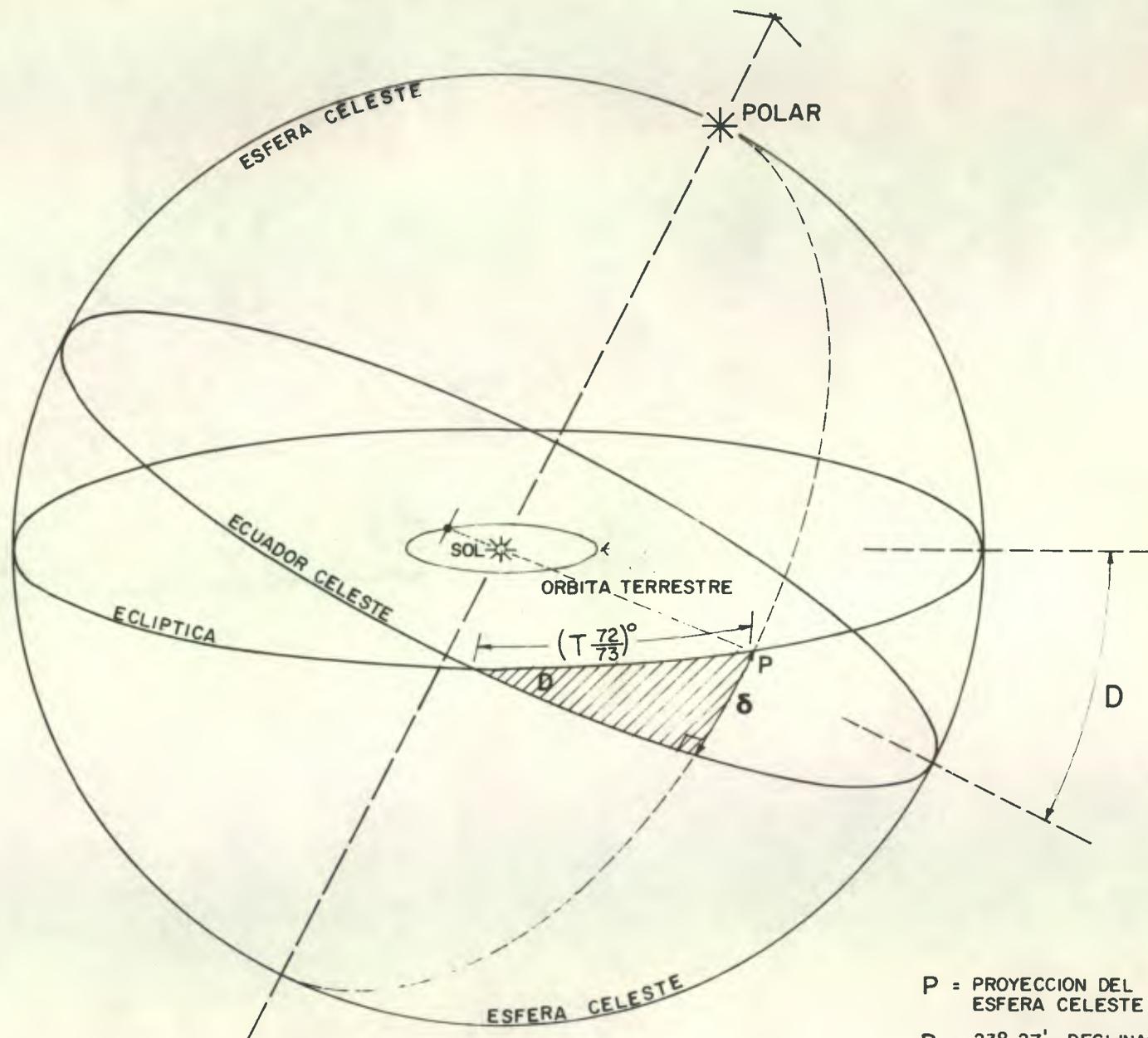
Este ángulo llega a su máxima abertura 2 veces al año, fechas en las cuales mide  $23^{\circ} 27'$  que coincide con la inclinación de la Eclíptica, momentos en que el sol está en su máxima declinación.

$\delta$  : Declinación del sol en la fecha considerada.  
 $\delta$  Máximo : D: Máxima declinación del sol ( $23^{\circ} 27'$ ).

Si nos situamos en Guatemala y tomamos este lugar como punto de referencia para observar algunos fenómenos que nos interesan; podemos darnos cuenta que dependiendo de nuestra latitud ( $15^{\circ}$ ), a esa misma altitud, veremos la Estrella Polar con respecto a nuestro horizonte (ver dibujo No. 6). (La Estrella Polar no queda exactamente en el polo celeste, pero en esta descripción, se considerará así, por facilidad y porque este hecho no altera en nada las conclusiones).

Se hace referencia a este fenómeno, ya que la trayectoria que describe el sol por nuestra bóveda celeste, define un plano que es perpendicular a la línea observador Estrella Polar.

Es por esa razón que la trayectoria aparente del sol por nuestro cielo, forma un plano que nunca será perpendicular al plano de nuestro horizonte, sino que siempre estará formando un ángulo de  $75^{\circ}$  con él (ver dib. No. 7).

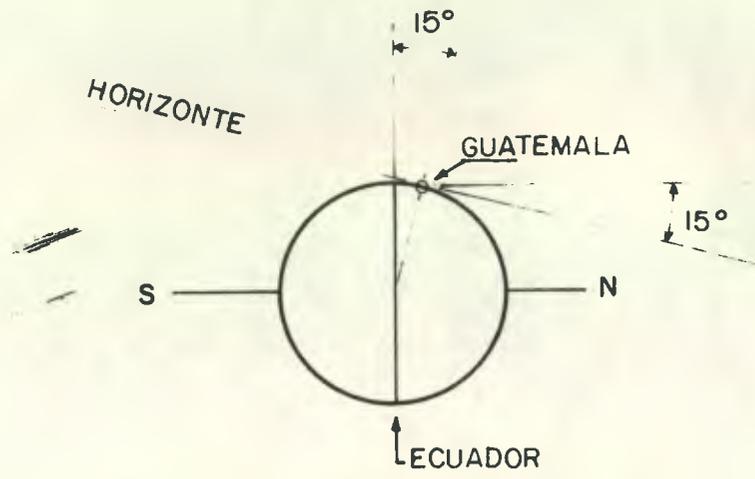


P = PROYECCION DEL SOL EN LA ESFERA CELESTE

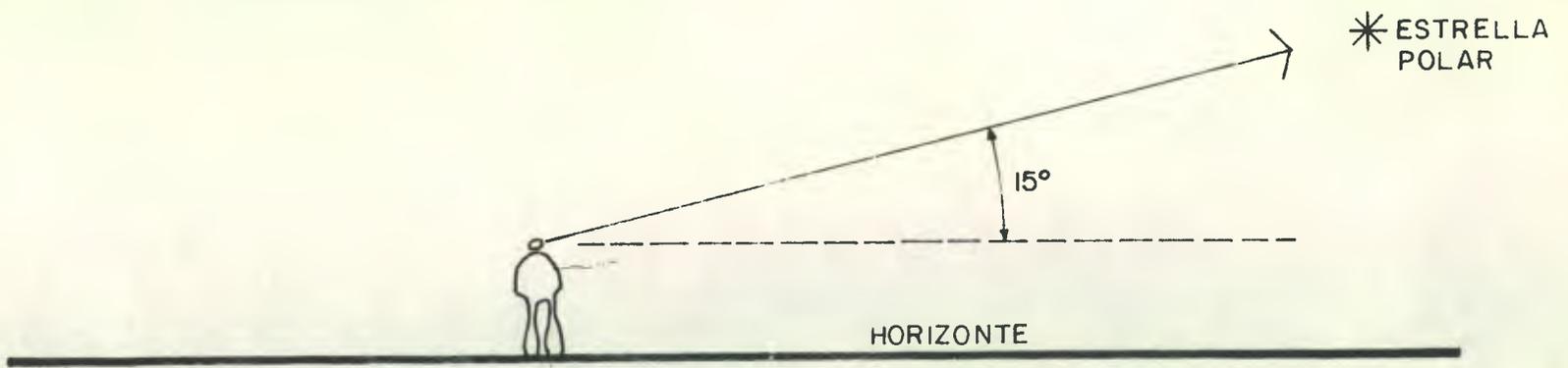
D = 23° 27', DECLINACION MAX.

T = N° DE DIAS A PARTIR DEL 21 DE MARZO

δ = DECLINACION



→ \* ESTRELLA POLAR





Como se puede observar, hay varios aspectos que determinan la forma en que los rayos solares inciden sobre Guatemala, tan importantes unos como los otros, por lo que de ninguna manera podemos dejarlos de tomar en cuenta.

Estos aspectos son:

1. Rotación de la tierra sobre su eje.
2. Traslación alrededor del sol.
3. Inclinación del eje de la tierra con respecto a la eclíptica.
4. Declinación del sol.
5. Latitud de Guatemala ( $15^{\circ}$ ).

**2.2. DETERMINACION DE LAS FORMULAS CON LAS CUALES SE ESTRUCTURAN  
LAS GRAFICAS DE TRAYECTORIA DE SOL Y SOMBRA.**

### DETERMINACION DE LAS FORMULAS CON LAS CUALES SE ESTRUCTURARAN LAS GRAFICAS DE TRAYECTORIA DE SOL Y SOMBRA.

Teniendo ya un panorama más o menos claro de los factores astronómicos antes descritos, se tratará de estructurar algunas fórmulas matemáticas que ayuden a determinar exactamente la proyección de una sombra de cualquier objeto, a cualquier hora del día, en cualquier fecha del año y en cualquier lugar, de la tierra y por consiguiente, el ángulo de trayectoria de los rayos solares.

Como primer paso se anotarán los datos que se conocen.

Datos:

- $\gamma$  : Latitud del lugar ( $14^{\circ} 30'$  para la ciudad de Guatemala).
- $t$  : Tiempo (hora del día considerado).
- $\delta$  : Declinación en la fecha considerada.
- $D$  : Inclinación de la Eclíptica ( $23^{\circ} 27'$ ) (Maxima declinación).
- $T$  : Número de días a partir del 21 de Marzo.

Se escogió el 21 de Marzo como el día No. 0, porque corresponde al momento en que el sol pasa por el punto vernal del Equinoccio de Primavera, o sea un punto de declinación cero. Si retornamos al dibujo No. 5, los puntos en donde la eclíptica se intersecta con el Ecuador Celeste, corresponden uno al punto Vernal del Equinoccio de Primavera y el otro al punto Vernal del Equinoccio de Otoño, momentos en los cuales el sol en su recorrido aparente diario, pasa exactamente sobre el Ecuador Celeste.

El Equinoccio de Primavera, corresponde al momento en que el sol sale exactamente en el este, desplazándose su salida, día a día, hacia el norte, y el Equinoccio de Otoño, al momento en que el sol sale exactamente en el este, desplazándose el punto de su salida, ahora hacia el sur.

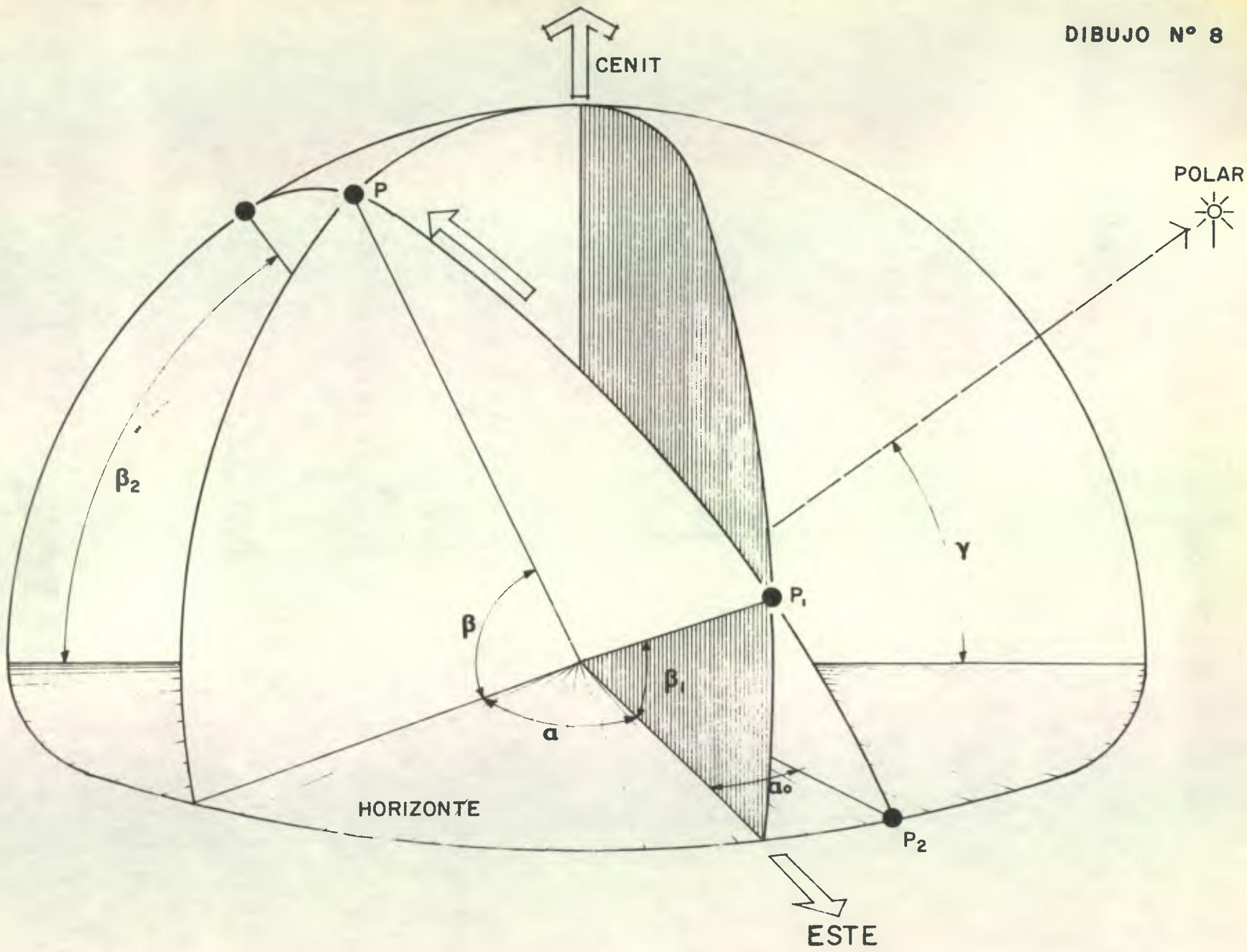
Datos que se buscan:

- |                    |  |                           |
|--------------------|--|---------------------------|
| 1. $\pm\alpha$ :   | Angulo con respecto al este.               | } Para toda hora del día. |
| 2. $\beta$ :       | Altura sobre el horizonte.                 |                           |
| 3. $t_0$ :         | Hora de salida del sol.                    |                           |
| 4. $\pm\alpha_0$ : | Angulo a la salida del sol.                |                           |
| 5. $t_1$ :         | Hora del paso del sol por el este.         |                           |
| 6. $\beta_1$ :     | Altura del sol a su paso por el este.      |                           |
| 7. $\beta_2$ :     | Altura del sol a su paso por el meridiano. |                           |

NOTA: Para comprender mejor estos datos, véanse los dibujos No. 5 y 8.

A continuación se explicará el procedimiento que se siguió para determinar las fórmulas que se utilizarán para encontrar los datos desconocidos.

Se necesita en primer lugar, encontrar la declinación del sol ( $\delta$ ) para cualquier día del año. Hay publicaciones que proporcionan este dato. Por ejemplo efeméride de K+Σ. Pero aquí se determinará este dato en forma sencilla considerando el modelo simplificado tierra-sol ya descrito.



En el dibujo No. 5 se presentan: La esfera celeste, la eclíptica (ampliación de la órbita de la tierra) y el Ecuador Celeste (ampliación del Ecuador de la tierra). Aquí se observan varios aspectos que pueden clarificar el concepto de declinación y la forma que se le pueden determinar.

Por ejemplo, existen dos momentos en el año en que la declinación es cero, es decir, dos momentos en que el sol, en su recorrido aparente por la bóveda celeste, pasa exactamente por el Ecuador Celeste y dos momentos en que la declinación es máxima (D:  $23^{\circ} 27'$ ); uno cuando el sol, en su recorrido aparente, pasa exactamente por el "Trópico de Cáncer Celeste" y el otro, cuando pasa sobre el "Trópico de Capricornio Celeste".

Teniendo claro lo anterior, se retorna al dibujo No. 5, en el cual se ve el triángulo esférico rectángulo, formado por los arcos de la Eclíptica, del Ecuador Celeste y el Meridiano Celeste que pasa por la proyección del sol (P) en la esfera celeste. Este último arco constituye la  $\delta$  : Declinación, que en este caso es la incógnita. De este triángulo se conoce el ángulo formado por la eclíptica y el Ecuador Celeste, que es de  $23^{\circ} 27'$  (D).

Por otro lado se sabe que la tierra alrededor del sol recorre  $360^{\circ}$  en 365 días por lo que en un día recorrerá  $\frac{360}{365} = \left(\frac{72}{73}\right)^{\circ}$

De lo anterior se deduce que el arco de eclíptica que se está considerando en el triángulo es de:

$$\left( T \frac{72}{73} \right)^{\circ} \text{ Donde T: Número de días a partir del 21 Marzo.}$$

Estos dos datos son suficientes para encontrar la declinación por medio de la fórmula trigonométrica:

El seno del ángulo agudo de cualquier triángulo esférico rectángulo esférico, es igual al seno del cateto opuesto sobre el seno de la hipotenusa.

$$\text{Sen } D = \frac{\text{Sen } \delta}{\text{Sen } \left( T \frac{72}{73} \right)}$$

$$\text{Sen } \delta = \text{Sen } D \times \text{Sen } \left( T \frac{72}{73} \right)$$

Determinada la fórmula que servirá para encontrar la declinación del sol en cualquier fecha del año, se procederá a elaborar las de los ángulos de incidencia de los rayos solares, los cuales son:

Altitud: (  $\beta$  ) : Angulo de inclinación con respecto al horizonte.

Rumbo: (  $\alpha$  ) : Angulo con respecto a la línea Este-Oeste.

Con estos dos datos se puede calcular exactamente la dirección de los rayos solares.

Para comprender el procedimiento que se sigue al encontrar  $\beta$  y  $\alpha$ , es necesario que se observe el dibujo No. 9 en donde se trata de mostrar en forma gráfica, todos los factores que intervienen en la configuración de las fórmulas.

Descripción del dibujo No. 9.

- A. La base de la Bóveda Celeste es el plano del horizonte.
- B. Sobre este plano se toma, como referencia, la orientación Norte-Sur y Este-Oeste.



- C. Sobre estas orientaciones se consideran los planos verticales respectivos que son: Plano del Meridiano del lugar (Norte-Sur) y el plano Este-Oeste.
- D. Se dibujó el Ecuador Celeste, el cual pasa por la línea Este-Oeste y está inclinado un ángulo igual a la latitud con respecto a la vertical.
- E. Para claridad, se dibujó también el plano definido por la trayectoria aparente del sol en la bóveda celeste y separado de éste el valor  $\delta$  que será variable en el curso del año (ambos planos: El de la trayectoria del sol y el del ecuador celeste son perpendiculares a la línea observador-Estrella Polar).
- F. Se representa también el plano vertical que pasa por el sol; el que en adelante, por facilidad de descripción, se le llamará plano (f).
- Al ángulo formado por el plano este-oeste y el plano (f) es  $\alpha$  (Una de las incógnitas).
- G. Sobre el plano (f) está representado el rayo solar que va del sol hacia el observador, formando un ángulo  $\beta$  con respecto al horizonte. (La otra de las incógnitas).
- H. La línea observador-estrella polar, que forma un ángulo  $\gamma$  (Latitud) con respecto al horizonte.
- I. Por último se representa el círculo horario de las 6 de la mañana, para que se observe que la hora de salida del sol varía a la par que va variando la declinación del sol.

Cuando la trayectoria del sol pase exactamente por el ecuador celeste, la hora de salida será las 6 de la mañana. En el ejemplo que está representado en el dibujo, puede verse que el sol está arriba del horizonte antes de las 6 de la mañana.

Después de localizados los anteriores elementos, se define un triángulo esférico oblicuángulo (Marcado con línea gruesa en el dibujo) por los siguientes arcos de círculo máximo y ángulos:

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 BIBLIOTECA CENTRAL

Descripción:

Arco a - Angulo entre el polo celeste y el sol.

Arco b - Angulo entre el cenit y el sol.

Arco c - Angulo entre el cenit y el polo celeste.

Angulo A- Angulo entre el plano meridiano y el plano vertical que pasa por el sol.

Angulo B - Angulo formado por el plano meridiano y el plano meridiano celeste que pasa por el sol.

En el dibujo se observa que:

El arco a tiene un valor de  $(90 - \delta)^\circ$  ( $90^\circ$  menos la declinación del sol).

El arco b es de  $90 - \beta$  ( $90^\circ$  menos la altitud).

El arco c tiene un valor de  $90 - \gamma$  ( $90^\circ$  menos la latitud del lugar).

El ángulo A Mide  $90 - \alpha$ .

El ángulo B es de  $90 - 15(t-6)$ .

El ángulo formado por el plano meridiano del lugar y el círculo horario de las 6 de la mañana es de  $90^\circ$ . Y se sabe que el sol recorre  $360^\circ$  en 24 horas, por lo que en una hora recorrerá  $15^\circ$ .

De lo anterior se deduce que el ángulo que separa el círculo horario de las 6 de la mañana con el arco "A" es de  $15 X t$  (donde t: tiempo en horas contadas desde las 0 horas), menos de 6 horas comprendidas entre las cero horas y las 6 de la mañana.

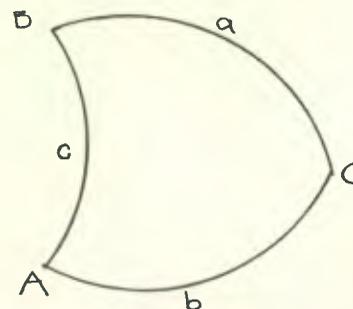
Por lo que el ángulo B es de:  $90-15 (t-6)$ . Teniendo perfectamente definido el triángulo, se procede a encontrar las incógnitas:

$\beta$  : Altitud.

$\alpha$  : Angulo con respecto al este.

Para resolver el triángulo descrito, se usará la fórmula trigonométrica:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A.$$



Fórmula de  $\beta$

$$\cos (90 - \beta) = \cos (90 - \gamma) \cos (90 - \delta) + \sin (90 - \gamma) \sin (90 - \delta) \cos 90 - 15 (t-6)$$

$$\boxed{\sin \beta = \sin \gamma \sin \delta + \cos \gamma \cos \delta \sin [15 (t-6)]}$$

Fórmula de  $\alpha$

$$\text{Cos } (90 - \delta) = \text{Cos } (90 - \beta) \text{ Cos } (90 - \gamma) + \text{Sen } (90 - \beta) \text{ Sen } (90 - \gamma) \text{ Cos } (90 - \alpha)$$

$$\text{Sen } \delta = \text{sen } \beta \text{ Sen } \gamma + \text{Cos } \beta \text{ Cos } \gamma \text{ Sen } \alpha$$

$$\text{Sen } \alpha = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \beta \text{ Sen } \gamma}{\text{Cos } \beta \text{ Cos } \gamma}$$

NOTA:

El complemento de un ángulo es igual a  $90^\circ$  menos el ángulo y la función del complemento es igual a la confunción del ángulo, por lo que el coseno del complemento de un ángulo es igual al seno del ángulo y viceversa.

Ejemplo:

$$\text{Complemento de } \ominus = (90 - \ominus)$$

$$\text{Coseno } (90 - \ominus) = \text{Seno } \ominus$$

$$\text{Seno } (90 - \ominus) = \text{Coseno } \ominus$$

En síntesis, las fórmulas para determinar la trayectoria de los rayos solares son:

Fórmula aproximada para:

$$\text{Sen } \delta = \text{Sen } D \text{ Sen } \left( \frac{72}{73} T \right)$$

$$\text{Sen } \beta = \text{Sen } \delta \text{ Sen } \epsilon + \text{Cos } \delta \text{ Cos } \epsilon \text{ Sen } \quad [15 (t-6)]$$

$$\text{Sen } \alpha = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \beta \text{ Sen } \delta}{\text{Cos } \beta \text{ Cos } \delta}$$

Con estas 3 fórmulas es suficiente para que se pueda encontrar el ángulo de incidencia de los rayos solares, en cualquier lugar del globo terráqueo, en cualquier fecha del año y a cualquier hora del día.

En Arquitectura, a veces, por problemas especiales, se necesita de datos también especiales como pueden ser: La hora de salida del sol en un día determinado del año ( $t_0$ ) y el ángulo de salida con respecto a la línea Este-Oeste ( $\alpha_0$ ), ya que en ambos casos la variación es considerable.

La hora ( $t_0$ ) y la altura ( $\beta_1$ ) del sol a su paso por el plano Oeste-Oeste, datos que en determinados proyectos pueden ser importantes, sobre todo, que muchos de los edificios están diseñados con esa orientación.

La altura del sol a su paso por el meridiano, considerándose esta hora del día como uno de los momentos críticos para determinados proyectos.

Las fórmulas son: (Ver dibujo No. 8).

$$T_0 = 6 \text{ horas } 4 \text{ Sen}^{-1} (-\text{tg } \delta \text{ tg } \delta) \text{ Minutos}$$

$$\alpha_0 = \text{Sen}^{-1} \left( \frac{\text{Sen } \delta}{\text{Cos } \delta} \right)$$

$$t_1 = \frac{6 + \text{Sen}^{-1}(\text{tg } \delta \text{ Cot } \gamma)}{15} \text{ Horas}$$

$$\beta_1 = \text{Sen}^{-1} \left( \frac{\text{Sen } \delta}{\text{Sen } \gamma} \right)$$

$$\beta_2 = \text{Sen}^{-1} (\text{Sen } \gamma \text{ Sen } \delta + \text{Cos } \gamma \text{ Cos } \delta)$$

NOTA: Estas últimas 5 fórmulas son derivadas de las de  $\beta$  y  $\alpha$ . Y no se harán cálculos específicos con ellas, lo cual se deja al interés del lector.

**2.3. CARTA SOLAR**

## CARTA SOLAR.

Después de determinadas las fórmulas, se trabajó bajo el siguiente procedimiento:

1. Se escogieron las fechas a las que se les iba a encontrar la curva de trayectoria de sol, para lo cual se trató de que una misma curva sirviera para dos fechas. Eso pudo ser posible, puesto que el sol en su recorrido aparente por la bóveda celeste, pasa dos veces en el año por una misma latitud.

El factor T (número de días) se calculó a partir del 21 de Marzo, fecha que se fijo como día No. cero.

El número de días entre cada una de las fechas, se determinó tomando en cuenta que el sol varía menos grados en más tiempo en declinaciones mayores y más grados en menos tiempo en declinaciones menores (se refiere a grados de declinación). Esto se consideró para procurar que cada una de las líneas curvas que aparecen en la carta solar y que representan la trayectoria del sol en las fechas escogidas, estén separadas una de la otra a distancias mas o menos iguales.

2. A cada una de las fechas se le encontró la latitud del sol correspondiente, con la fórmula de  $\delta$  (ver cuadro No. 1).

3. Encontrada  $\delta$ , se calculó  $\beta$  (altitud) y  $\alpha$  ("rumbo") para cada fecha y cada hora desde las 6 A.M. a las 6 P.M. en el cuadro No. 2 aparecen únicamente de las 6 de las 12 horas, ya que para las horas P.M.,  $\beta$  y  $\alpha$  son exactamente los mismos en valores absolutos.

Y son iguales para las siguientes horas:

11 A.M.	1 P.M.
10 A.M.	2 P.M.
9 A.M.	3 P.M.
8 A.M.	4 P.M.
7 A.M.	5 P.M.
6 A.M.	6 P.M.

NOTA: Las fechas para las que no se encontró  $\beta$  y  $\alpha$  a las 6 A.M. y 6 P.M., son las fechas en las que el sol sale después de las 6 A.M y se oculta antes de las 6 P.M. (ver cuadro No. 2). En estos casos se utilizó la fórmula de  $\beta$ .

Hace algunos años, la inclusión de las fórmulas para determinar las cartas solares en este trabajo, no hubiera sido práctico, puesto que calcularlos hubiera implicado una inversión de tiempo y trabajo muy grandes para quien quisiera utilizarlas. En ese entonces, hubiera sido más lógico incluir únicamente las gráficas ya elaboradas.

## CUADRO No. 1

Determinación de  $\delta$  :

$$\text{Fórmula: } \text{Sen } \delta = \text{Sen } D \text{ Sen } \left( \frac{72}{73} T \right)$$

$$D = 23^{\circ} 27' = 23.45 \text{ grados.}$$

FECHA	(T) No. DIAS	$\delta$
21 Marzo	0	0
3 Abril	13	5.06
16 Abril	26	9.91
1 Mayo	41	14.95
21 Mayo	61	20.19
22 Junio	93	23.45
24 Julio	125	20.19
13 Agosto	145	14.95
28 Agosto	160	9.91
10 Septiembre	173	5.06
23 Septiembre	186	0
6 Octubre	199	- 5.06
19 Octubre	212	- 9.91
3 Noviembre	227	- 14.95
23 Noviembre	247	- 20.19
22 Diciembre	276	- 23.45
19 Enero	304	- 20.19
8 Febrero	324	- 14.95
23 Febrero	339	- 9.91
8 Marzo	352	- 5.06

FORMULAS:

LATITUD 15° NORTE

$$\text{Sen } \beta = \text{Sen } \gamma \text{ Sen } \delta + \text{Cos } \gamma \text{ Cos } \delta \text{ Sen}[15(t-6)]$$

$$\text{Sen } \alpha = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \beta \text{ Sen } \gamma}{\text{Cos } \beta \text{ Cos } \gamma}$$

CUADRO N° 2

HORAS →	6			7		8		9		10		11		12	
FECHA	δ	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α	β	α
21 MARZO	0	0	0	14.48	-3.97	28.88	-8.50	43.08	-14.51	56.77	-24.14	68.91	-44.01	75.00	-90.00
3 ABRIL	5.06	1.31	4.89	15.77	1.10	30.26	-2.90	44.68	-7.85	58.88	-15.49	72.21	-32.42	80.10	-90.00
16 ABRIL	9.91	2.55	9.58	16.91	6.01	31.35	2.60	45.84	-1.15	60.29	-6.32	74.50	-17.43	84.91	-90.00
1 MAYO	14.95	3.83	14.46	17.96	11.18	33.36	8.24	46.61	5.74	61.04	3.86	75.51	1.75	89.95	-90.00
21 MAYO	20.19	5.12	19.56	18.90	16.61	32.86	14.61	46.92	13.68	60.97	14.68	74.80	22.12	84.81	90.00
22 JUNIO	23.45	5.91	22.73	19.41	20.02	33.10	18.49	46.85	18.45	60.51	21.29	73.53	33.15	81.55	90.00
24 JULIO	20.19	5.12	19.56	18.90	16.61	32.86	14.61	46.92	13.68	60.97	14.68	74.80	22.12	84.81	90.00
13 AGOSTO	14.95	3.83	14.46	17.96	11.18	33.36	8.24	46.61	5.74	61.04	3.86	75.51	1.75	89.95	-90.00
28 AGOSTO	9.91	2.55	9.58	16.91	6.01	31.35	2.60	45.84	-1.15	60.29	-6.32	74.50	-17.43	84.91	-90.00
10 SEPTIEMBRE	5.06	1.31	4.89	15.77	1.10	30.26	-2.90	44.68	-7.85	58.88	-15.49	72.21	-32.42	80.10	-90.00
23 SEPTIEMBRE	0	0	0	14.48	-3.97	28.88	-8.50	43.08	-14.51	56.77	-24.14	68.91	-44.01	75.00	-90.00
6 OCTUBRE	-5.06	—	—	13.07	-8.97	27.27	-13.94	41.11	-20.79	54.14	-31.77	65.03	-52.34	69.94	-90.00
19 OCTUBRE	-9.91	—	—	11.64	-13.72	25.54	-19.00	38.92	-26.45	51.21	-38.15	60.99	-58.27	65.09	-90.00
3 NOVIEMBRE	-14.95	—	—	10.06	-18.59	23.57	-24.10	36.38	-31.95	47.85	-43.95	56.58	-62.99	60.05	-90.00
23 NOVIEMBRE	-20.19	—	—	8.35	-23.61	21.34	-29.23	33.48	-37.27	44.09	-49.20	51.85	-66.86	54.81	-90.00
22 DICIEMBRE	-23.45	—	—	7.26	-26.71	19.88	-32.34	31.57	-40.41	41.64	-52.14	48.85	-68.86	51.55	-90.00
19 ENERO	-20.19	—	—	8.35	-23.61	21.34	-29.23	33.48	-37.27	44.09	-49.20	51.85	-66.86	54.81	-90.00
8 FEBRERO	-14.95	—	—	10.06	-18.59	23.57	-24.10	36.38	-31.95	47.85	-43.95	56.58	-62.99	60.05	-90.00
23 FEBRERO	-9.91	—	—	11.64	-13.72	25.54	-19.00	38.92	-26.45	51.21	-38.15	60.99	-58.27	65.09	-90.00
8 MARZO	-5.06	—	—	13.07	-8.97	22.27	-13.94	41.11	-20.79	54.14	-31.77	65.03	-52.34	69.94	-90.00

IMPRESA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS - GUATEMALA

Pero ahora, cuando el uso de las máquinas calculadoras electrónicas está al alcance de cualquier persona, y el tiempo y esfuerzo de trabajo, gracias a ella, se ha reducido enormemente, vale la pena incluir estas fórmulas, ya que la persona que esté interesada en elaborar una carta solar para la latitud que desee, o únicamente encontrar un dato en especial, podrá hacerlo con una inversión de tiempo muy pequeña.

En las gráficas de trayectoria de sol (cartas solares), (Ver dibujos 11, 12, 13 y 14) está representado lo siguiente:

- a. Las orientaciones: Norte-Sur y Este-Oeste.
- b. (Altitud) que está representada por los círculos. Cada círculo indica un ángulo los que van de 10 en 10 comenzando por el círculo exterior que es el de  $0^{\circ}$  hasta el punto que corresponde a los  $90^{\circ}$ .
- c. (Rumbo) ángulos representados por las líneas dibujadas en el círculo exterior. Estos parten de la orientación Norte-Sur con  $0^{\circ}$  y llegan hasta la orientación Este-Oeste con  $90^{\circ}$ .
- d. Las curvas de las horas desde las 6 de la mañana, pasando por las 12 horas, hasta las 6 de la tarde.

Los siguientes dibujos representan las cartas solares que corresponden a las latitudes:  $14^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $16^{\circ}$  y  $17^{\circ}$  que cubren todo el territorio de la República de Guatemala. Se presentan estas cuatro cartas solares para que dependiendo del lugar en donde se haga el estudio, así será la gráfica que se utilice.

Las cabeceras departamentales que corresponden a cada una de las latitudes son:

Latitud  $14^{\circ}$

Escuintla

Cuilapa

Jutiapa

Latitud 15°

Guatemala  
Retalhuleu  
Mazatenango

Latitud 15°

Antigua Guatemala  
Quezaltenango  
San Marcos  
Jalapa  
Sololá  
Totonicapán  
Chiquimula  
El Progreso  
Santa Cruz del Quiché  
Huehuetenango  
Cobán  
Salamá  
Zacapa

Latitud 16°

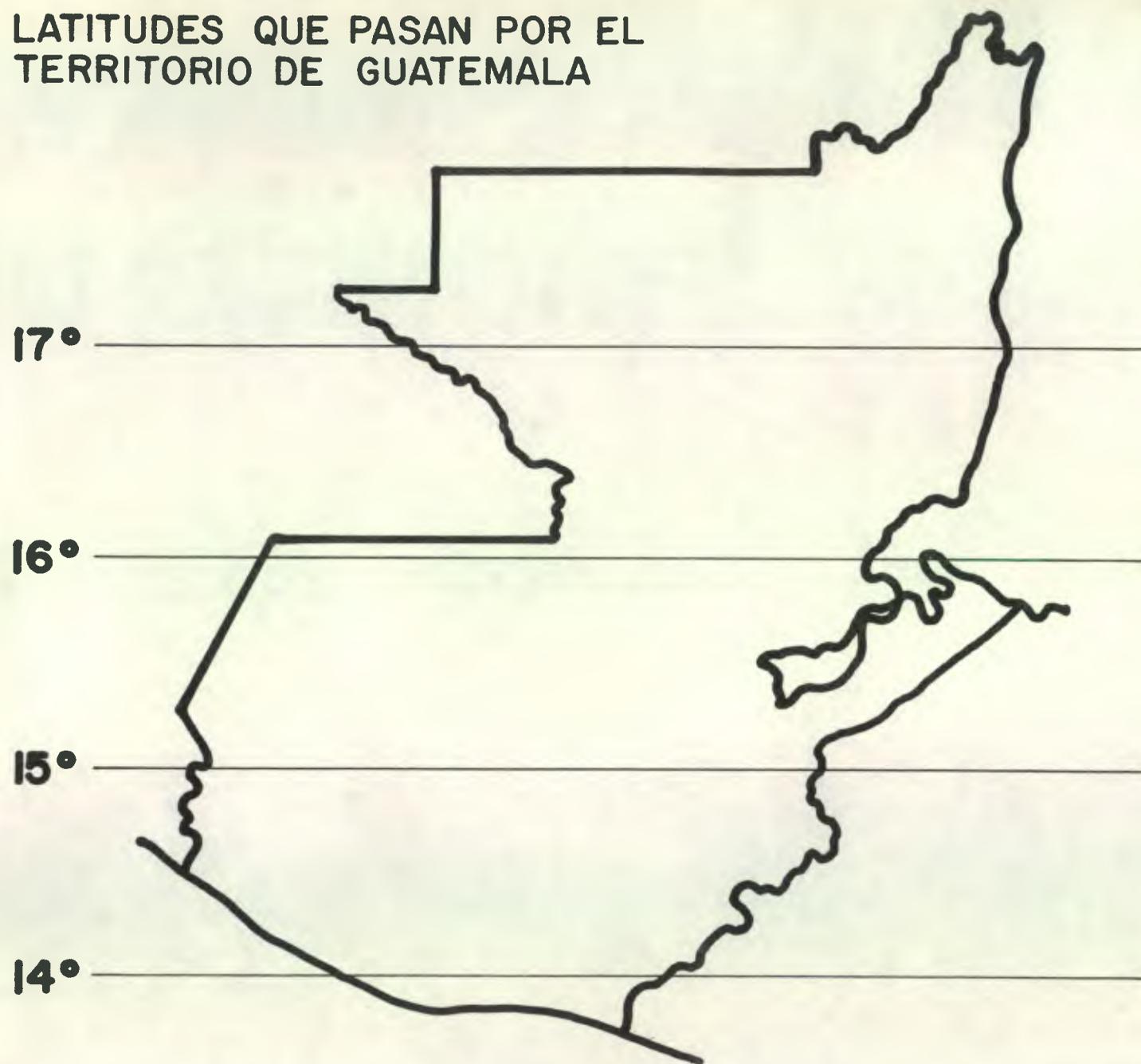
Puerto Barrios

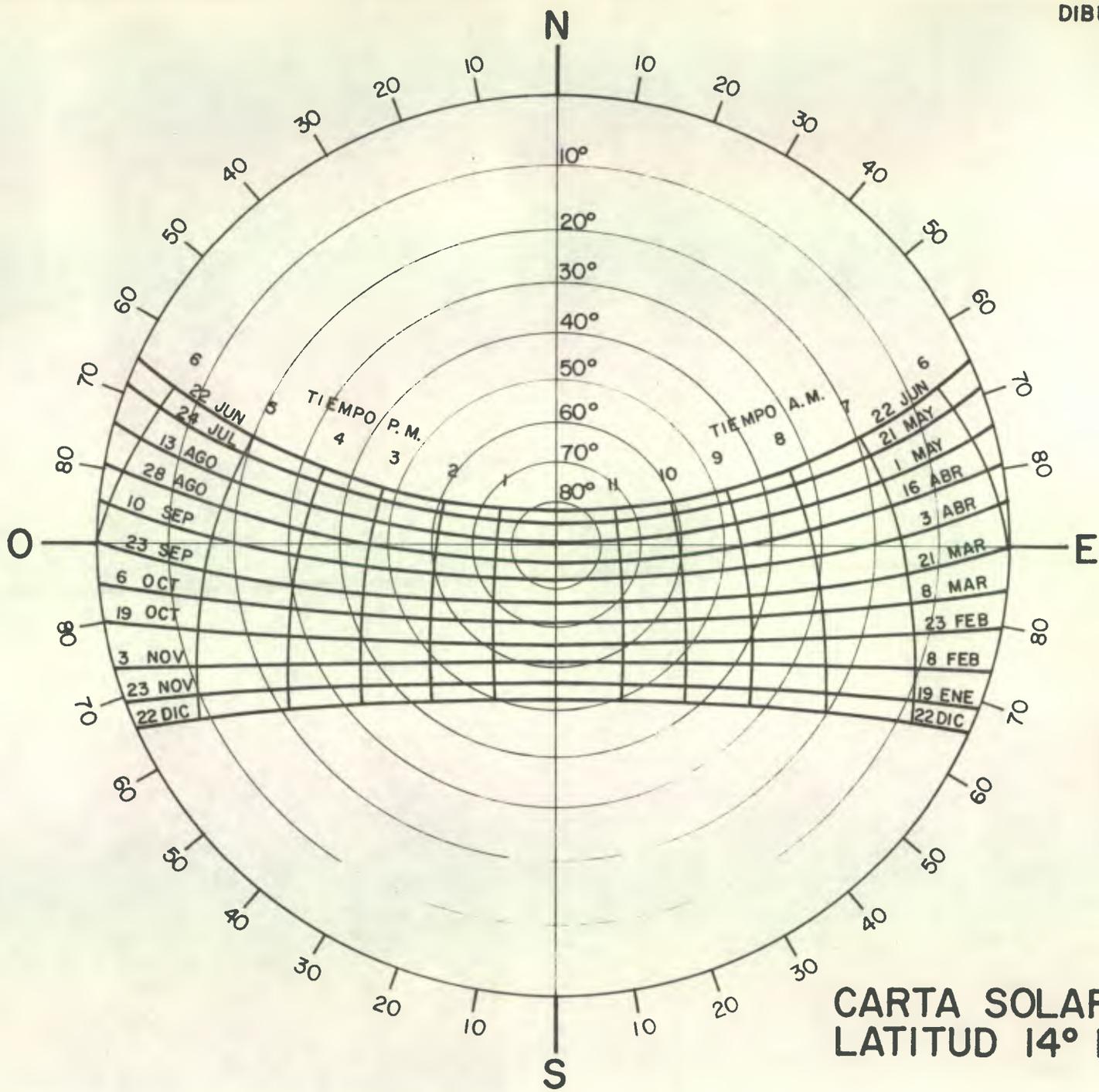
Latitud 17°

Flores-Petén

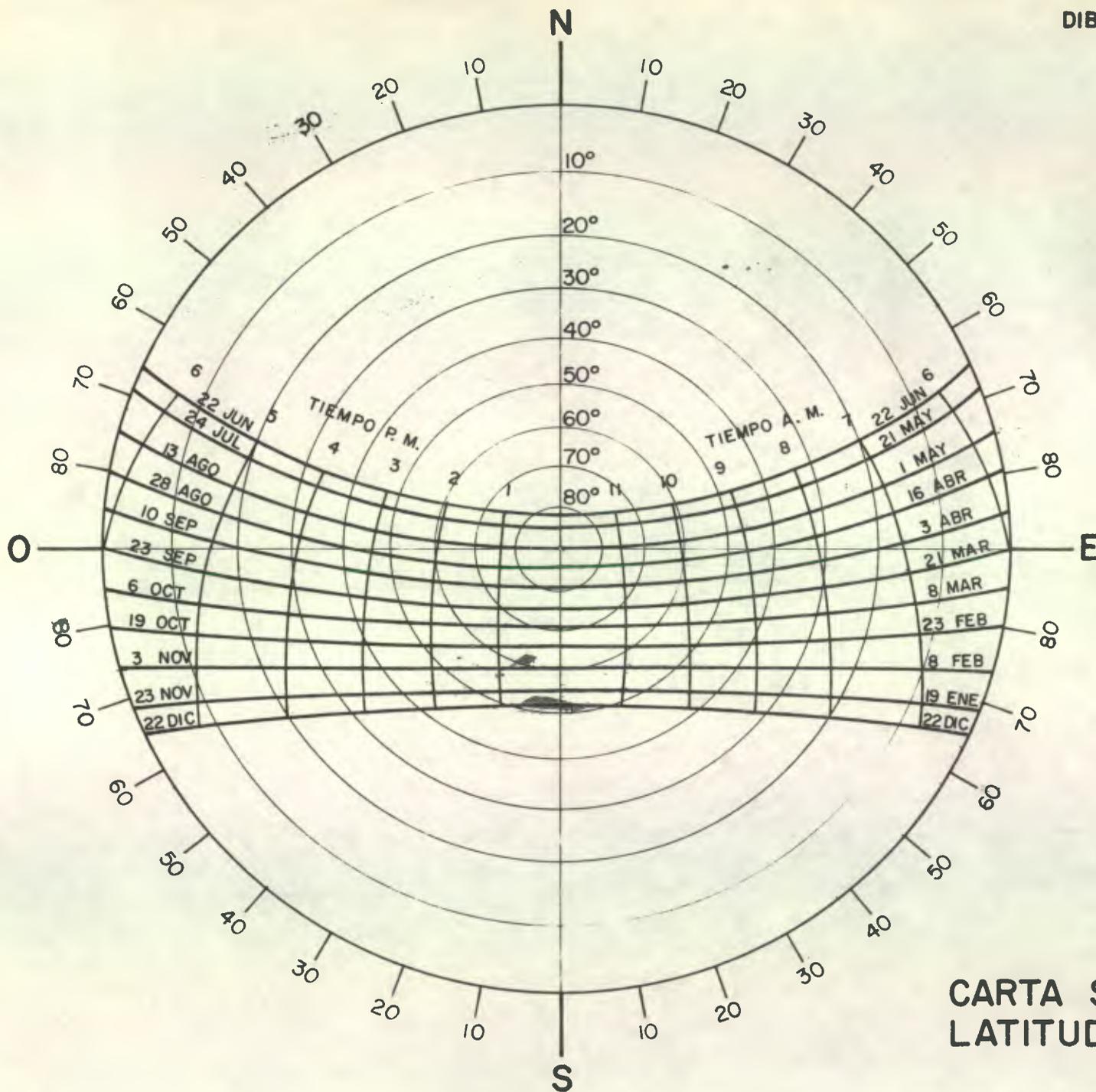
Si se quiere saber a qué latitud corresponden lugares que no sean los antes enumerados véase el dibujo No. 10.

LATITUDES QUE PASAN POR EL  
TERRITORIO DE GUATEMALA

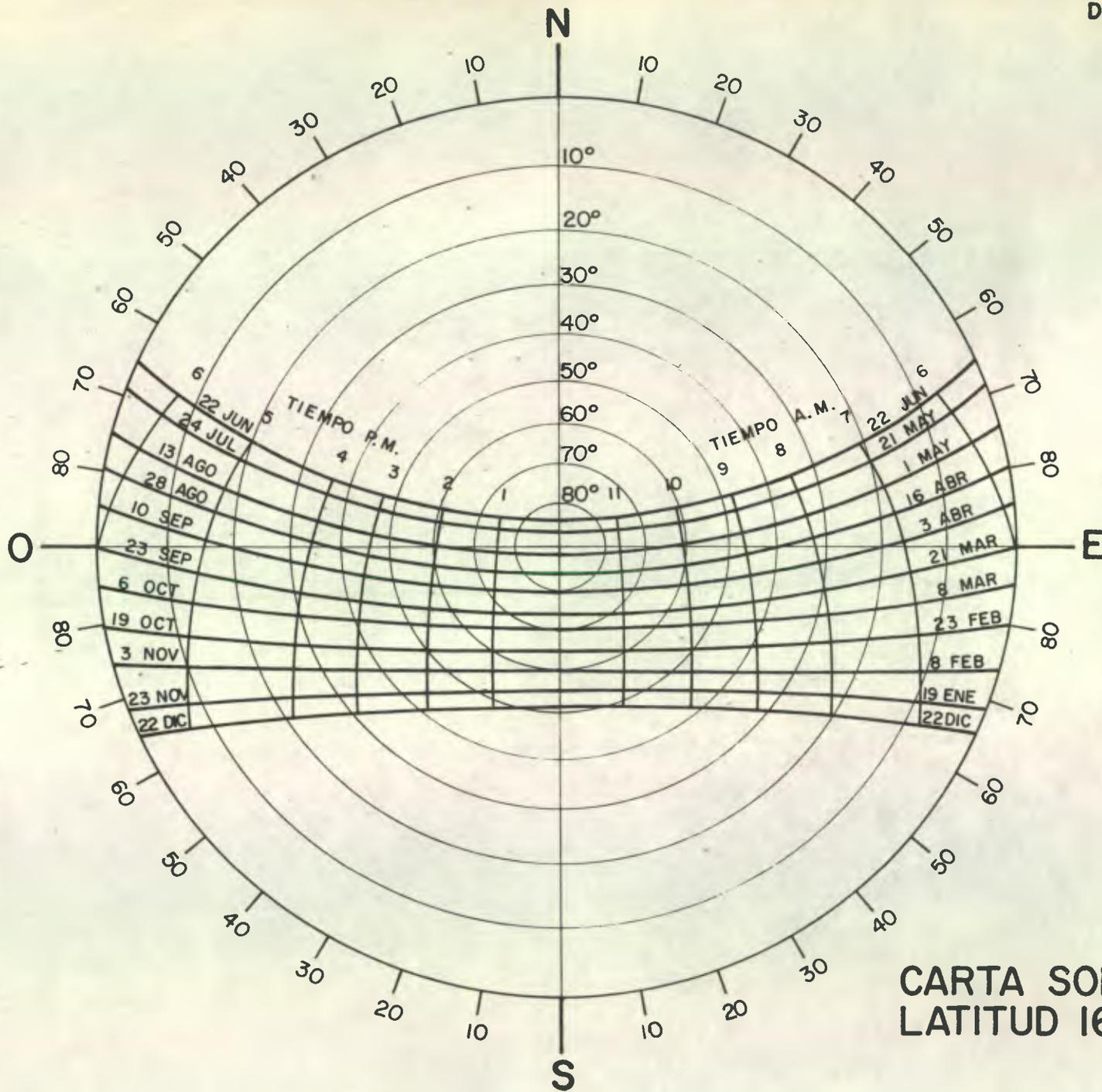




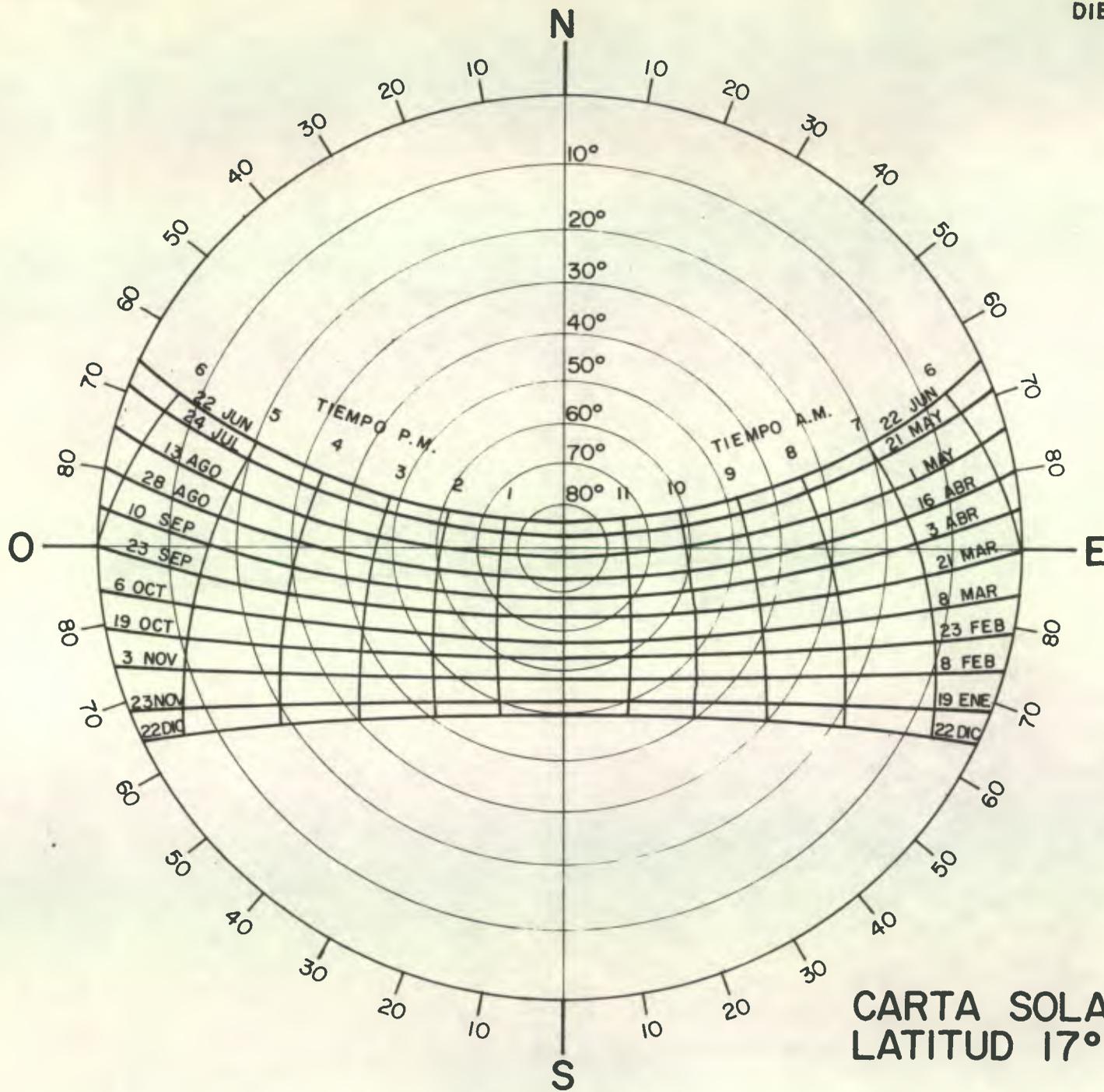
CARTA SOLAR  
LATITUD 14° NORTE



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE



CARTA SOLAR  
LATITUD 16° NORTE



CARTA SOLAR  
LATITUD 17° NORTE

2.4. GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA.

## GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA.

Preocupado por obtener un sistema más sencillo y fácil de aplicar por parte del Arquitecto y Diseñador, a través de una investigación y después de ser sometido a diferentes pruebas, pude desarrollar un nuevo sistema de determinación de incidencia de luz solar a base de proyección de sombras.

Dicho método ha sido debidamente comprobado para varias latitudes, horas y orientaciones, por lo que me permito incluirlo en el presente trabajo para que se conozca y los interesados en el estudio del clima para diseño arquitectónico, lo utilicen a su discrección.

Su inclusión en esta tesis, no pretende, de ninguna manera, que ésta sustituya el uso de la carta solar que se ha venido utilizando hasta ahora, antes bien, obedece a que en ella se encuentran ciertas ventajas y cualidades que pueden ser explotadas. Pretende así mismo, que se convierta en un incentivo para que los estudiosos de este tema, descubran en la misma otras ventajas que pueda tener.

A continuación (Dibujo No. 15) se presenta la gráfica de trayectoria de la sombra de un punto situado exactamente en el centro de un sistema de coordenadas: Norte-Sur, Este-Oeste, a una latitud de  $15^{\circ}$ , que corresponde a la latitud exacta, más cercana a la ciudad de Guatemala y elevado sobre el nivel del suelo una altura de una unidad de medida que en la presente gráfica está indicada con la distancia entre cada uno de los círculos.

Este punto describe sobre un plano una trayectoria de sombra durante el día, trayectoria que se representó con las curvas dibujadas en la gráfica.

Las líneas discontinuas indican el lugar donde la sombra es proyectada en horas exactas, por lo que pueden considerarse como coordenadas para las horas.

En esta gráfica pueden apreciarse objetivamente varios fenómenos importantes, uno de ellos es que en el transcurso del año, la mayor parte del tiempo, los rayos solares incidirán

sobre la cara sur de cualquier edificio, aunque no tan directamente como lo sería el poniente y el oriente, de los cuales el poniente es considerado como la orientación crítica, debido a que sumada a la penetración directa de los rayos solares a cualquier ambiente, está el calor acumulado durante toda la mañana y parte de la tarde.

Otro fenómeno es la variación de la hora de salida y puesta del sol en las diferentes épocas del año, por ejemplo, el 22 de Junio a las 7 de la mañana, punto A el sol está bastante levantado de nuestro horizonte, misma altura a la que se encuentra a las 5 de la tarde, punto A, de lo que se deduce que el tiempo transcurrido desde que sale el sol hasta que se oculta, es mucho mayor que el 22 de Diciembre, fecha en que a las mismas horas el sol apenas está levantado del horizonte, (Puntos B, B<sub>1</sub>).

Se puede notar en la misma gráfica, que las únicas fechas que el sol pasa exactamente por el cenit (Latitud 15°) son el 13 de Agosto y el 10 de Mayo.

#### PROCEDIMIENTO QUE SE SIGUIÓ PARA CALCULAR LA GRÁFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA:

Sabiendo ya la posición del sol para las diferentes fechas y horas; por trigonometría se calculó la proyección del punto referido anteriormente. Se utilizaron las fórmulas:

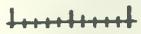
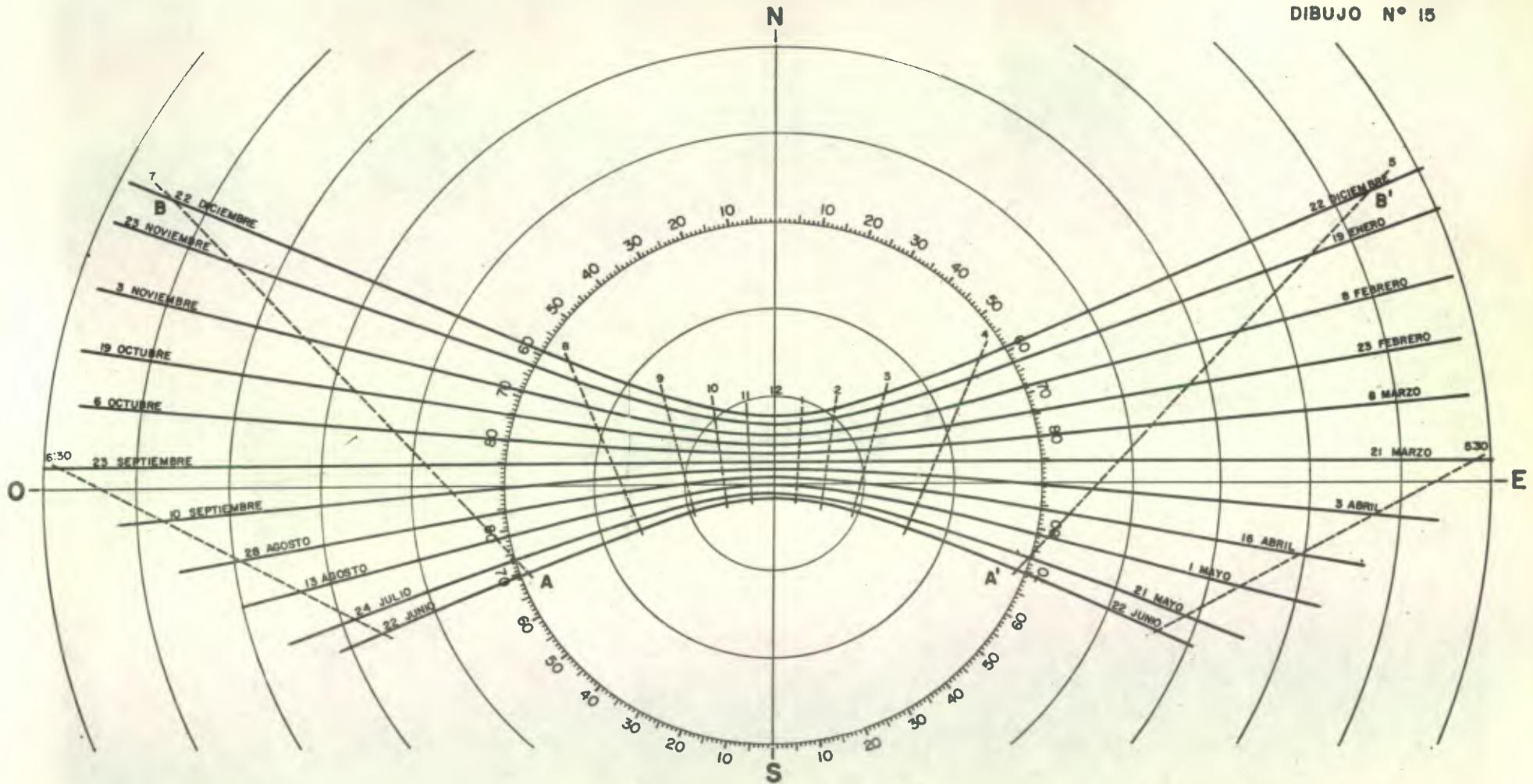
$$X = \text{Cot } \beta \times \text{Cos } \alpha$$

$$Y = \text{Cot } \beta \times \text{Sen } \alpha$$

En donde:

X: Absisa del sistema de coordenadas N-S, E-O.

Y: Ordenada del sistema de coordenadas N-S, E-O. (Ver cuadro No. 3).



SUBDIVISION DE UNA UNIDAD DE MEDIDA



GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA  
LATITUD 15° NORTE

### **DIFERENCIA ENTRE LAS GRAFICAS DE TRAYECTORIA DE SOL Y LA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA:**

Gráfica de Trayectoria de Sol. (Carta Solar).

- a. Representa las coordenadas angulares del sol en su recorrido diario.
- b. Los valores con los que se trabaja son ángulos.
- c. Se observa el rumbo y la hora aproximada de la salida del sol.

Gráfica de Trayectoria de Sombra.

- a. Representa la trayectoria de sombra de un punto a una altura de 1 unidad de medida.
- b. La representación es totalmente correspondiente a la realidad.
- c. Los valores con los que se trabaja son ángulos, pero también se puede trabajar con medidas lineales.
- b. No se puede observar el rumbo de salida del sol, ni la hora en que éste sale, ya que estos puntos quedan en el infinito de la gráfica.

### **JUSTIFICACION DE LA INCLUSION DE LA GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA EN ESTE TRABAJO:**

- a. El lector puede darse cuenta, con solo observar la gráfica, del movimiento del sol en su recorrido diario, ya que es una representación que corresponde a la realidad.

FORMULAS:

LATITUD 15° NORTE

$$X = \text{Cot } \beta \text{ Cos } \alpha$$

$$Y = \text{Cot } \beta \text{ Sen } \alpha$$

CUADRO N° 3

HORAS	7		8		9		10		11		12	
FECHA	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
21 MAR	3.85	-0.25	1.78	-0.25	1.03	-0.25	0.59	-0.25	0.28	-0.25	0	-0.25
3 ABR	3.54	0.08	1.71	-0.07	1.00	-0.12	0.58	-0.14	0.27	-0.15	0	-0.15
16 ABR	3.29	0.36	1.64	0.09	0.97	0.00	0.57	-0.04	0.26	-0.06	0	-0.07
1 MAY	3.06	0.62	1.57	0.25	0.94	0.12	0.55	0.05	0.26	0.02	0	0.02
21 MAY	2.84	0.86	1.51	0.41	0.91	0.24	0.54	0.16	0.25	0.12	0	0.11
22 JUN	2.71	1.00	1.47	0.51	0.89	0.31	0.53	0.22	0.25	0.18	0	0.17
24 JUL	2.84	0.86	1.51	0.41	0.91	0.24	0.54	0.16	0.25	0.12	0	0.11
13 AGO	3.06	0.62	1.57	0.25	0.94	0.12	0.55	0.05	0.26	0.02	0	0.02
28 AGO	3.29	0.36	1.64	0.09	0.97	0.00	0.57	-0.04	0.26	-0.06	0	-0.07
10 SEP	3.54	0.08	1.71	-0.07	1.00	-0.12	0.58	-0.14	0.27	-0.15	0	-0.15
23 SEP	3.85	-0.25	1.78	-0.25	1.03	-0.25	0.59	-0.25	0.28	-0.25	0	-0.25
6 OCT	4.20	-0.65	1.87	-0.44	1.06	-0.39	0.61	-0.36	0.28	-0.35	0	-0.34
19 OCT	4.63	-1.11	1.95	-0.65	1.10	-0.53	0.63	-0.47	0.29	-0.45	0	-0.44
3 NOV	5.18	-1.72	2.06	-0.90	1.14	-0.69	0.64	-0.60	0.30	-0.56	0	-0.55
23 NOV	5.96	-2.59	2.18	-1.20	1.18	-0.88	0.66	-0.75	0.30	-0.70	0	-0.68
22 DIC	6.60	-3.31	2.28	-1.42	1.22	-1.02	0.68	-0.86	0.31	-0.79	0	-0.76
19 ENE	5.96	-2.59	2.18	-1.20	1.18	-0.88	0.66	-0.75	0.30	-0.70	0	-0.68
8 FEB	5.18	-1.72	2.06	-0.90	1.14	-0.69	0.64	-0.60	0.30	-0.56	0	-0.55
23 FEB	4.63	-1.11	1.95	-0.65	1.10	-0.53	0.63	-0.47	0.29	-0.45	0	-0.44
8 MAR	4.20	-0.65	1.87	-0.44	1.06	-0.39	0.61	-0.36	0.28	-0.35	0	-0.34

- b. Por la razón de que en esta gráfica pueden encontrarse los ángulos de incidencia, trabajando tanto con ángulos como también con las coordenadas lineales; la persona que esté haciendo el estudio, si no cuenta en un determinado momento con un transportador de ángulos, puede hacerlo con la misma facilidad utilizando cualquier regla graduada.
- c. Si bien es cierto que en esta gráfica no pueden ser incluidos el rumbo de la salida del sol, ni la hora de salida del mismo, es también cierto que después de las horas que fueron consideradas, la luz solar en la mayoría de los casos no es crítica.
- d. Con esta gráfica se pueden encontrar las altitudes de los rayos solares, vistos desde cualquier ángulo, sin necesidad de usar una gráfica adicional, como sucede con la Carta Solar (Ver cálculo de parteluces).

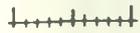
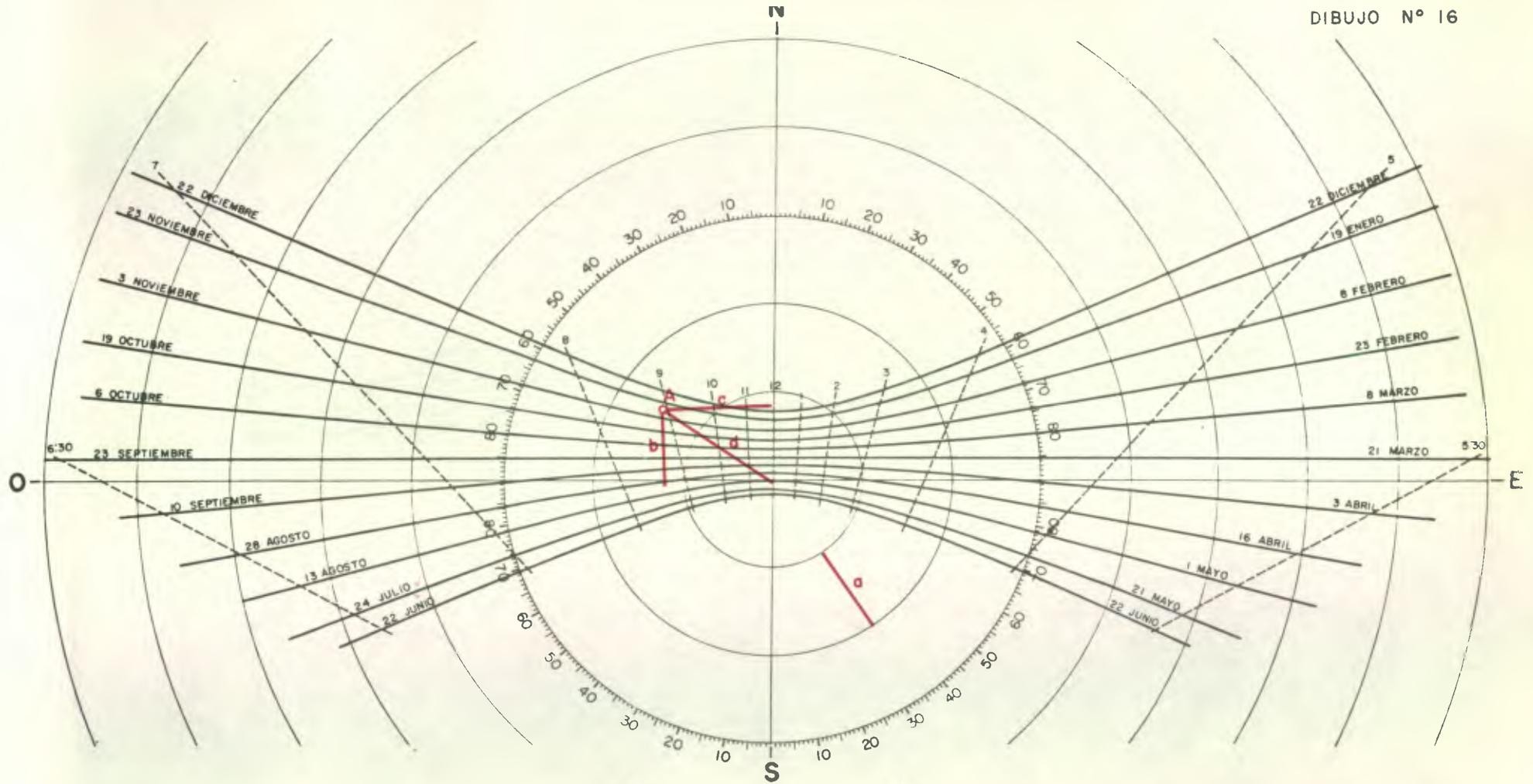
A continuación se hará un ejemplo, en el que se pueda ver en forma clara el uso de la gráfica de Trayectoria de Sombra, utilizando únicamente medidas lineales. (Ver dibujos 16 y 17).

En la parte que corresponde a cálculo de parteluces, se expondrá con más detalle el uso de esta gráfica.

Ejemplo: (Dibujos 16 y 17).

Se tiene un edificio, de planta cuadrada, de lado  $l$  y de altura  $h$ . Se quiere saber, que sombra proyecta el 23 de noviembre a las 9 de la mañana. Ver orientación del edificio en el dibujo No. 17.

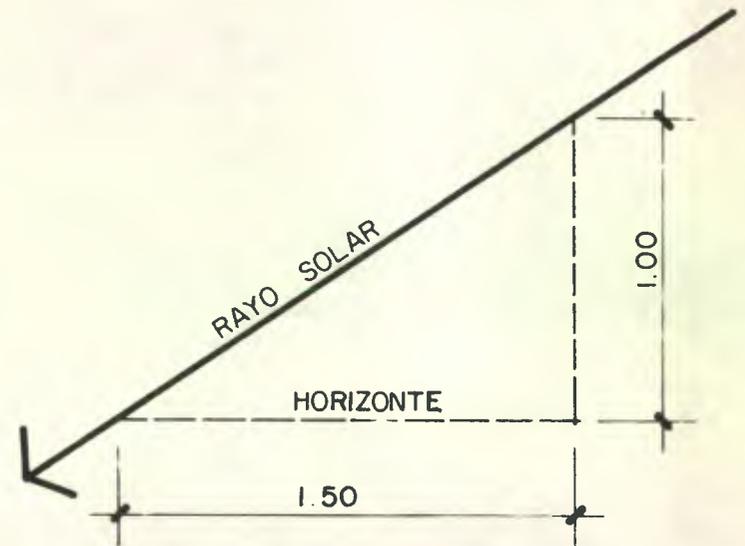
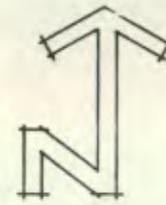
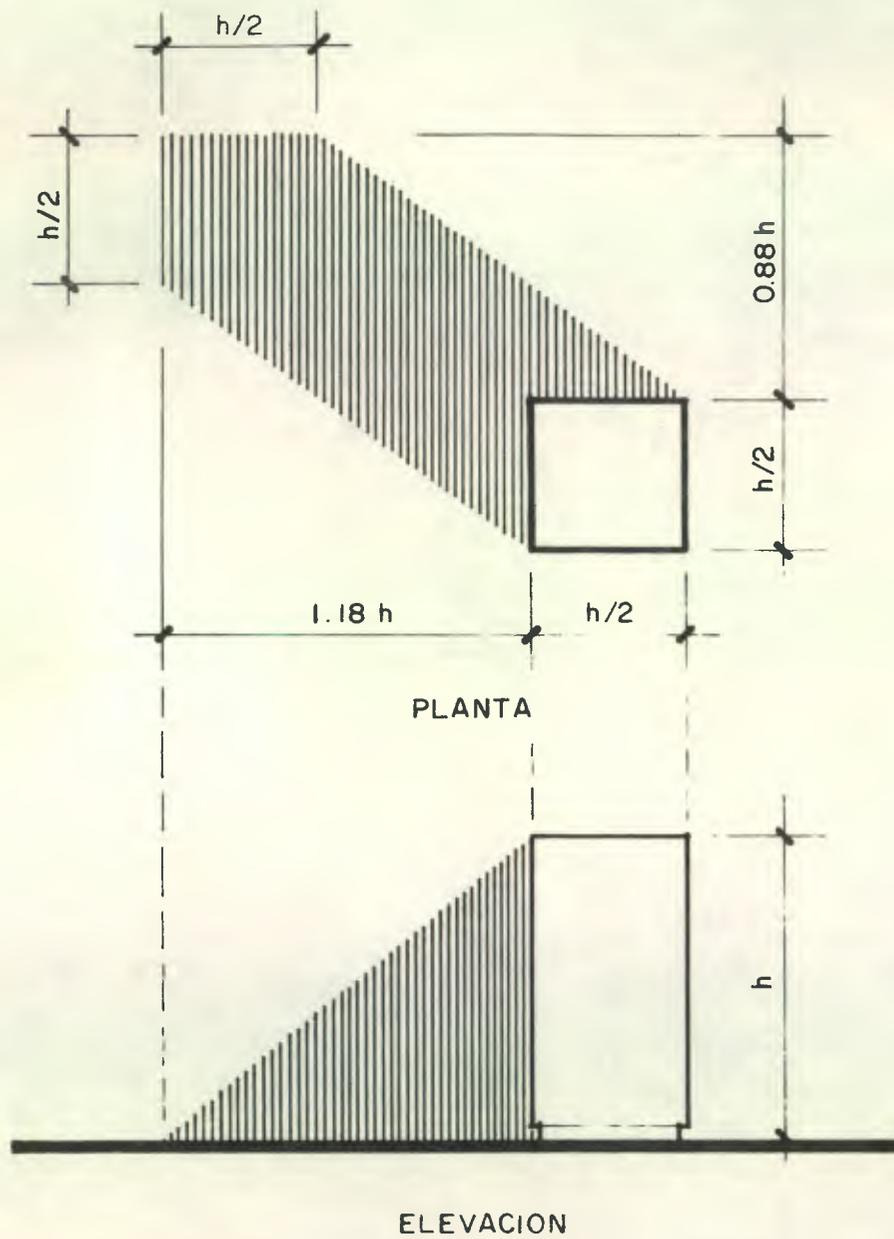
1. Se asume como unidad de medida la altura  $h$ . La unidad de medida está indicada en la gráfica con la distancia entre cada uno de los círculos (Distancia "A")
2. Se mide en la gráfica, que distancia en unidades medida hay entre el punto donde se intersecta la curva de la sombra del 23 de Nov., con la línea discontinua de las 9 de



SUBDIVISION DE UNA UNIDAD DE MEDIDA



GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA  
LATITUD 15° NORTE



INCLINACION REAL DEL RAYO SOLAR  
CON RESPECTO AL HORIZONTE

la mañana (Punto A), con la recta Este-Oeste. La distancia es 0.88 de unidad de medida (Distancia b).

3. Se encuentra, que distancia hay entre el punto A y la recta Norte-Sur. En el presente ejemplo, es 1.18 de unidad de medida (Distancia c).
4. Para este problema, los datos encontrados anteriormente y trasladados a la planta del edificio, tal como se trasladó en el dibujo No 17, son suficientes para dibujar en planta la sombra proyectada.

Si se quiere dibujar en elevación el area en sombra, se trasladan las medidas, como se puede observar en el ejemplo.

La inclinación real del rayo solar, con respecto al horizonte, se encuentra, trazando horizontalmente la distancia d (1.50) y una unidad de medida (h), verticalmente. La hipotenusa del triángulo rectángulo, dará la inclinación buscada. (Ver dibujo No. 17).

Se hizo referencia al principio de este trabajo, al hecho de que al tomar la traslación de la tierra como un círculo, afecta las fórmulas para determinar las cartas solares y la gráfica de trayectoria de sombras, puesto que el tiempo solar verdadero tiene una diferencia variable con el tiempo solar medio en un máximo de +15 o -15 minutos; fenómeno que no afecta en lo más mínimo la forma de las gráficas, sino, unicamente en que la persona que haga el estudio, esté tomando de su reloj un tiempo que varíe del verdadero, un máximo de +15 o -15 minutos. Estos extremos suceden unicamente 2 veces al año: el 12 de febrero y el 3 de noviembre. (Ver Dib. No. 18).

Para hacer un cálculo exacto de determinación de sombra en un momento dado, se usa la gráfica de la Ecuación del Tiempo, que se incluye en este trabajo, en la que, dependiendo de la fecha escogida, se puede encontrar la hora verdadera con la fórmula:

$$T_v = T_m - E$$

$T_v$  = Tiempo verdadero

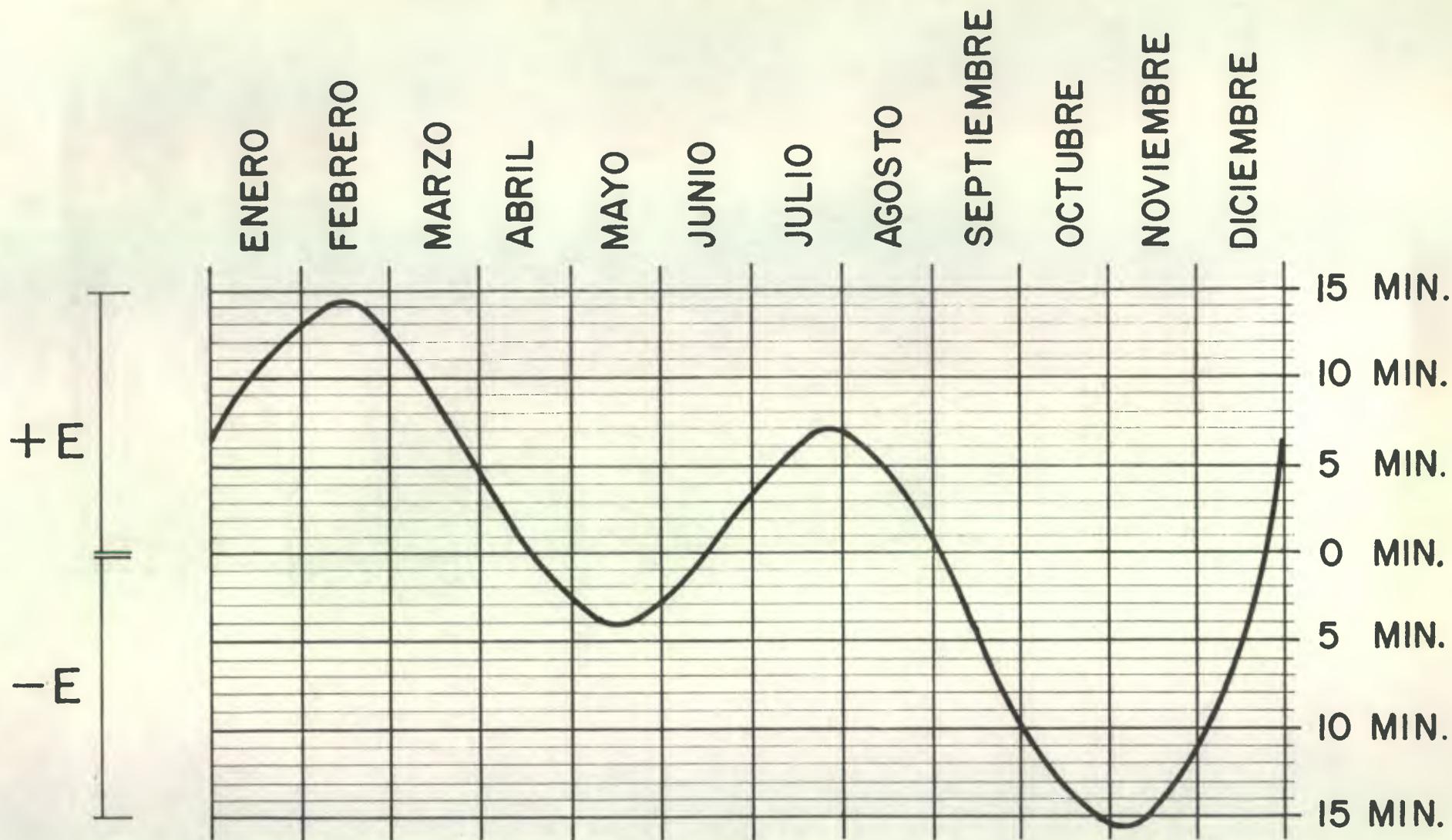
$T_m$  = Tiempo medio

$E$  = Diferencia entre las ascensiones rectas expresadas en minutos de tiempo.

Por ejemplo:

El 10 de octubre, si en el reloj se lee; las 10 de la mañana, la hora solar verdadera será las 10:10 A.M.

Si el 10 de julio se lee; las 13 horas, la hora solar verdadera será las 12:55 horas.



### ECUACION DEL TIEMPO

E = LA DIFERENCIA ENTRE LAS ASCENSIONES RECTAS EXPRESADAS EN MINUTOS.

**3. GRAFICAS DE ZONA DE CONFORT**

**3.1. ENUMERACION Y DESCRIPCION DE LOS FENOMENOS CLIMATICOS A TOMAR EN CUENTA.**

## GRAFICAS DE ZONA DE CONFORT.

En esta parte del trabajo, se tratará el tema: "Zonas de confort y el método a seguir para conformarlas"; al mismo tiempo se determinará la zona de confort para la ciudad de Guatemala, la que será graficada sobre la carta solar para la latitud de  $15^{\circ}$  Norte, que es la latitud exacta que se acerca más a la de la ciudad de Guatemala, que es aproximadamente  $14^{\circ} 38'$ .

¿Que es la Zona de Confort?

Es la que al estar en forma gráfica, muestra claramente las fechas del año y horas del día en que dentro de un margen de condiciones climáticas, una persona puede vivir confortablemente, y también muestra las fechas y horas en que las condiciones climáticas le son molestas, precisamente por estar éstas fuera de la zona mencionada.

Para comenzar, es necesario, recopilar algunos datos climáticos que intervienen en el desarrollo del trabajo. Estos datos serán obtenidos de un período no menor de 5 años, ya que de lo contrario, la gráfica resultará con un margen de inexactitud apreciable. Para el objeto que persigue este trabajo, se tomó el período comprendido entre los años 1966 a 1973 (8 años).

Los datos a recopilar son los siguientes:

	Datos climáticos	Unidad de medida
A	— Temperatura máxima y mínima promedia.	$^{\circ}\text{C}$
B	— Temperaturas máxima y mínima absoluta.	$^{\circ}\text{C}$

	Datos climáticos	Unidad de medida
C	— Humedad relativa, máxima y mínima.	o/o
D	— Precipitación total.	mm/mes
E	— Insolación media diaria por mes.	Horas, décimas u octavas.
F	— Velocidad del viento.	Mts./Min.
G	— Dirección del viento.	

### ¿Qué son y qué significan cada uno de estos datos?

La temperatura máxima promedio, es aquella en que se toma la máxima temperatura de cada día, en un determinado mes, y el resultado se promedia sumando los datos y dividiendo luego entre el número de días del mes. Lo mismo se hace con la temperatura mínima promedio, solo que en este caso, se toma la menor temperatura registrada cada día.

La temperatura máxima y mínima absoluta, es aquella registrada en cualquier día del mes, que alcanza el mayor y menor grado respectivamente.

Humedad relativa máxima y mínima.

La humedad relativa es la relación entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor saturado. Se mide en porcentajes, es decir, cuando la H.R. es 0o/o, esto significa que

el aire está totalmente seco, que no tiene ni la mínima cantidad de vapor, y cuando la H.R. es 100o/o, debe interpretarse que ha llegado a su máxima saturación de agua. El aparato que mide la humedad relativa es el Psicrómetro. La humedad relativa que se busca en este caso es la mayor y menor registrada en el mes.

Precipitación total, es la cantidad de agua, medida en milímetros por el pluviógrafo, durante todo el mes.

Insolación media diaria por mes, es aquella en donde se toma el número de horas de sol directo, que se registra cada día, durante el mes, y luego se saca el promedio. Se mide con un aparato llamado Heliopirógrafo.

Velocidad del viento. Esta se mide por medio de un aparato llamado Anemómetro. Se registran las velocidades de cada día, durante un mes, y luego se promedian.

Además, como en este trabajo se ha tomado un período de ocho años, se suman los datos obtenidos de este período de un mismo mes; a continuación se promedia. Esto se hace con todos los fenómenos climáticos antes descritos, menos con la temperatura máxima y mínima absoluta, en donde se tomará la mayor y menor registrada en los ocho años.

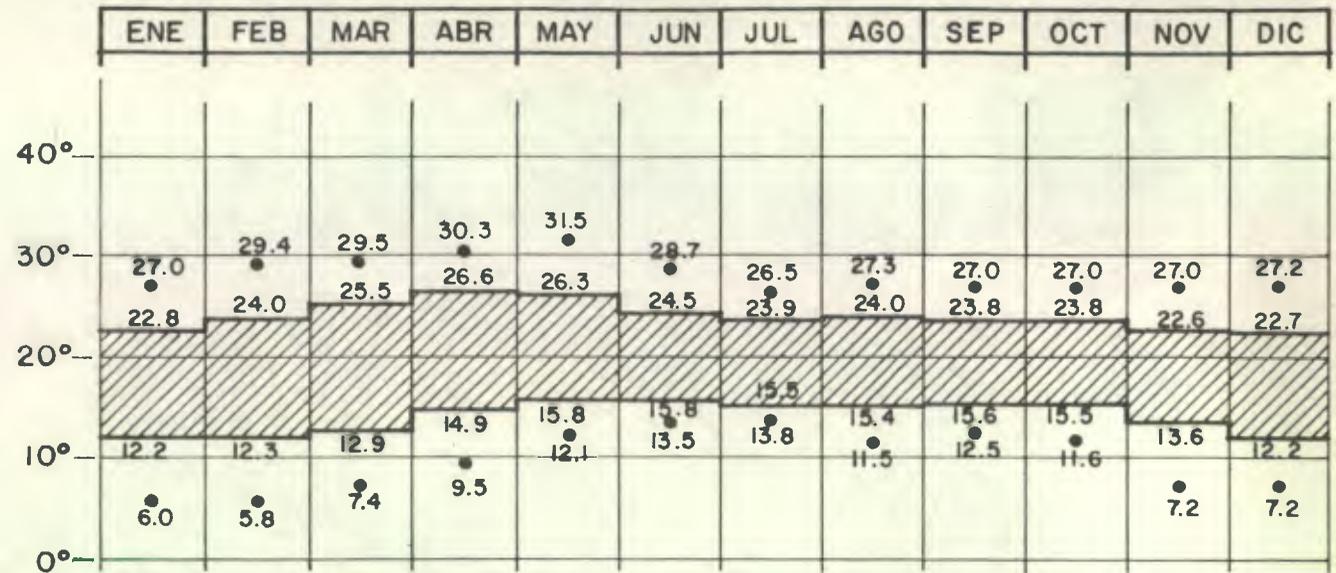
En los dibujos Nos. 19, 20 y 21, estan graficados estos datos.

3.2 GRAFICACION DE LOS FENOMENOS CLIMATICOS.

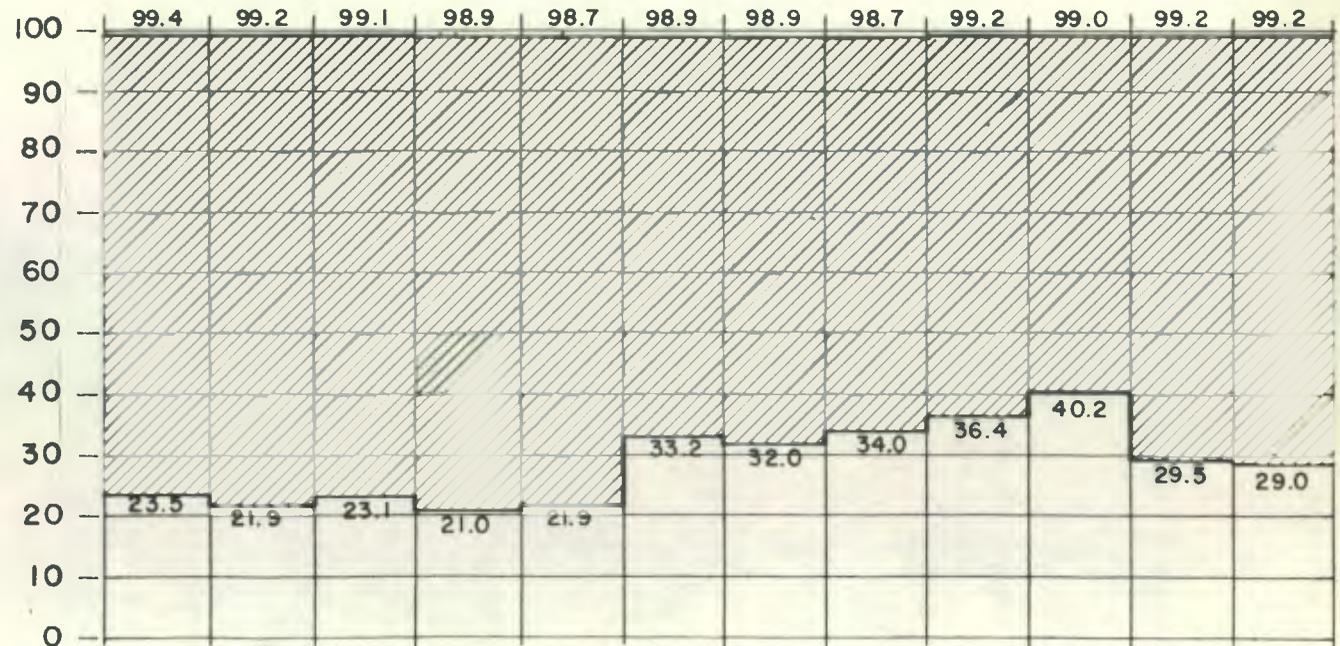
ESTACION: OBSERVATORIO METEOROLOGICO  
 LATITUD: 14° 35' 11"  
 ALTITUD: 1502.32 METROS S.N.M.  
 LONGITUD: 90° 31' 58"

TEMPERATURA MAXIMA Y  
 MINIMA ABSOLUTA  
 (°C)

TEMPERATURA MAXIMA Y  
 MINIMA PROMEDIA  
 (°C)



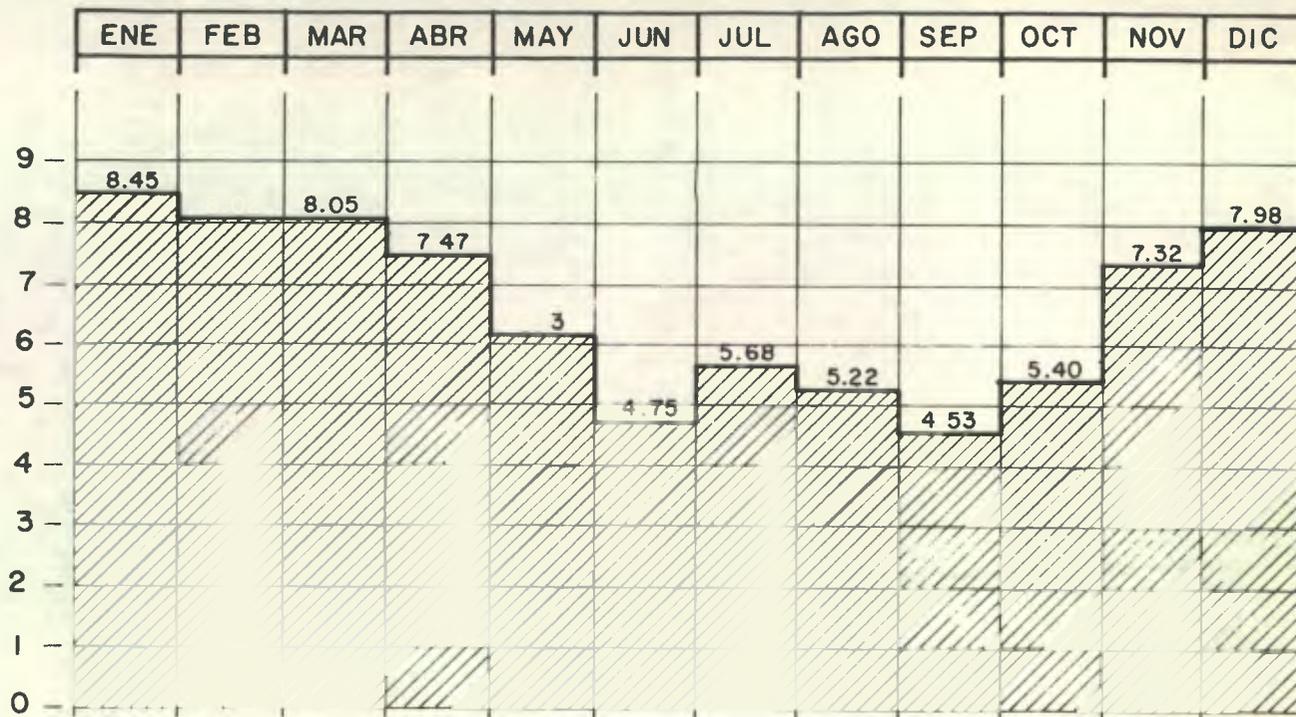
HUMEDAD RELATIVA  
 MAXIMA Y MINIMA  
 (%)



ESTACION: OBSERVATORIO METEOROLOGICO  
 LATITUD: 14° 35' 11"  
 ALTITUD: 1502.32 MTS. S.N.M.  
 LONGITUD: 90° 31' 58"

DIBUJO N° 20

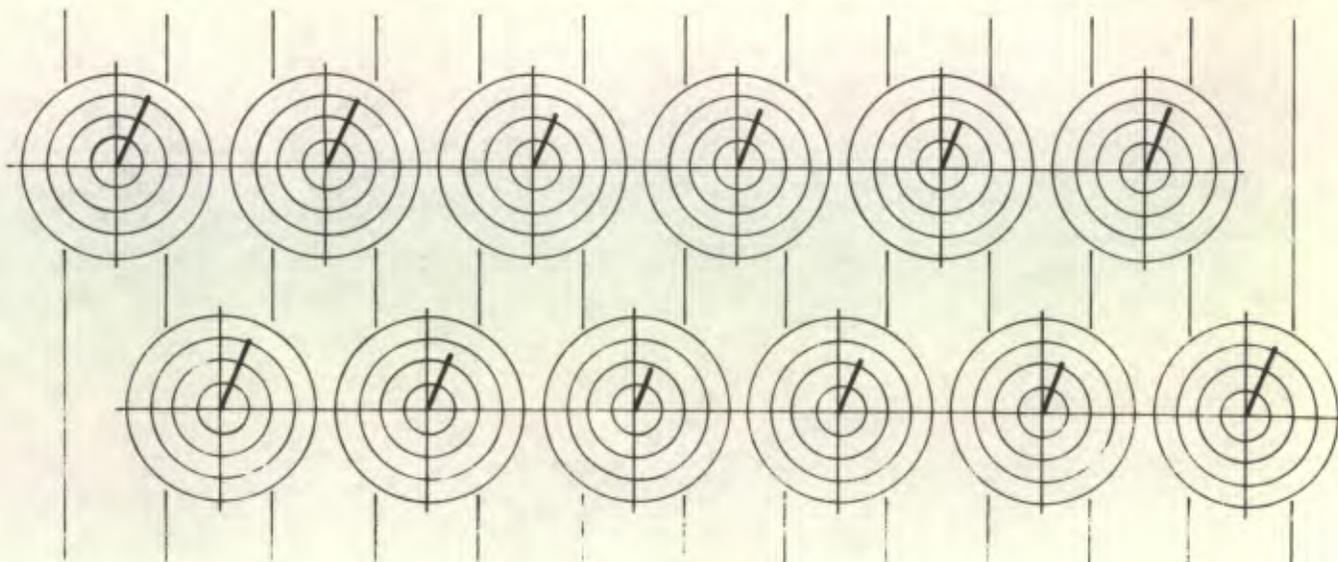
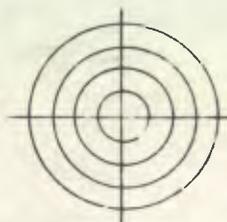
INSOLACION MEDIA  
 DIARIA POR MES  
 (HORAS)



DIRECCION Y VELOCIDAD  
 DEL VIENTO  
 (MTS. / MIN.)

MTS. / MIN.

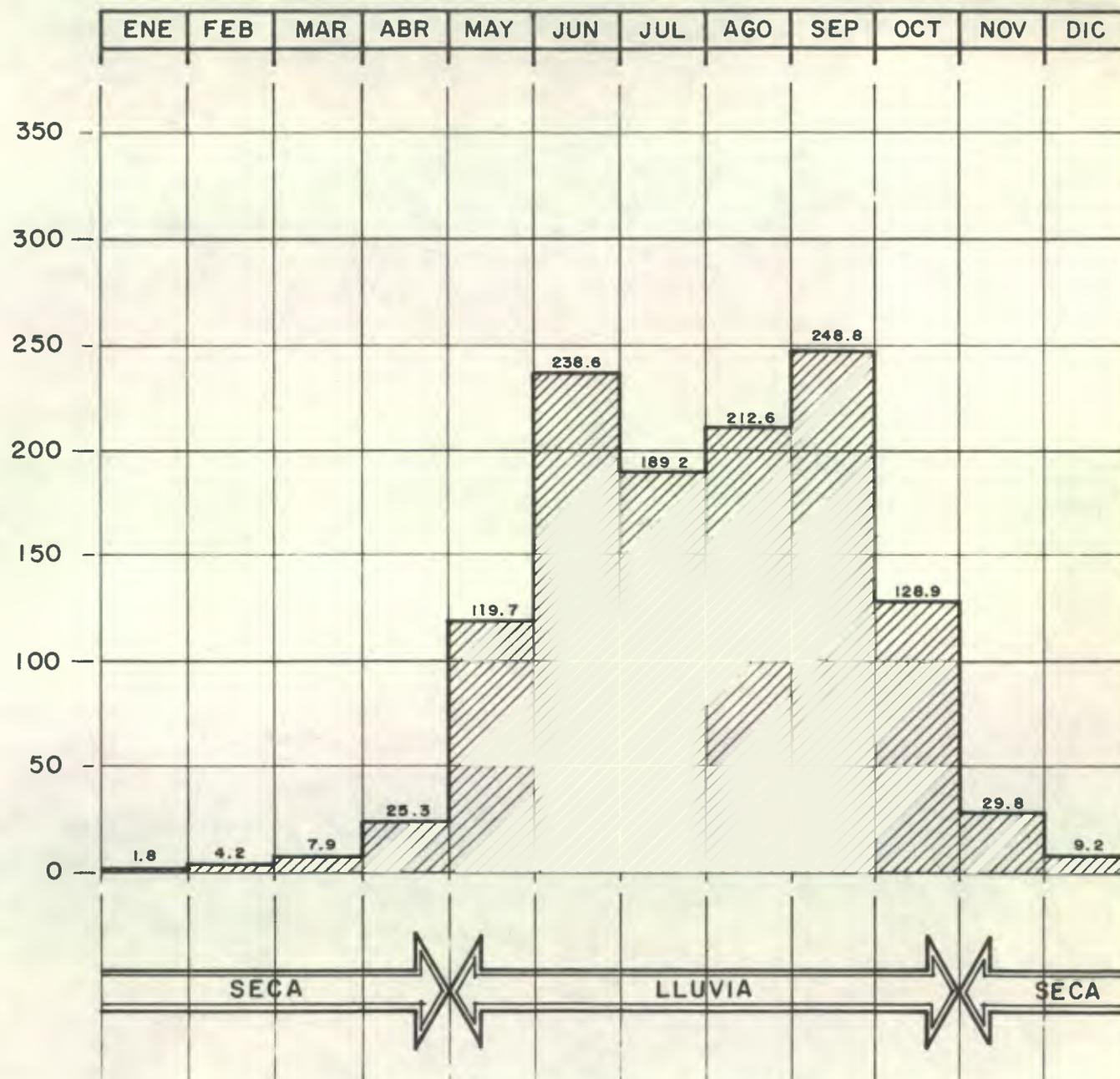
400  
 300  
 200  
 100  
 0



ESTACION: OBSERVATORIO METEOROLOGICO  
 LATITUD: 14° 35' 11"  
 ALTITUD: 1502.32 MTS. S.N.M.  
 LONGITUD: 90° 31' 58"

DIBUJO Nº 21

PRECIPITACION TOTAL  
 (M.M./MES)



**3.3. PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN LA DETERMINACION DE LA ZONA DE CONFORT.**

## PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN LA DETERMINACION DE LA ZONA DE CONFORT.

### A. Conversión de la temperatura de bulbo seco (D.B.T.) a temperatura de bulbo húmedo (W.B.T.).

NOTA: Las siglas que están inmediatamente después de cada tipo de temperatura corresponden a las iniciales del nombre en Inglés y se utilizarán a partir de este momento para identificarlas, con el objeto de familiarizarse con las mismas, ya que la mayoría de libros que tratan este tema utilizan esta representación.

La temperatura de bulbo seco, es la que se mide con los termómetros corrientes que todos conocemos y la gráfica de temperaturas del dibujo No. 19 está dada en esta escala. La temperatura de bulbo húmedo, está dada en una escala que se puede medir por un termómetro al que se le humedece la parte inferior, donde se encuentra el mercurio.

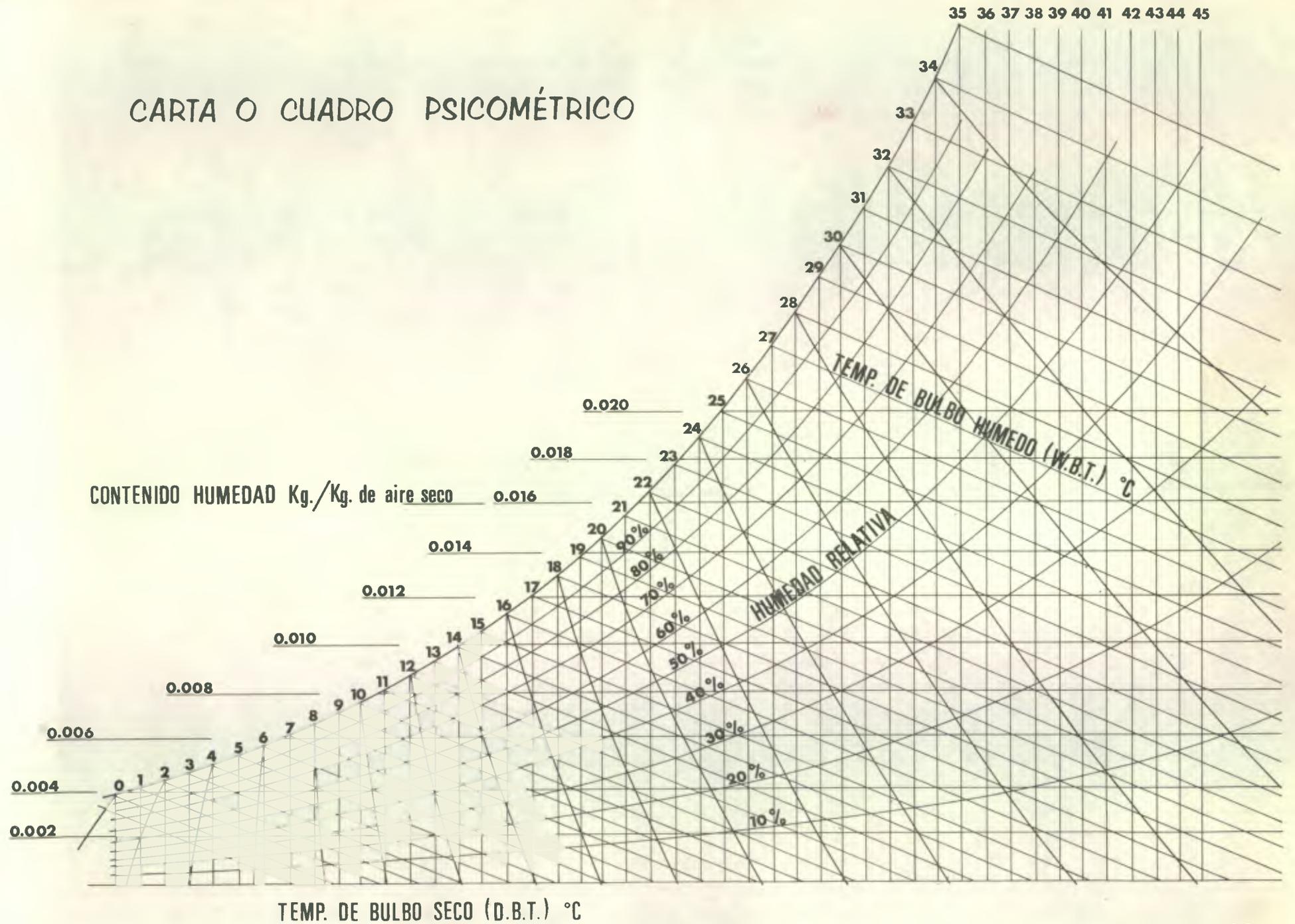
Para esta conversión se utiliza la gráfica llamada Carta o Cuadro Psicométrico (ver dibujo No. 22), en el cual la D.B.T. está representada por las líneas verticales y la humedad relativa (H.R.), dada en porcentajes, está representada por las líneas curvas, claramente señaladas en el dibujo.

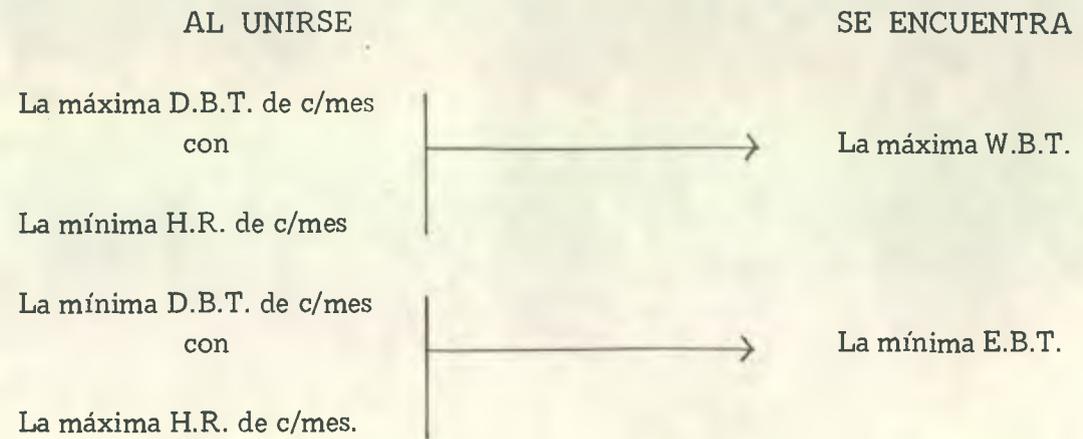
La D.B.T. que se tomará será, la temperatura máxima y mínima promedio de cada mes.

#### Uso de la gráfica:

A partir del punto en donde se une la línea de la D.B.T. con la curva de la H.R. se sigue una paralela a la línea recta inclinada que representa W.B.T. y se lee en el margen superior de la gráfica a qué temperatura en °C corresponde.

# CARTA O CUADRO PSICOMÉTRICO





Este procedimiento se repite hasta haber encontrado la máxima y mínima W.B.T. para cada uno de los meses del año.

#### Temperaturas máxima y mínima de bulbo húmedo W.B.T.

	E	F	M	A	M	L	J	A	S	Q	M	D
Máxima	12.1	12.4	13.5	14.8	15.7	15.8	15.4	15.3	15.5	15.8	13.5	12.5
Mínima	11.8	12.2	12.8	13.9	13.9	14.9	14.1	14.6	14.8	15.4	12.5	12.1

**B. Conversión a temperatura corregida efectiva (C.E.T.) usando D.B.T. y W.B.T.**

Para esta conversión se usa la gráfica llamada: Escala Normal de Temperatura Corregida Efectiva, en la que aparecen dos líneas horizontales, una en la parte superior y la otra en la inferior; la primera tiene indicada en °C la D.B.T. y la segunda, la W.B.T. además tiene dibujadas una serie de curvas que representan la velocidad del viento en Mts/Min., las cuales van desde la de 5 Mts/Min a la de 450 Mts/Min.

NOTA: Si en el estudio que se esté haciendo, hay temperaturas mayores que la de 450 Mts/Min se hará el cálculo con ésta última velocidad (ver dibujo No. 23), para que esta conversión se hacen dos gráficas; una tomando la mínima velocidad del viento que se ha podido registrar que es de 5 Mts/Min. para todos los meses del año y la otra tomando la velocidad promedio de la estación, es decir, se usa el promedio del año.

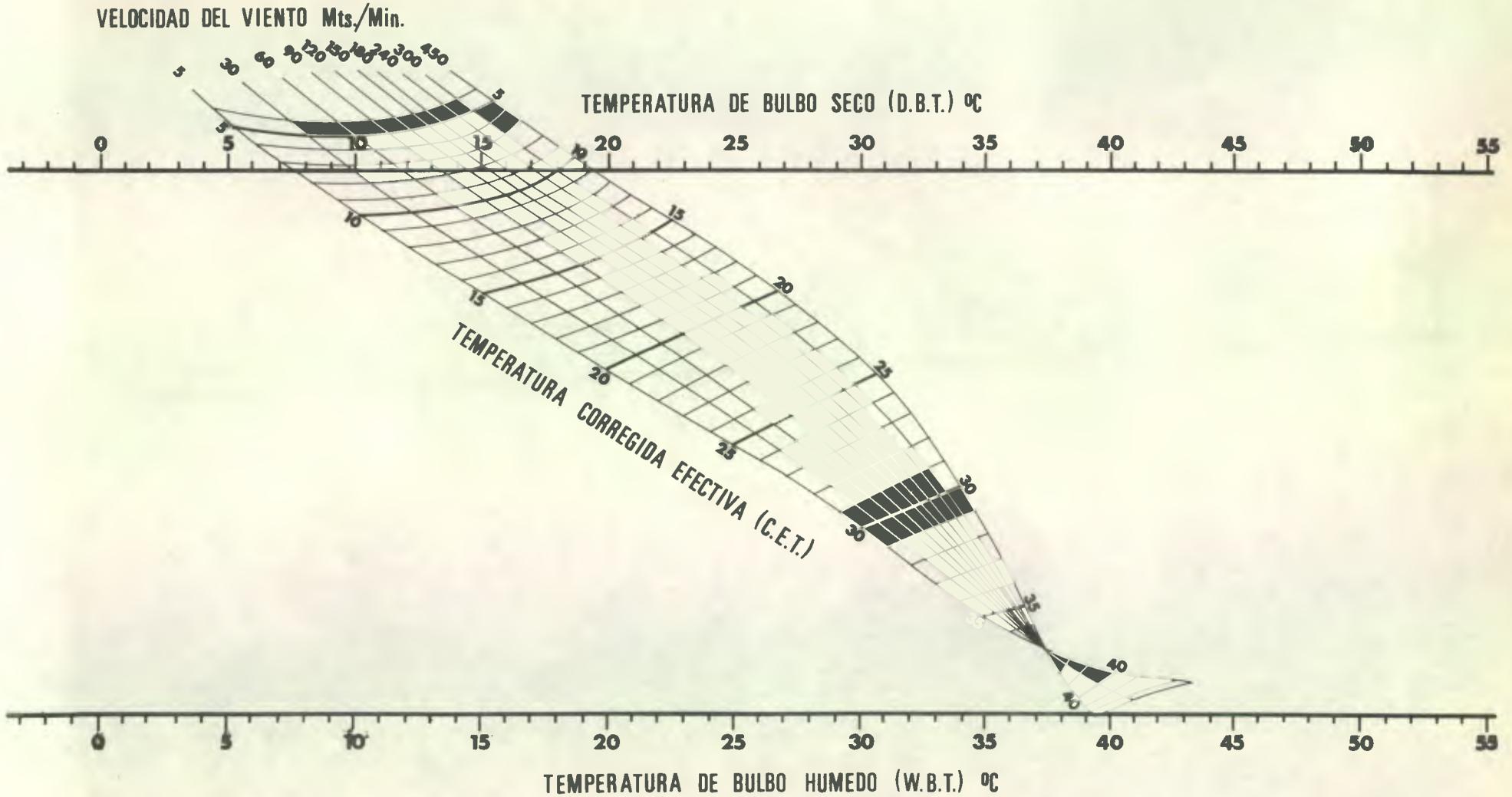
Para formar la primera gráfica, se unen con una línea recta, la máxima D.B.T. con la máxima W.B.T. de cada uno de los meses, el punto donde se intersecan con la curva de la velocidad del viento de 5 Mts/Min. nos da el C.E.T. máximo correspondiente. Después se hace lo mismo con la mínima D.B.T. y la Mínima W.B.T. para encontrar la mínima C.E.T.

Para la segunda gráfica, en la que se toma en cuenta la velocidad del viento promedio de cada mes, se hace exactamente lo mismo, con la diferencia de que ahora se toma la intersección de la línea recta con la curva de la velocidad del viento promedio de la estación. En este caso son 255 Mts/Min.

**C. Línea central de la zona de confort (T.C.C.).****Procedimiento:**

Se encuentra la media del rango anual de temperatura, de la escala D.B.T. por medio de la siguiente fórmula:

# ESCALA NORMAL DE TEMPERATURA CORREGIDA EFECTIVA



DIBUJO N° 23

$$\text{Tam.} = \frac{\text{Máxima Promedio D.B.T.} + \text{Mínima Promedio D.B.T.}}{2}$$

Las temperaturas máximas y mínima promedio D.B.T. no se toman de cada mes sino la mayor y menor de todo el año.

Condiciones:

Para climas cuyo:

T.C.C. será

Tam.  $< 10^{\circ}\text{C}$

$20^{\circ}$  C.E.T.

Tam.  $> 10^{\circ}\text{C}$

$\frac{\text{Tam}}{4} + 17.2^{\circ}$  C.E.T.

$$\text{Tam} = \frac{26.6 + 12.2}{2} = 19.4 > 10^{\circ}\text{C}$$

$$\text{T.C.C.} = \frac{19.4}{4} + 17.2 = 22.05 \text{ C.E.T.}$$

**D. Ancho de la zona de confort.**

**Procedimiento:**

Se encuentra el rango anual de temperatura absoluta bajo la siguiente fórmula:

Máxima Absoluta D.B.T. — Mínima Absoluta D.B.T. = R.A.A.

D.B.T. Rango Anual Absoluto (R.A.A.)		C.E.T. Ancho de la Zona de Confort
Menor de	13°	2.5
	13 – 16	3.0
	16 – 19	3.5
	19 – 24	4.0
	24 – 28	4.5
	28 – 33	5.0
	33 – 38	5.5
	38 – 45	6.0
	45 – 52	6.5
Arriba de	52	7.0

$$R.A.A. = 31.5 - 6.0 = 25.5$$

$$24 < 25.5 < 28$$

Ancho de la zona de confort: 4.5

Como pudo observarse en el transcurso de esta segunda parte, las temperaturas C.E.T. está dadas a una escala en la que intervienen no sólo la temperatura que se conoce corrientemente (D.B.T.), sino, también, otros factores climáticos, es por ello que si algunas temperaturas parecen un poco ilógicas, es precisamente porque se está trabajando a otra escala no usada corrientemente.

Las gráficas del dibujo No. 24, fueron trazadas para dos velocidades diferentes de viento, por la razón de que la temperatura a escala C.E.T. varía considerablemente cuando

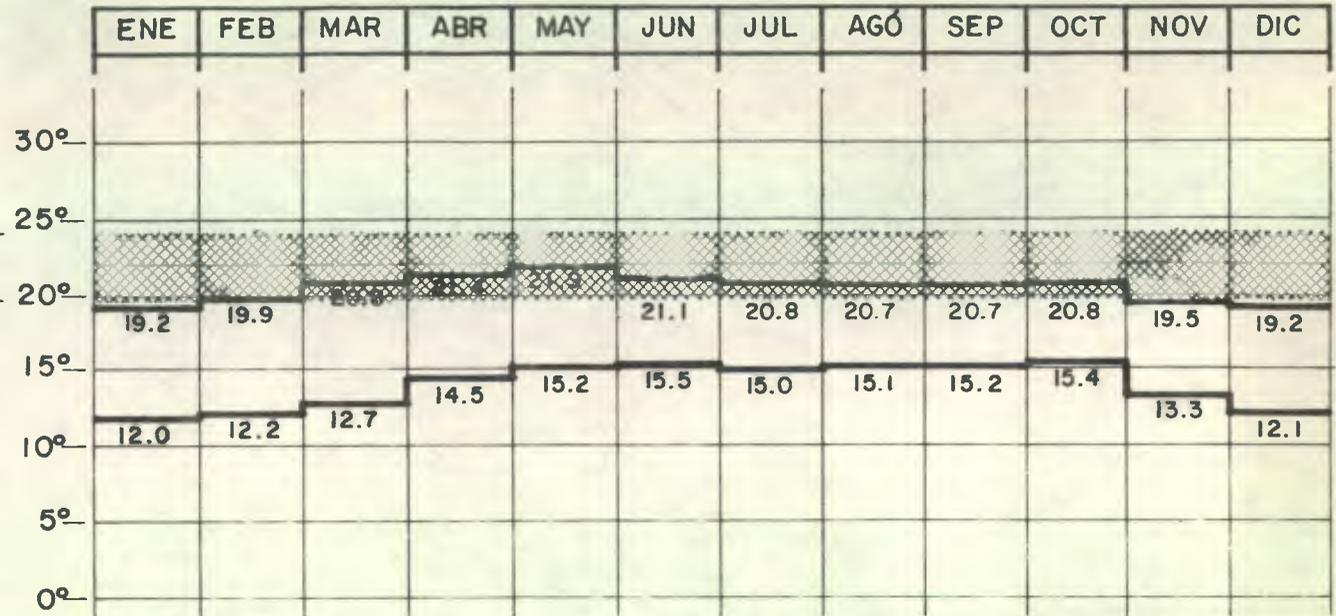
ESTACION: OBSERVATORIO METEOROLOGICO  
 LATITUD: 14° 35' 11"  
 ALTITUD: 1502.32 MTS. S.N.M.  
 LONGITUD: 90° 31' 58"

DIBUJO N° 24

GRAFICA DE TEMPERATURA CORREGIDA EFECTIVA (C.E.T.) (°C)

V. VIENTO: 5 MTS./MIN.

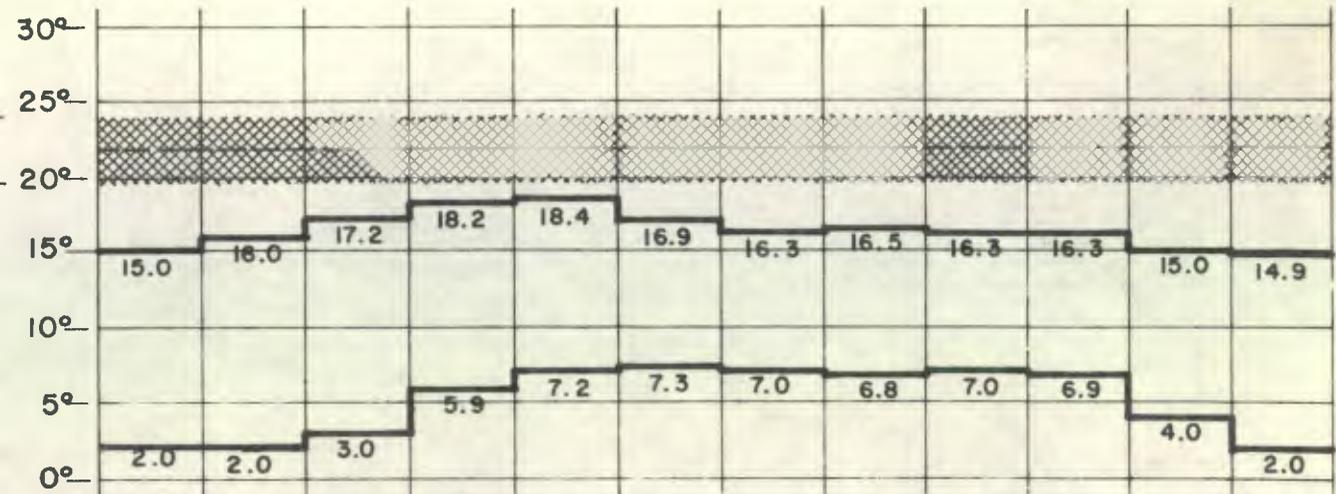
ZONA DE CONFORT  
 24.25°  
 19.75°



GRAFICA DE TEMPERATURA CORREGIDA EFECTIVA (C.E.T.) (°C)

V. VIENTO: 225 MTS./MIN.

ZONA DE CONFORT  
 24.25°  
 19.75°



hay variación de velocidad de viento. Por ejemplo, si dos personas en un momento dado se encuentran, una, en un ambiente dentro del cual hay una baja velocidad de viento y la otra, en otro con alta velocidad de viento, al medirse la temperatura a escala D.B.T. en los dos ambientes, es probable que no haya diferencia, o ésta sea muy pequeña; sin embargo, desde el punto de vista de confortabilidad, las dos personas estarán en diferentes situaciones, es decir, la temperatura a escala C.E.T. variará considerablemente de un caso con respecto a otro.

¿Qué indican las gráficas del dibujo No. 24?

1. Las temperaturas C.E.T. son mucho más bajas a velocidades de viento más altas, por ejemplo en la gráfica de velocidad de viento de 255 Mts/Min, las temperaturas bajan hasta  $2^{\circ}\text{C}$ , en cambio en la de 5 Mts/Min. únicamente llega a  $12^{\circ}\text{C}$ .
2. La zona de confort, lógicamente esta comprendida entre las mismas temperaturas en las dos gráficas.
3. En la gráfica de velocidad de viento de 5 Mts/Min, se observan meses, que en determinados momentos, la temperatura está dentro de la zona de confort y meses, en los cuales la temperatura en ningún momento llega a estar dentro de la zona de confortabilidad. A estos meses se les llama críticos. En la gráfica de velocidad de viento de 255 Mts/Min. todos los meses son críticos, ya que en ninguno la temperatura llega a alcanzar la zona de confort.
4. En términos generales, las temperaturas están más bajas que la zona de confort.
5. El ancho de la zona de confort está calculado mediante un procedimiento que fue probado en millares de personas y en diferentes lugares de la tierra y varía, dependiendo de la capacidad y costumbre que tengan las personas de soportar cambios de clima, más o menos marcados. Así las personas que viven en latitudes altas, tendrán zonas de confort más



anchas, ya que están acostumbradas a soportar variaciones de clima marcados.

#### E. Cálculo de temperaturas horarias.

Después de determinado el ancho de la zona de confort y las temperaturas, en la escala C.E.T., dentro de las cuales se encuentra, se procederá a localizar las temperaturas horarias para diferentes fechas del año. Las fechas del año para las cuales se calcularán, serán las que aparecen en la carta solar, ya que sobre ella se determinarán los datos.

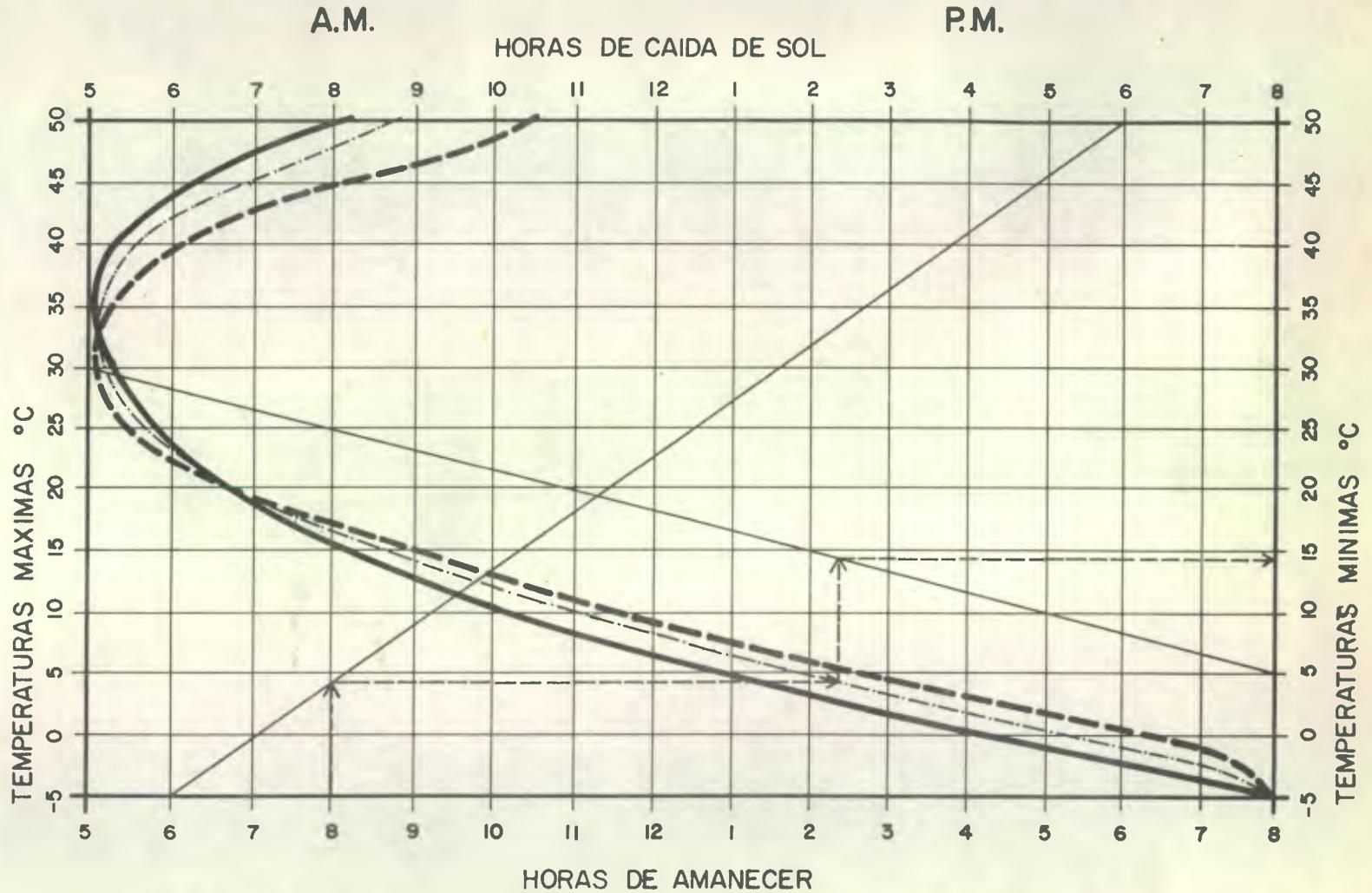
Para este objetivo se utiliza la gráfica llamada: Tabla de cálculo de Temperatura Horarias. (Ver dibujo No 25) en dicha gráfica aparecen las temperaturas máxima y mínimas en °C de la escala C.E.T.; las horas desde las 5 de la mañana, hasta las 8 de la noche y 3 curvas que se utilizan según la hora de salida del sol.

#### Procedimiento:

- a) Dependiendo de la fecha que se esté considerando, así será la hora de salida y caída del sol. Horas que estarán completamente simétricas con respecto a las cero horas, es decir:

Si Amanece	Se oculta el Sol
5 A.M.	7 P.M.
6 A.M.	6 P.M.
7 A.M.	5 P.M.

### TABLA DE CALCULO DE TEMPERATURAS HORARIAS C.E.T.



- AMANECER 5 A.M.
- - - - - " 6 A.M.
- " 7 A.M.

Para determinar las horas de salida y puesta del sol, se observa la carta solar de la latitud correspondiente, y se calcula visualmente en forma aproximada. En seguida, se localizan en los márgenes claramente señalados en el dibujo y se unen con una línea recta.

- b) Se localizan en los otros dos márgenes las temperaturas máxima y mínima de la escala C.E.T., del mes al que pertenece la fecha que se está considerando. En la gráfica está indicado claramente en qué margen se localiza la máxima y en cual la mínima. Ya localizadas se unen, también con una línea recta.
- c) Para comprender este paso y los anteriores, obsérvese el ejemplo mostrado en la gráfica.

El 21 de marzo, el sol sale a las 6 de la mañana y se oculta a las 6 de la tarde, como se observa en la carta solar. Se traza la línea recta descrita en el paso a). Según la gráfica de temperaturas C.E.T. para la velocidad de 5 Mts/Min., la máxima y mínima temperaturas para el mes de marzo son 20.8 °C y 12.7 °C respectivamente. Se unen con una recta de conformidad con lo indicado en el paso b). Se quiere saber que temperatura hay a las 8 de la mañana en esa fecha, se sigue la línea recta discontinua en la dirección que indican las flechas, la que da una temperatura de 14.5 °C.

En este ejemplo se usó la curva dibujada con línea discontinua delgada, ya que corresponde a la hora de salida del sol de las 6 de la mañana. Según la hora de salida del sol así será la curva que se utilice.

Las gráficas que se plotean para una latitud y un lugar determinado son:

Usando temperaturas C.E.T.  
para una velocidad de viento  
de 5 Mts/Min.

1. Para el primer semestre del año.
2. Para el segundo semestre del año

Usando temperaturas C.E.T.  
para la velocidad de viento  
promedio de cada mes.

3. Para el primer semestre del año.
4. Para el segundo semestre del año

#### 3.4. GRAFICACION DE LA ZONA DE CONFORT SOBRE LA CARTA SOLAR.

### GRAFICACION DE LA ZONA DE CONFORT SOBRE LA CARTA SOLAR.

Las siguientes gráficas muestran claramente las horas y fechas del año cuyas temperaturas están dentro o fuera de la Zona de Confort (Representada con el ashurado). Como puede verse en el caso de la gráfica para velocidad de viento de 255 Mts/Min. (Velocidad promedio), no existe Zona de Confort en ninguna fecha y hora ya que las temperaturas están por debajo de ésta.

Poseyendo estas gráficas, queda a cargo del arquitecto el poder ampliar esta Zona de Confort, en el mayor número de horas y fechas que sea posible, es decir, si las temperaturas están por debajo de la Zona de Confort, debe aumentar las temperaturas en las horas y fechas que necesite, y si están por encima, disminuirlas.

El arquitecto para hacer lo anterior, cuenta fundamentalmente con dos medios:

1. Medios Naturales
2. Medios Artificiales

Medios Naturales:

- a. Controlando la velocidad y dirección del viento con ventanas, vegetación, celosías, etc.
- b. Aumentando o disminuyendo la temperatura D.B.T. mediante el control de la trayectoria de los rayos directos de la luz solar.
- c. Controlando la humedad relativa, con la supresión o instalación de las fuentes que la produzcan.

## Medios Artificiales:

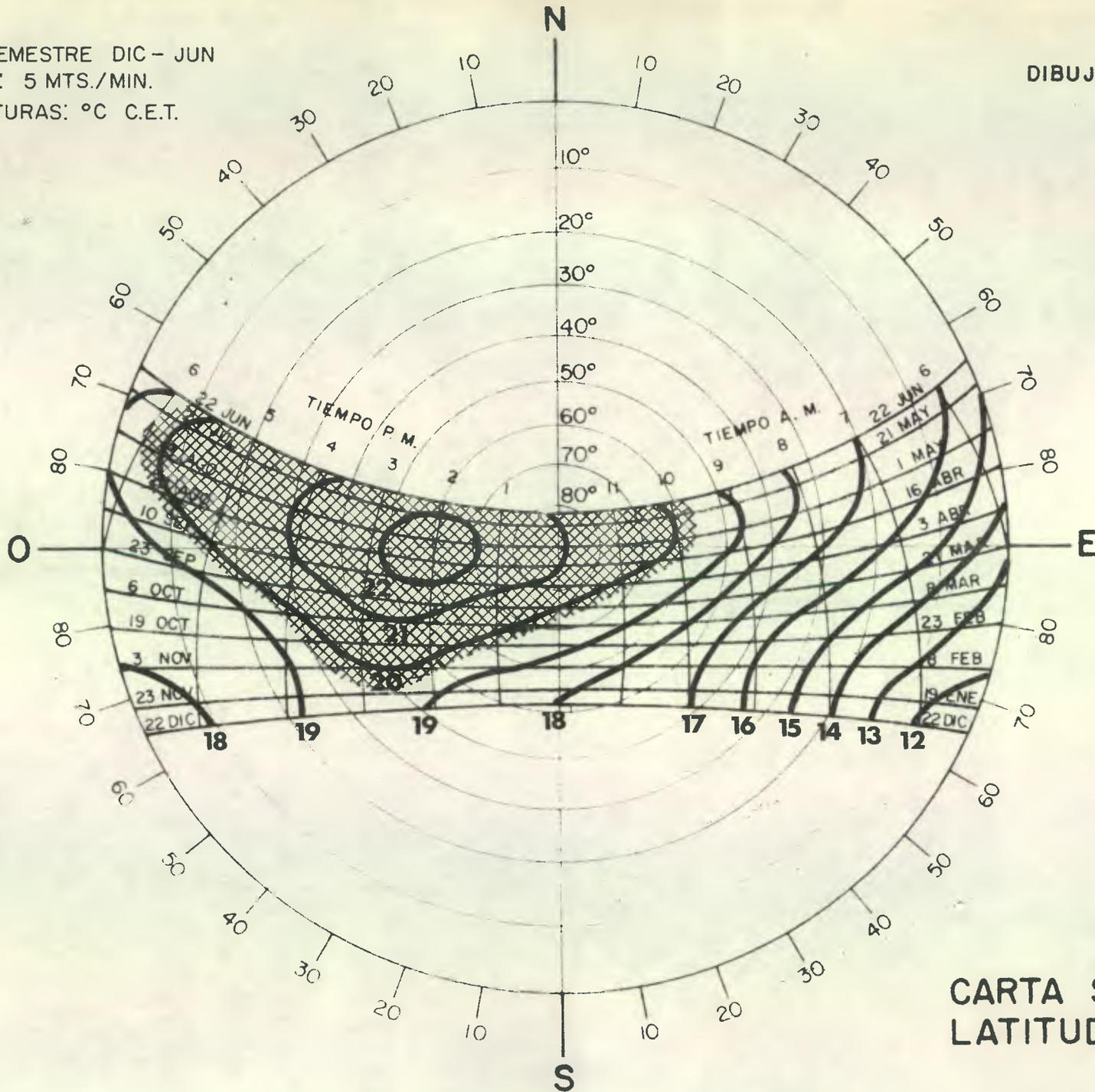
- a. Aire acondicionado.
- b. Calefacción.
- c. Luz artificial.
- d. Chimeneas, Etc.

## Algunas reglas generales:

Mayor Velocidad de Viento	—	Menor Temperatura C.E.T.
Menor Velocidad de Viento	—	Mayor Temperatura C.E.T.
Mayor Temperatura D.B.T.	—	Mayor Temperatura C.E.T.
Menor Temperatura D.B.T.	—	Menor Temperatura C.E.T.
Mayor Humedad Relativa	—	Mayor Temperatura C.E.T.
Menor Humedad Relativa	—	Menor Temperatura C.E.T.

PRIMER SEMESTRE DIC - JUN  
V. VIENTO: 5 MTS./MIN.  
TEMPERATURAS: °C C.E.T.

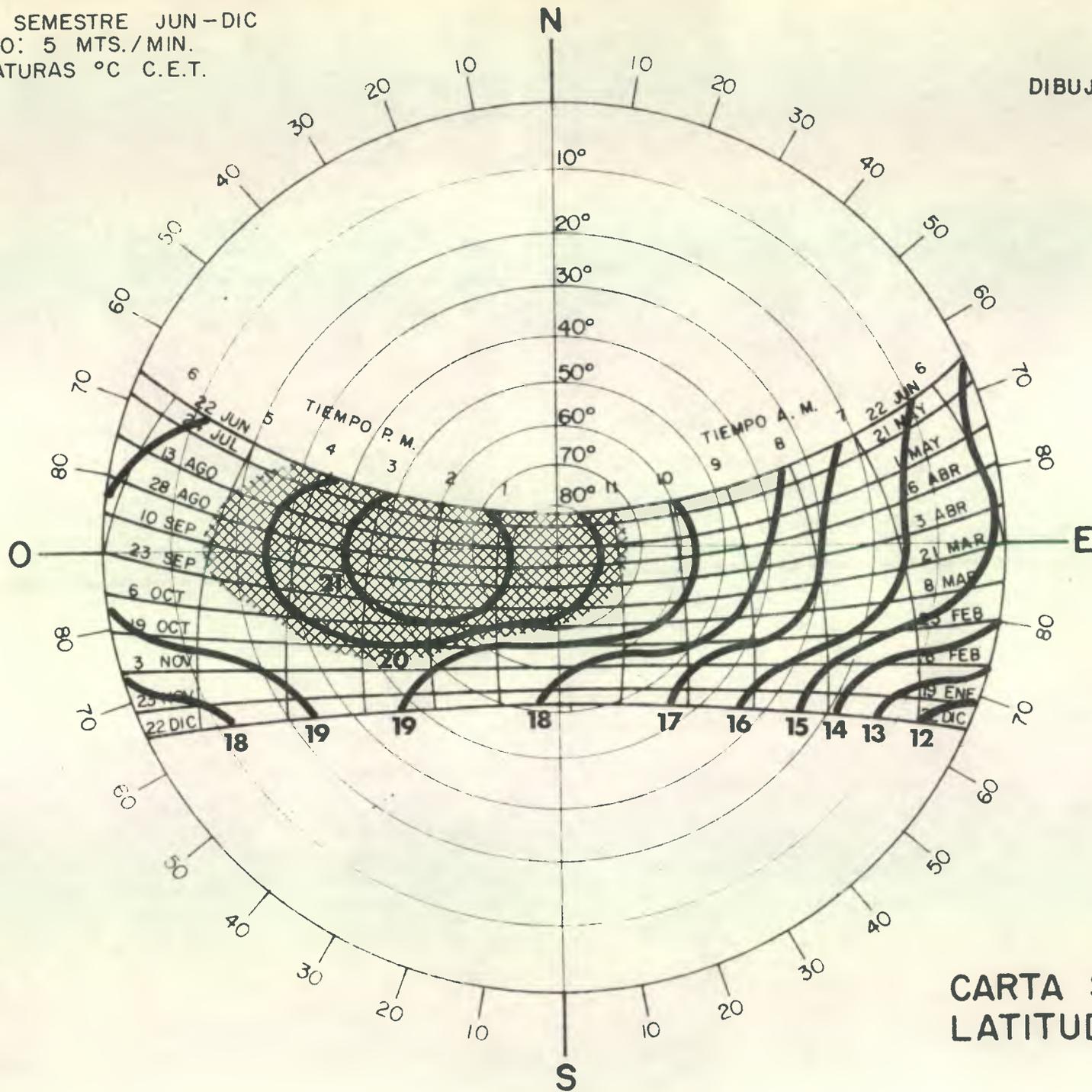
DIBUJO N° 26



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE

SEGUNDO SEMESTRE JUN-DIC  
V. VIENTO: 5 MTS./MIN.  
TEMPERATURAS °C C.E.T.

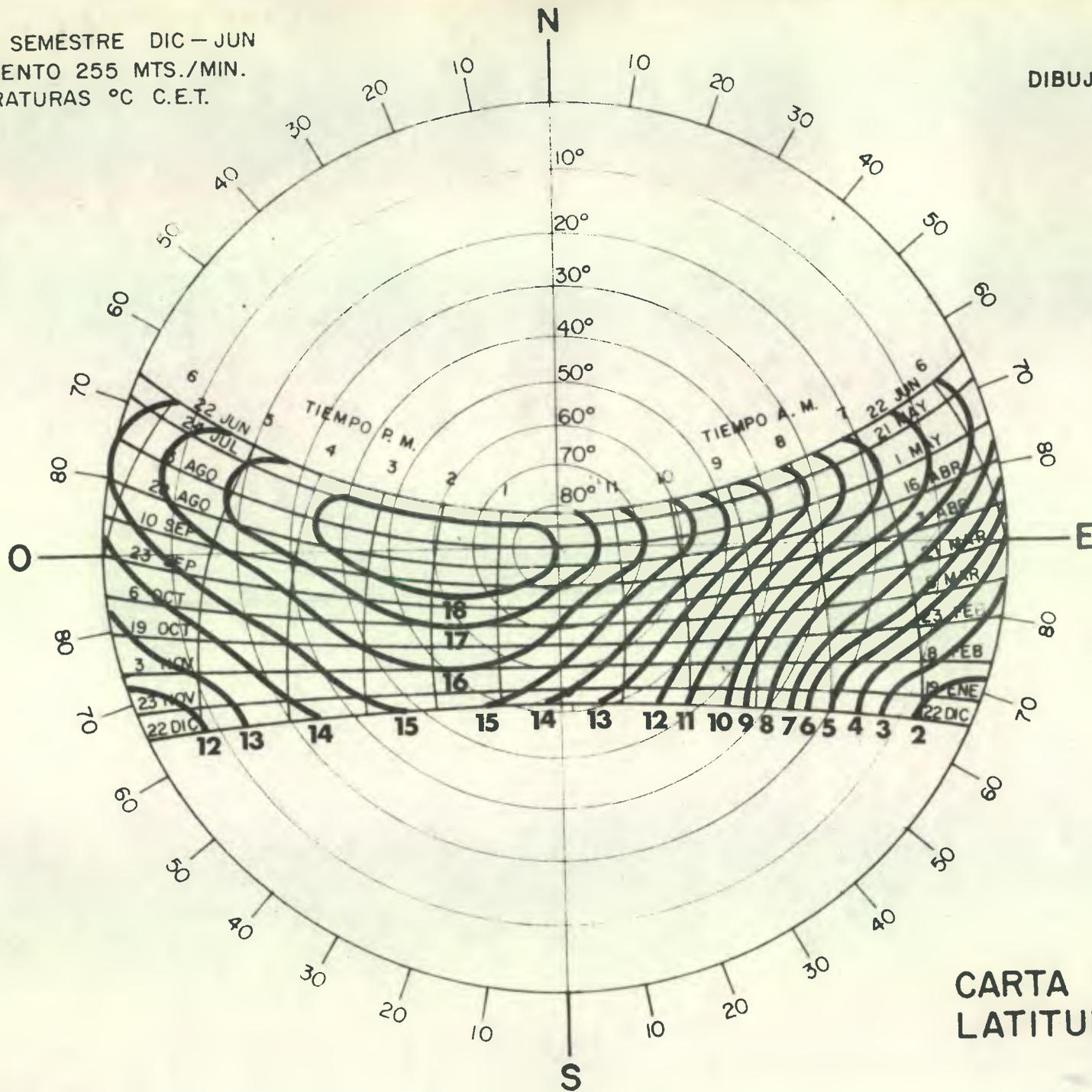
DIBUJO N° 27



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE

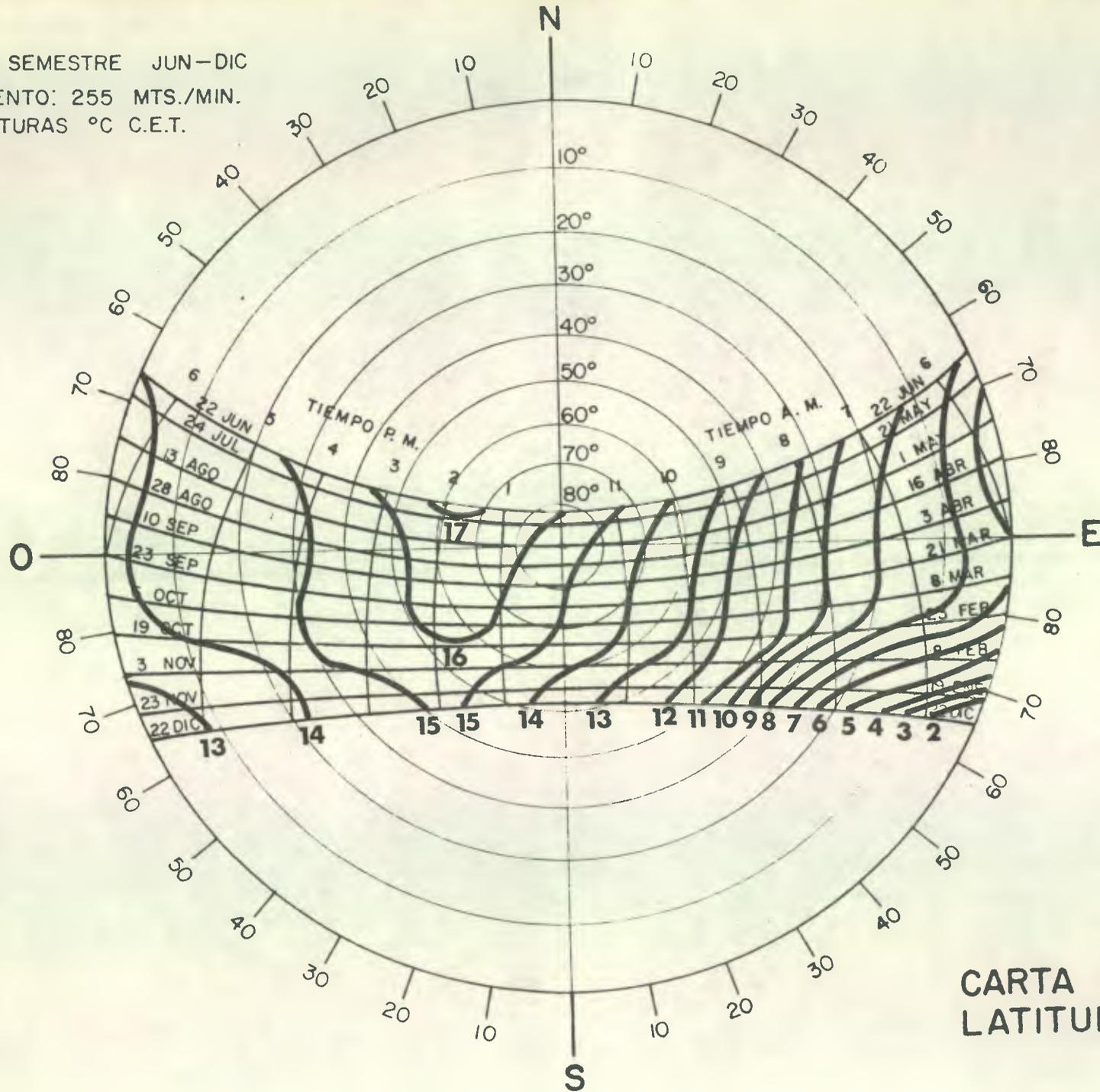
PRIMER SEMESTRE DIC - JUN  
V. DE VIENTO 255 MTS./MIN.  
TEMPERATURAS °C C.E.T.

DIBUJO N° 28



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE

SEGUNDO SEMESTRE JUN-DIC  
V. DE VIENTO: 255 MTS./MIN.  
TEMPERATURAS °C C.E.T.



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE

**1. CALCULO DE PARTELUCES**

**4.1. DEFINICION DE PARTELUZ**

**4.2 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS ANGULOS DE INCIDENCIA DE UN RAYO DE LUZ SOLAR UTILIZANDO LA CARTA SOLAR Y LA GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA.**

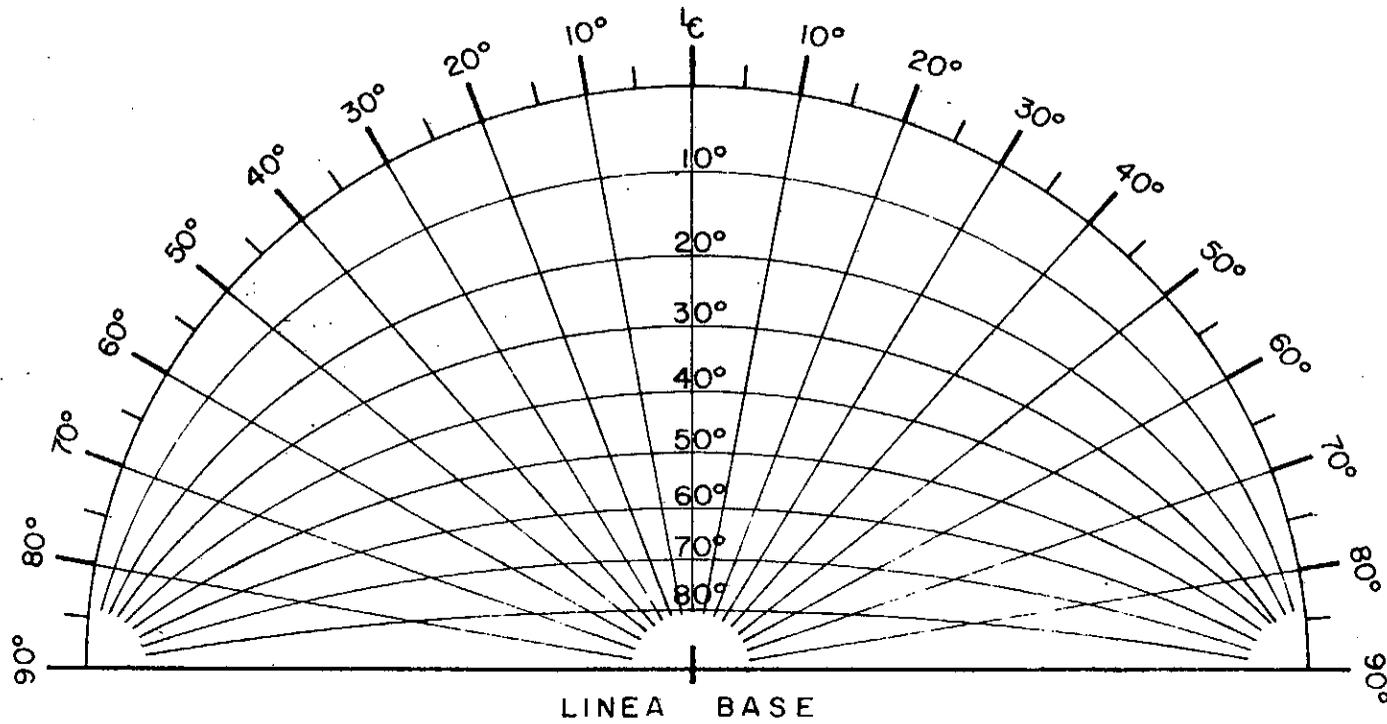
### PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS ANGULOS DE INCIDENCIA DE UN RAYO DE LUZ SOLAR UTILIZANDO LA CARTA SOLAR Y LA GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA.

Para entrar a hacer un cálculo de parteluces, antes que todo es necesario determinar la trayectoria de los rayos solares que se tomarán en cuenta para dicho cálculo; para ello será suficiente representarlos tanto en planta como en sección del ambiente en estudio; esta sección será usualmente perpendicular a la fachada del edificio.

Se describirá, seguidamente, la forma en que se determina la trayectoria de un rayo solar a una hora y una fecha determinada, con respecto a una orientación de fachada cualquiera. Esto se hará por dos procedimientos diferentes. Primero utilizando la carta solar y después la gráfica de trayectoria de sombra, con el propósito de dar a conocer el uso y manejo de las dos gráficas.

Cuando se encuentran los ángulos de incidencia, utilizando la carta solar, se usa también una gráfica adicional transparente, con la cual se encuentran las altitudes de los rayos solares, viéndolos desde cualquier punto de vista. Esta gráfica se llama Transportador de Angulos de Sombra. (Ver Dib. No 30).

Si bien es cierto, que la altitud real de un rayo solar, con respecto al horizonte, es una sola; para la vista de cualquier espectador, este ángulo aparentemente varía, según el lugar de donde lo esté observando. En la única posición en que se verá el rayo solar en su altitud real, será cuando el observador dirija su vista perpendicular al plano vertical definido por el rayo; en cualquier otra posición que no sea ésta, la verá diferente. Como es lógico, en una sección perpendicular a la fachada, los rayos solares que se representarán, raras veces estarán vistos en su altitud real, por lo que el transportador de ángulos de sombra dará el ángulo con el que deberán ser dibujados.



TRANSPORTADOR DE ANGULOS DE SOMBRA

Datos del ejemplo:

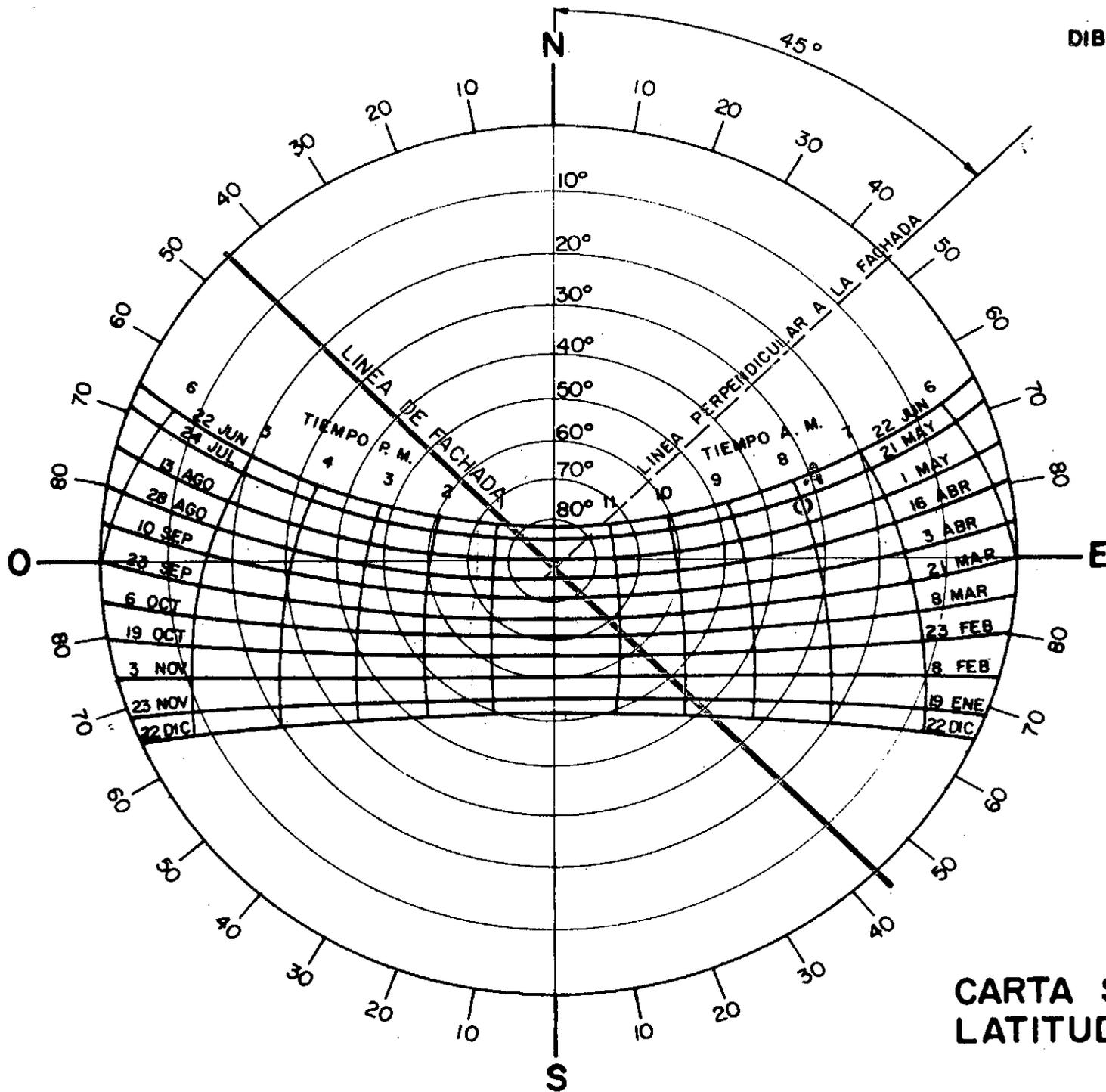
Orientación de la línea de fachada:

La perpendicular al frente de la fachada apunta exactamente al N-45°-E (Ver línea de fachada en el dibujo No 31).

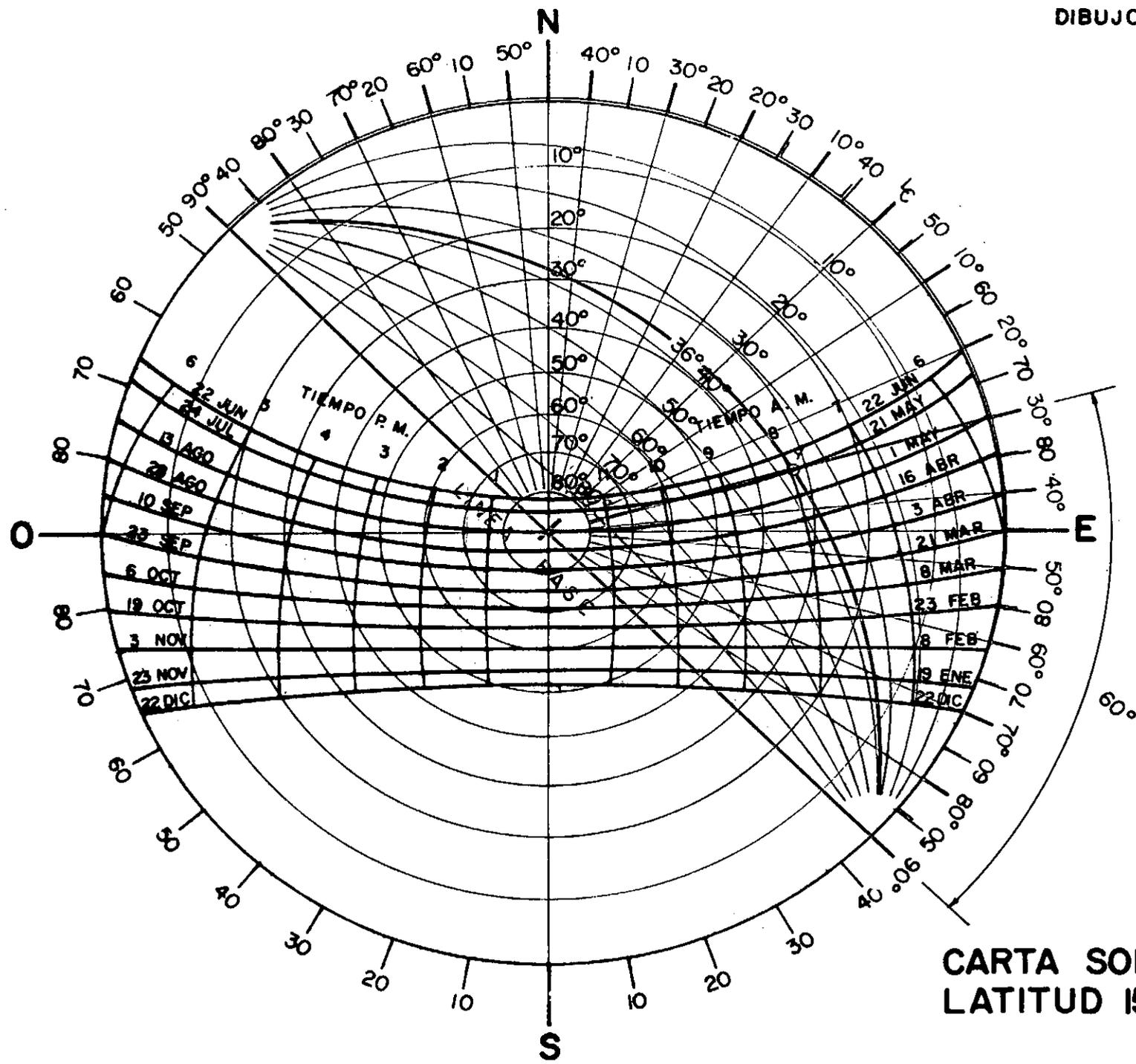
Determinación del rayo solar en la latitud 15° Norte, el 21 de mayo, a las 8 de la mañana.

Uso de la Carta Solar:

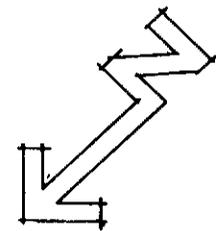
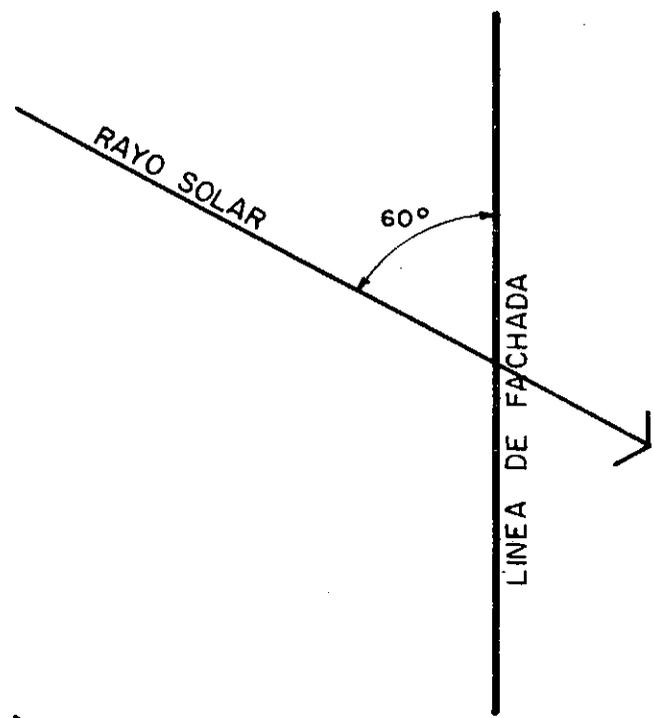
1. Orientada, tal como estará en la realidad, se traza la línea de fachada sobre la carta solar. (Ver dibujo No. 31).
2. Se localiza sobre la misma gráfica el punto de la fecha y hora del rayo solar en estudio. Punto "A" (Dib. No. 31).
3. En la carta solar se sobrepone el transportador de ángulos de sombra, teniendo cuidado, que la línea base coincida exactamente con la línea de fachada, y la línea central ( $\perp$ ), con la perpendicular al frente de la fachada.
4. Se lee en las líneas rectas radiales, que ángulos hay entre la línea de fachada y el punto "A". (Dib. No 32). El ángulo mide exactamente 60°. Este ángulo se dibuja en planta, tal como está representado en el dibujo No 33.
5. El ángulo de la altitud del rayo solar, visto en sección perpendicular a la línea de fachada se busca en los semi-círculos (Dib. No 32). En este caso son 36°. Ver la representación en sección en el dibujo No. 33.



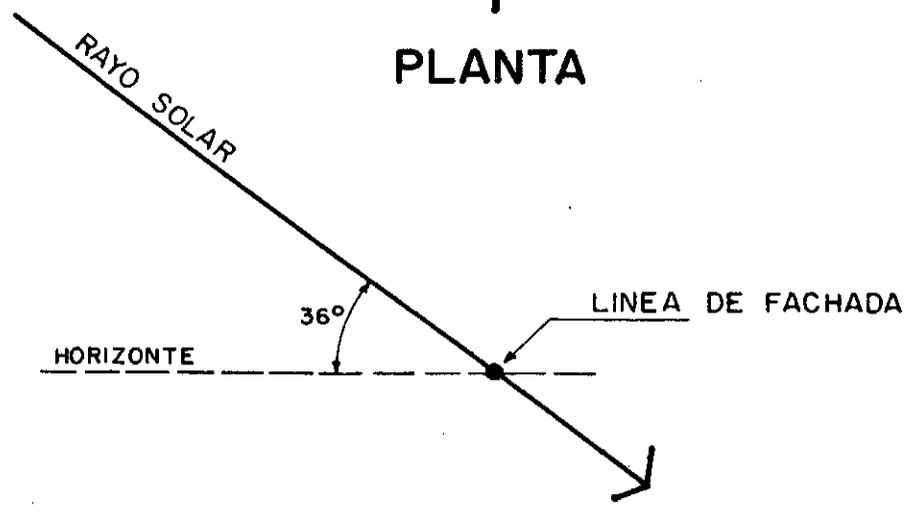
CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE



PLANTA



SECCION PERPENDICULAR

6. Para encontrar la altitud real, se lee directamente en la carta solar, en los círculos concéntricos. En este caso se tiene un ángulo de  $32^{\circ}$ .

#### Uso de la gráfica de trayectoria de sombra:

Para demostrar que los resultados obtenidos con el uso de la carta solar, son exactamente iguales con los que se obtienen con la gráfica de trayectoria de sombra, se desarrollará el mismo ejemplo.

NOTA: Tómese en cuenta que esta gráfica es representación de trayectoria de sombra, por lo que las horas A.M. y P.M. están localizadas al lado contrario de como lo están en la carta solar. Es importante que la persona que use esta gráfica, tenga presente, en todo momento, que es una proyección de sombra y no representación de recorrido de sol, para que se tenga la idea clara de la dirección de los rayos de sol.

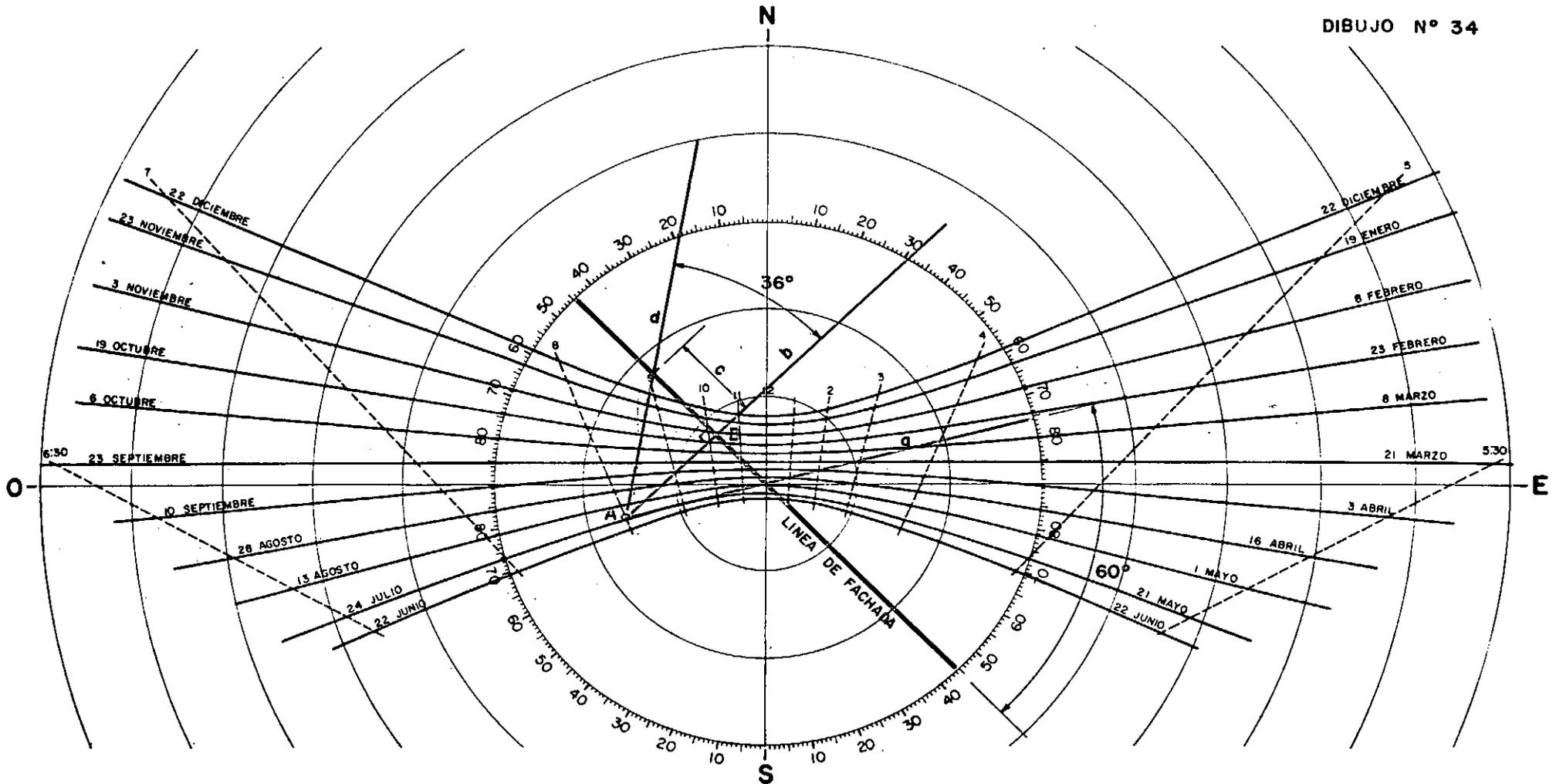
1. Se traza la línea de fachada sobre la gráfica, debidamente orientada (Dibujo No. 34).
2. Se localiza en la misma gráfica, el punto de la fecha y hora del rayo solar en estudio, punto "A" (Dibujo No. 34).
3. Se traza una línea que pase por el punto "A" y por el centro de las coordenadas N-S, E-O; se prolonga hasta el círculo graduado en ángulos (recta a). Se lee qué ángulo existe entre la recta "A" y la línea de fachada; son  $60^{\circ}$ . Como es ángulo horizontal, se dibuja en planta (Véase el Dibujo No. 33 y obsérvese que es igual al ángulo encontrado con la carta solar).
4. Para encontrar la altitud del rayo solar visto en sección perpendicular a la línea de fachada, se traza desde el punto "A" hasta la línea de fachada una perpendicular a ésta

(Línea b). A partir del punto "B", sobre la línea de fachada, se traza una unidad de medida (Línea c). Se unen los extremos de las dos líneas con una recta (línea d). El ángulo buscado es el que forman las líneas "b y "d". En este caso son de  $36^{\circ}$  (Observese también al encontrado con la carta solar y se verá que corresponden).

Para saber cómo se encuentra la altitud real del rayo solar, véase el numeral 2.4. de esta tesis.

Se expuso detalladamente la forma de encontrar los ángulo de incidencia de un rayo solar, por la razón de que ello proporciona un conocimiento base, indispensable para poder hacer el cálculo de parteluces.

De la forma correcta de utilizar cualquiera de los dos procedimientos, dependerá, que los ángulos en función de los cuales se hizo el diseño de parteluces, estén correctos y por ende los parteluces en sí resulten funcionales.



GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA  
LATITUD 15° NORTE

IMPRESION DE LA INSTITUCION DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

#### 4.3. CALCULO DE PARTELUCES

### 4.3. CALCULO DE PARTELUCES.

Para poder hacer un cálculo de parteluces es importante que previamente se tenga definida la orientación del edificio. Si el terreno donde está localizado el edificio, da libertad de poder buscar la orientación más adecuada; la carta solar o la gráfica de trayectoria de sombra servirá para ello.

Inmediatamente después de la descripción de cada paso a seguir en el cálculo de parteluces, se irá desarrollando un ejemplo para una mejor ilustración.

Aspectos a considerar previamente:

- A. Latitud del lugar en donde se construirá el edificio.
- B. Orientación del edificio.
- C. Determinación y graficación de la zona de confort para ese lugar.
- D. Uso y horario de habitación del edificio.
- E. Determinación de fechas y horas en las que es necesario controlar los rayos directos de sol. (Se efectuará con los datos obtenidos en los aspectos correspondientes a los incisos C y D).
- F. Dimensiones de los ambientes y banos en donde es necesario colocar parteluces. Se trabaja con las medidas del proyecto original y si el estudio de soleamiento así lo exige, éstas podrán ser cambiadas.

Datos del ejemplo:

- A. Localización: Ciudad de Guatemala, latitud  $14^{\circ}30'$ .
- B. Orientación: La perpendicular al frente de la fachada, apunta exactamente al  $N-10^{\circ}-E$ .
- C. Se usará la gráfica de zona de confort para velocidad de 5 Mts/Min. por ser ambiente cerrado el que se está estudiando.
- D. Edificio para oficinas de gobierno en donde el horario de trabajo es de las 8-15:30 horas.
- E. Por ser el edificio de oficinas, la luz solar directa en horas de trabajo es inconveniente, por lo que a esas horas debe evitarse. Se tratará de proporcionar el paso directo de los rayos solares antes de la hora de entrada de trabajo (por lo menos en las fechas que es posible) para que estos eleven la temperatura del ambiente, ya que hasta antes de las 11 de la mañana, la temperatura está por debajo de la zona de confort.
- F. El módulo de los ambientes es de 5 X 5 Mts. Altura 3 metros.

Determinados los aspectos anteriores se efectúan los siguientes pasos:

1. Se dibuja la planta y la sección perpendicular a la fachada del ambiente en estudio.

En el ejemplo: Se dibujó la planta y una sección perpendicular a la fachada (ver dibujo No. 37).

2. Al trazar la línea de fachada, sobre cualquiera de las dos gráficas, tal como se explicó en el inciso 4.2 de este capítulo; habrá fechas y horas que queden de un lado de la línea, y fechas y horas que queden del otro lado; dependerá de la orientación del frente de la fachada para saber en cuál de los dos grupos de fechas y horas los rayos solares incidirán directamente sobre el frente de la fachada.

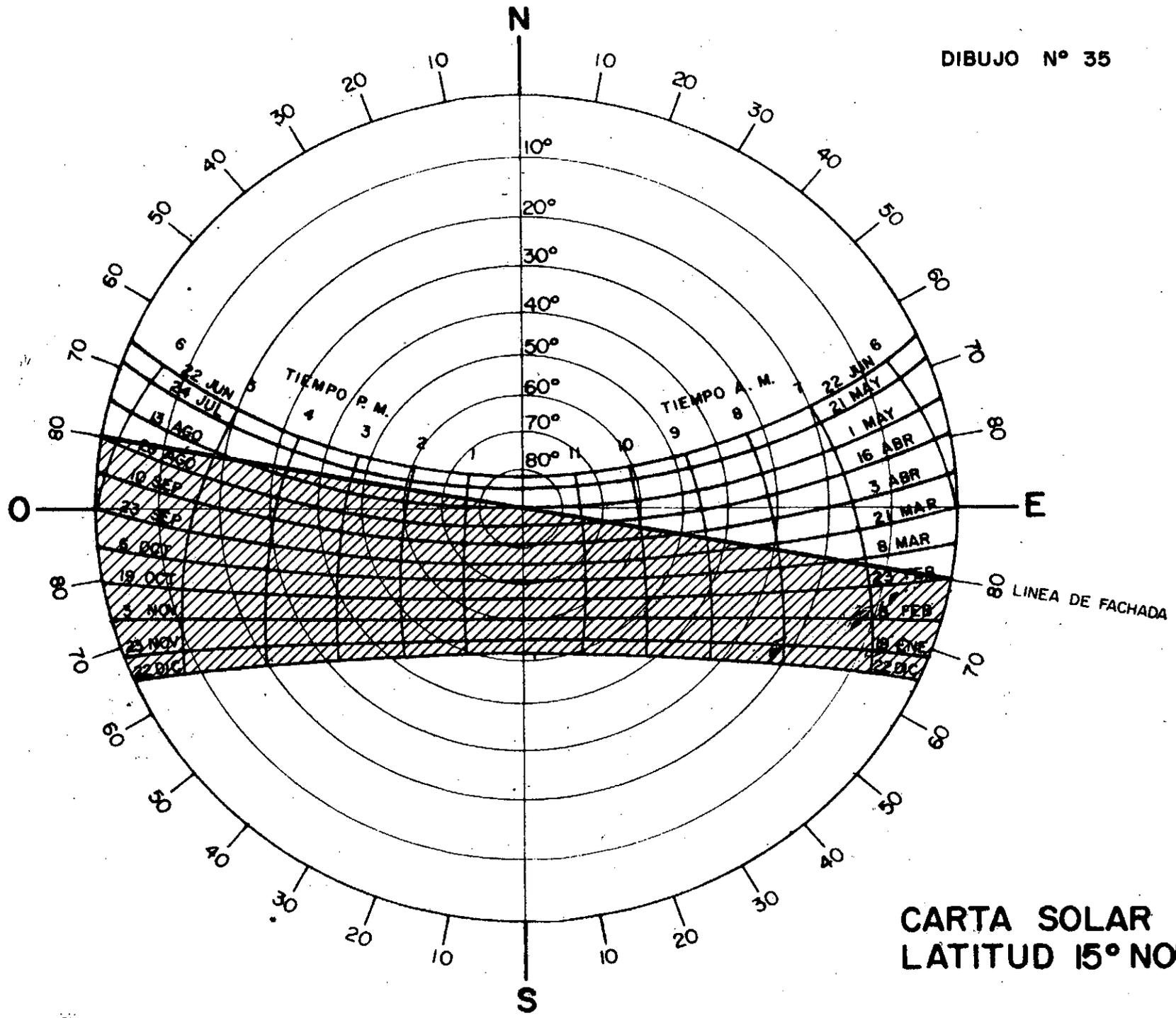
En el ejemplo: Véase los dibujos Nos. 35 y 36.

El área no ashurada, indica las fechas y horas en que los rayos solares inciden directamente sobre el frente de la fachada, por lo que en base a ella se hará el estudio

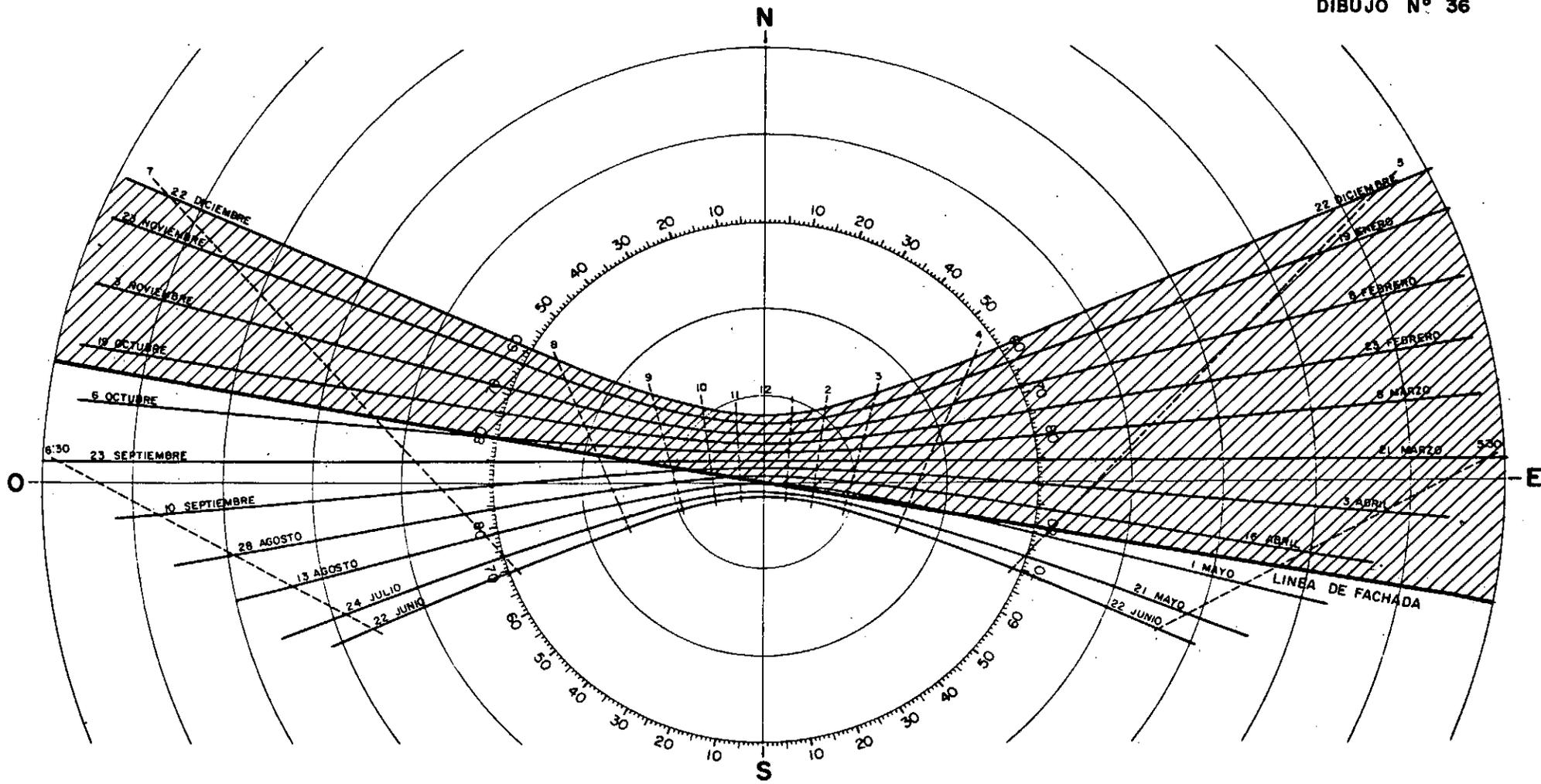
Nótese que el área ashurada está al lado contrario en las dos gráficas, precisamente porque una es representación de trayectoria de sol y la otra, de trayectoria de sombra.

3. Se localizan las fechas y horas críticas. Fechas y horas críticas son aquellas, que al hacer el estudio de soleamiento en base a ellas, asegura que todas las demás estarán controladas en dicho aspecto.

En el ejemplo se tomarán en cuenta únicamente, las horas comprendidas entre las 8 de la mañana y las 5:30 de la tarde. Si bien es cierto, la jornada de trabajo para ese edificio termina a las 3:30 P.M., se evitará que penetren los rayos solares por 2 horas más por la razón, que algunos empleados se queden en el edificio trabajando horas extras y el sol directo a esas horas es bastante molesto.



CARTA SOLAR  
LATITUD 15° NORTE



+++++  
SUBDIVISION DE UNA UNIDAD DE MEDIDA

← MAÑANA | TARDE →

GRAFICA DE TRAYECTORIA DE SOMBRA  
LATITUD 15° NORTE

Se hará el cálculo de ángulos de incidencia para las siguientes fechas y horas:

21 Marzo	a las 8	A.M.	—	a
16 Abril	a las 8	A.M.	—	b
22 Junio	a las 8	A.M.	—	c
22 Junio	a las 11	A.M.	—	d
22 Junio	a las 2	P.M.	—	e
22 Junio	a las 5:30	P.M.	—	f
13 Agosto	a las 5:30	P.M.	—	g

Se hará el cálculo en base a estas fechas y horas ya que con ellas se controlan la totalidad de los ángulos horizontales, y al ser las de menor altitud, lógicamente todas las demás estarán controladas.

4. Se dibujan sobre la planta y sección los rayos solares escogidos en el inciso 3, utilizando cualquiera de los dos métodos descritos anteriormente. Estos rayos definirán las áreas de luz y sombra dentro del ambiente.

Ejemplo: En el dibujo No. 37, el área en sombra está ashurada.

5. Dibujados los rayos solares y las áreas de luz y sombra, tanto en planta como en sección, se procede a la localización de parteluces que cubran esas áreas. No es necesario que se escriba el valor de los ángulos para cada rayo, ya que si éstos están dibujados con sus inclinaciones correctas y la representación del ambiente está a escala, el cálculo se puede hacer sin ningún problema. A partir de este momento, el diseñador puede hacer su cálculo usando el procedimiento que considere más conveniente. Una forma fácil de hacerlo, es utilizando un papel calcó cualquiera que sea transparente sobre el dibujo, y auxiliándose con escuadra se trabaja simultáneamente en planta y en sección.

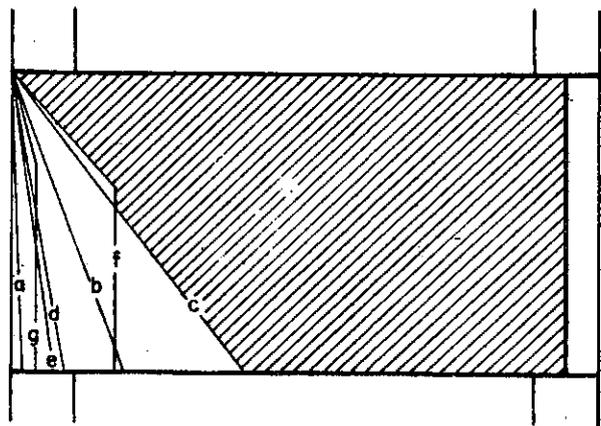
Quedará a criterio del Arquitecto, la forma, posición y localización de los parteluces, tomando en cuenta la belleza, economía y material de los mismos. En el ejemplo: Se trató de llegar a una solución muy sencilla, utilizando exclusivamente los parteluces necesarios y sin ningún adorno adicional, que pudiera hacer difícil el comprender la función de cada uno de ellos.

Se identificará a los parteluces con una letra mayúscula, según la función que cumplan dentro del diseño.

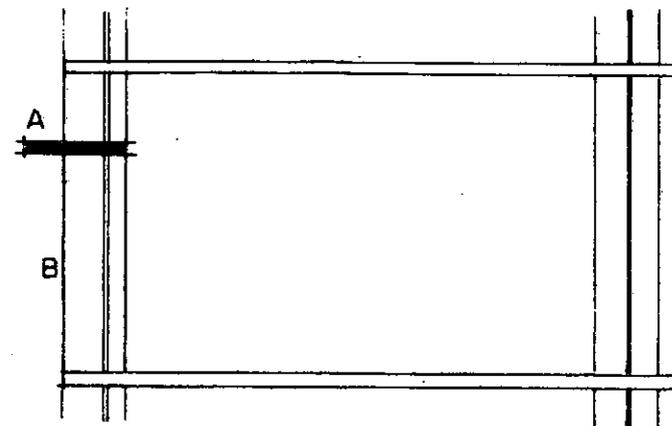
El parteluz "A" está colocado en una posición horizontal y su función es la de interceptar los rayos a, g, e, d y los de las horas intermedias. Estos rayos son fáciles de controlar por un parteluz como éste, ya que sus altitudes son bastante altas.

Este parteluz está colocado y dimensionado, de tal forma, que evite que penetren los rayos solares a partir de las 8 A.M., permitiendo el paso dentro del ambiente de luz solar directa antes de esa hora.

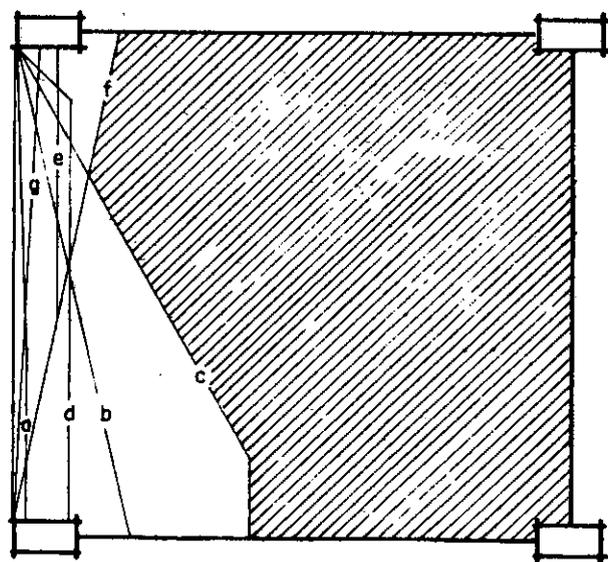
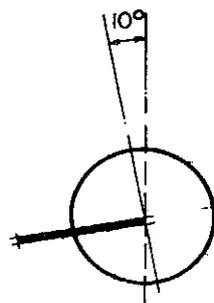
Los parteluces "B" están colocados verticalmente y son los que interceptan los rayos b, f, c y horas intermedias. Estos rayos son más fáciles de cubrir con parteluces de este tipo, por la razón de que el ángulo horizontal, con respecto a la fachada con que penetran dentro del ambiente, es pequeño (Ver dibujo No. 37).



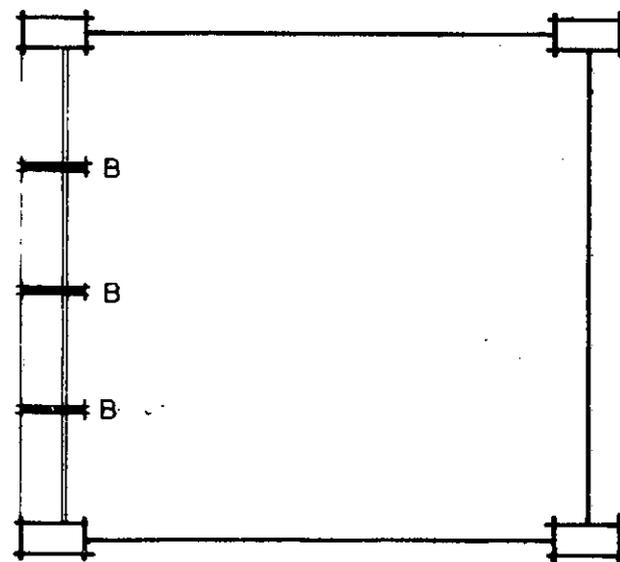
SECCION



SECCION



PLANTA



PLANTA

**ESTUDIO**

ESCALA 1/75

**SOLUCION**

ESCALA 1/75

## CONCLUSIONES:

Al principio de este trabajo se hizo saber que no podían ser incluidos en el mismo, todos los aspectos que abarcan el control ambiental dentro de la Arquitectura, por motivo de que, siendo tan extenso el tema, era muy difícil tratarlo en su totalidad; es así que lo único que se pretende es presentar algunos aspectos de esta disciplina, que el autor de esta tesis, consideró de los más importantes; y que sirva, al mismo tiempo, como un pequeño incentivo para que en el futuro se le dé la importancia debida a la enseñanza y aplicación de los conocimientos del control ambiental.

La Arquitectura en Guatemala, hasta la fecha, ha sido deficiente en lo que se refiere a protección ambiental, no obstante que existen medios al alcance del arquitecto, con los cuales puede afrontar dicho problema. La falta de aplicación de estos conocimientos en Guatemala, es debido a que, a pesar de que éstos son conocidos y aplicados en otros países, desde hace muchos años, hasta hace poco tiempo no existía divulgación suficiente de los mismos en el medio profesional, tal es así, que bibliografía que trate este tema, es casi inexistente en nuestro medio.

Afortunadamente, la Facultad de Arquitectura, bajo su nueva administración; creó un nuevo curso específico del tema, lo que necesariamente traerá beneficios a la Arquitectura guatemalteca.

Por ser el clima de Guatemala, bastante benigno, la falta de este estudio en una forma científica en el diseño de edificios, se ha hecho notoria pero no insostenible; a pesar de ello, es obligación de todo arquitecto, procurar que todo edificio diseñado por él, conlleve la máxima confortabilidad que sea posible.

Al presentar en este trabajo las gráficas: Carta Solar y Gráfica de Trayectorias de sombra, se expuso también el procedimiento que se sigue para llegar a la construcción de las

mismas. Se creyó necesario hacer ésto por las siguientes razones:

Primero: Porque al ser escasa la bibliografía, es también difícil encontrar gráficas elaboradas, y mucho más, gráficas adaptadas a la latitud deseada; en cambio, si se cuenta con las fórmulas necesarias, la persona que esté interesada, puede construir la que desee.

Segundo: Porque la teoría básica para la construcción de estas gráficas, es presentada en forma clara y elemental, y así cualquier estudioso interesado, puede conocer la base geométrica y cinemática que las originó.

En cualquier diseño arquitectónico, es importante contar con la gráfica de Zona de Confort del lugar en donde va a estar localizado el edificio; la importancia de ésto radica en que ésta sirve como una guía indispensable para ayudar a decidir muchos aspectos, como son:

- Orientación del edificio
- Los materiales a usar
- Posición y tipo de parteluces
- Etc.

Es tal la importancia de estas gráficas, que sería conveniente que existieran en forma  
las personas que estén interesadas, en las mismas.

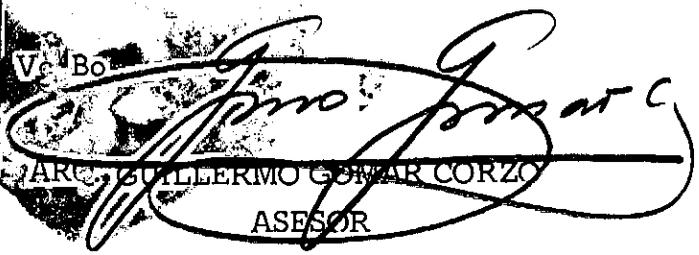
**BIBLIOGRAFIA:**

1.    Astronomía Esférica  
      Miguel Langredo
2.    Building in the Tropics  
      Georg D. Lippsmeier  
      Callwey München
3.    El control del Soleamiento  
      Estudio de la Compañía Saint-Gobain. París
4.    Design with Climate  
      Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism  
      by Victor Olgay
5.    Folleto publicado por  
      University College London School of Enviromental Studies

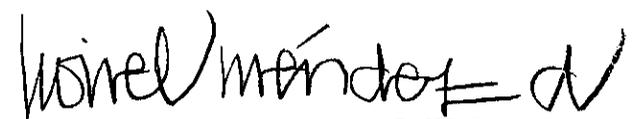
**OTRAS FUENTES DE CONSULTA**

6.    Entrevistas y consultas personales...

  
SERGIO ENRIQUE GARCIA SALAZAR

  
V. Bo.  
ARQ. GUILLERMO CESAR CORZO  
ASESOR

IMPRIMASE:

  
ARQ. LIONEL MENDEZ DAVILA  
DECANO

PROPIEDAD DE LA BIBLIOTECA CENTRAL DE GUATEMALA  
Biblioteca Central