



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DE COORDENADAS GEOGRAFICAS:
LATITUD, LONGITUD, AZIMUT, CALCULADOS POR
COMPUTADORA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A

ALMA ROSA PADILLA PILOTZE

MEXICO, D. F.

1979

141
3



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL

ALMA

A la Pasante Sra. ALMA ROSA PADILLA PILOTZE,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Profesor Ing. Carlos Cañón Amaro, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero TOPOGRAFO Y GEOMETISTA.

"DETERMINACION DE COORDENADAS GEOGRAFICAS: LATITUD, LONGITUD, AZIMUT, CALCULADOS POR COMPUTADORA"

Introducción

- I. Dedución de las ecuaciones
- II. Trabajo de campo
- III. Elaboración de los cálculos

Conclusiones

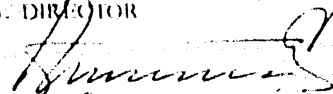
Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, 14 de agosto de 1979

EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPIRIDION

I N D I C E

INTRODUCCION	1
I. DEDUCCION DE LAS ECUACIONES	
a) Definición de Coordenadas Geográficas	4
b) Dedución de las Fórmulas Básicas	20
c) Dedución de las Fórmulas para el Cálculo de Latitud, Longitud y Azimut	29
II. TRABAJO DE CAMPO	
a) Descripción del Teodolito	39
b) Operaciones de Campo	46
III. ELABORACION DE LOS CALCULOS	
a) Determinación de la Latitud por el Método Dos Posiciones de Sol (Alturas absolutas) Cálculo Tradicional	53
b) Cálculo de Azimut del Sol y Angulo Horario	66
c) Cálculo de Latitud, Azimut del Sol y Angulo Horario por Computadora, Observaciones por Dos Posiciones de Sol	71
d) Cálculo de la Longitud y Azimut de la Línea	88
e) Cálculo de la Latitud por el Método Paso Meridiano	97
CONCLUSIONES	102
BIBLIOGRAFIA	106

INTRODUCCION

Para la determinación de Latitud (Longitud y Azimut) existen diversos métodos, nosotros nos concretamos a ver dos de éstos, el de los meridianos y el método por dos posiciones de Sol (por medio del cual podemos calcular Longitud y Azimut). El primero no presenta mucha dificultad en cuanto al cálculo ya que la fórmula es sumamente sencilla, el segundo es uno de los métodos más usuales aunque el cálculo no es tan sencillo como el primero.

Estos métodos son de tercer orden, es decir que la aproximación que nos dan es de 30 segundos; es conveniente usarlos en trabajos topográficos del mismo orden, cuando la aproximación que se requiere no es mayor de treinta segundos. se puede aumentar la precisión, aumentando el número de observaciones, a mayor número de observaciones mayor precisión.

La determinación de las coordenadas Geográficas es con el único fin de poder utilizarlas como datos en el cálculo del Azimut de una línea, o a menos que no se requiera mucha precisión en las coordenadas geográficas también se pueden utilizar.

Para realizar estas observaciones, se requiere de un tránsito, éste puede ser de un minuto de aproximación, en nuestro caso se hizo con un tránsito Wild T-2 que nos da aproximación de un segundo.

El método de dos posiciones de Sol se utiliza en topografía de minas, para determinar la ubicación de los lotes mineros; es requisito

perisial que se presenta ante la Dirección General de Minas, para el otorgamiento de una concesión, que el informe vaya acompañado de una orientación astronómica con la cual se puede determinar la meridiana astronómica, basada en ésta se da rumbos a las visuales a partir del punto de partida o en su caso de la mojonera de localización. Artículo 90 y 94 de la Ley Minera.

En la Secretaría de la Reforma Agraria, también es utilizado este método y se requiere para cualquier asunto legal, como en la expropiación de tierras para obras públicas u obras hidráulicas o donaciones de tierras a ejidatarios, etc.

Estos deslindes de tierra deben estar apoyados en una observación astronómica, para dar la verdadera orientación a uno de los lados de la poligonal de apoyo.

La Comisión para la Regularización de la Tierra, hace uso de este método junto con observaciones a la polar cuando quiere más precisión, y otras dependencias más también la utilizan.

En vista de la gran utilidad que presentan estas observaciones se trata de encontrar un método más práctico para efectuar los cálculos de gabinete, que como ya se dijo anteriormente son bastante laboriosos.

Hoy en día contamos con una gran ayuda para resolver estos cálculos, esta gran ayuda es la computadora que en sí es uno de los avances tecnológicos más desarrollados en el campo de la Ingeniería, como

en el de la medicina, en la estadística, en la investigación y en tantos y tantos campos, si no es que en todos, pues bien nosotros podemos echar mano de ese gran avance y resolver problemas que llevarían bastante más tiempo resolverlos con los métodos tradicionales.

Debemos entender que en sí, la computadora no hace el trabajo sola, requiere de una persona que le indique que es lo que quiere que haga, que cálculos elaborar, como llevarlos a cabo y bajo que condiciones. Tenemos entonces que adentrarnos al problema, el cual queremos resolver utilizando como herramienta la computadora.

Estos cálculos también se pueden efectuar con una buena calculadora de bolsillo, que contenga las funciones elementales para efectuarse el cálculo claro que es más tardado que con la computadora, pero más rápidos que los que se resuelvan por medio de logaritmos y tablas trigonométricas.

Por nuestra parte se verán los 2 últimos métodos: el cálculo por medio de una calculadora y por una computadora.

I DEDUCCION DE LAS ECUACIONES

a) DEFINICION DE COORDENADAS GEOGRAFICAS

Latitud Geográfica.

El ángulo formado por la vertical del lugar, con su proyección sobre el Ecuador, se llama latitud geográfica.. Este ángulo es igual - al formado por la línea de los polos con el horizonte del lugar y se - mide de 0 a 90 grados hacia el Norte o hacia el Sur. Fig. 1.

Considerando a la tierra como un punto en el centro de la bóveda celeste y confundamos el Ecuador Terrestre con el Ecuador Celeste, la Latitud Astronómica (igual a la Latitud Geográfica) será igual al - ángulo formado por la línea Zenit Nadir con el Ecuador, o lo que es lo mismo igual a la declinación del Zenit o altura del Polo Celeste sobre el horizonte del lugar. Fig. 2.

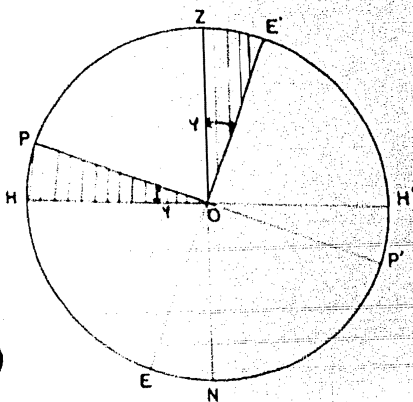


Fig 1

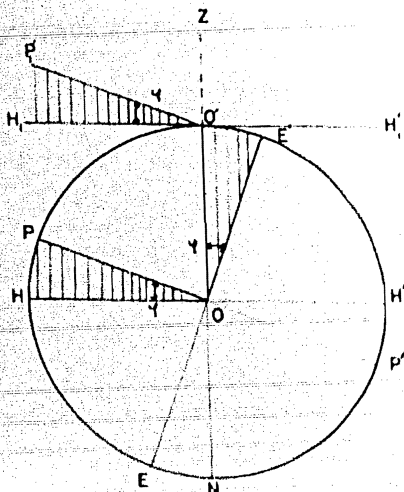
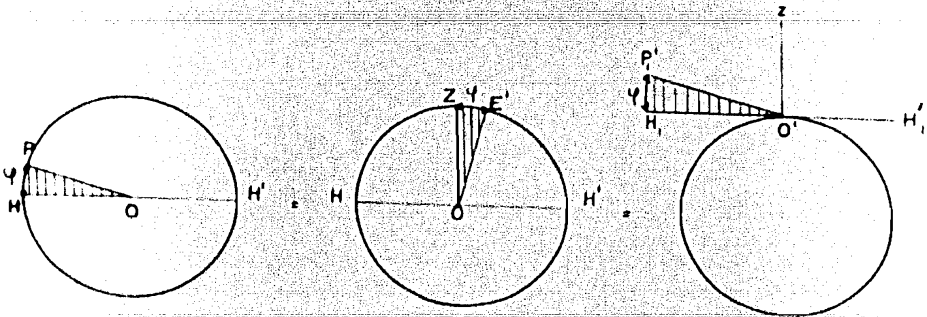


Fig 2

- φ Latitud Geográfica
- HH' Círculo Máximo Horizontal
- PP' Eje Polar Terrestre
- EE' Ecuador Terrestre
- Z Zenit
- N Nadir
- O Centro Terrestre
- H_1H_1' Horizonte del Observador
- $O'P_1'$ Dirección del Eje Polar Celestre
- O' Observador.
- H_1H_1' Es paralela a HH' y $O'P_1'$ Es paralela a OP ; Por lo tanto:



Longitud Geográfica.

Es el ángulo diedro formado por dos meridianos terrestres en grados de circunferencia, generalmente uno de estos meridianos es el que pasa por Greenwich, por convención y el otro por el lugar del cual se quiere determinar su longitud.

Este ángulo se mide generalmente de 0 a 360 grados hacia el Oeste, o bien de 0 a 24 horas.

Si consideramos que la tierra efectúa su movimiento de rotación en 24 horas, lo que equivale a los 360 grados que tiene la circunferencia de la tierra, entonces tenemos que a cada hora le corresponde 15 grados de circunferencia (360 divididos entre 24), a cada minuto de hora le corresponden 15 minutos de arco y a un segundo de hora le corresponde 15 segundos de arco.

Como se mencionó anteriormente el meridiano origen es el meridiano de Greenwich, por lo que la longitud de un lugar es el ángulo formado por el meridiano local con el de Greenwich, o también es la diferencia de horas entre Greenwich y el punto considerado. Esta diferencia puede ser en tiempo solar o tiempo siderio.

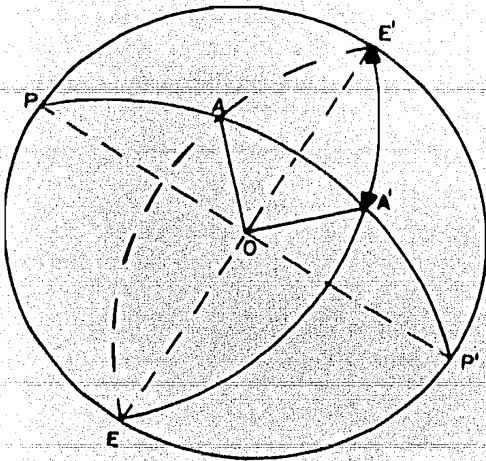
PP' Eje Polar Terrestre

EE' Ecuador Terrestre

O Centro Terrestre

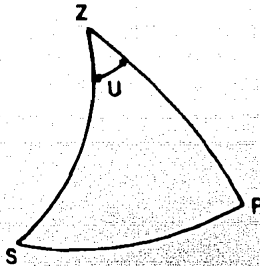
PEP' Meridiano Origen

$E'A'$ Longitud del Lugar



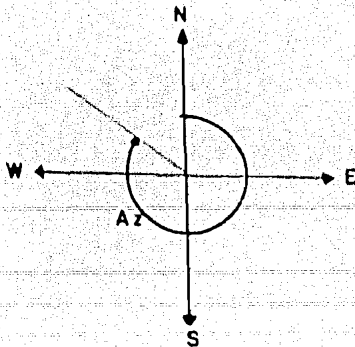
Azimut de un Astro

El ángulo formado por el meridiano del lugar y el círculo vertical que contiene el astro se llama Azimut del Astro.



Azimut de una Dirección.

Es el ángulo Diedro formado por el plano meridiano que pasa por el lugar y el plano vertical que contiene la dirección, es igual también al ángulo formado por la meridiana y la línea considerada.



Para poder determinar el Azimut de una línea considerada, se hace necesario: primero determinar el Azimut del Astro en uno de los extremos de la línea.

Segundo, medir el ángulo horizontal formado por la dirección de la línea y el astro observado.

La determinación de Azimut de la línea depende de varios factores, los cuales se estudian a continuación:

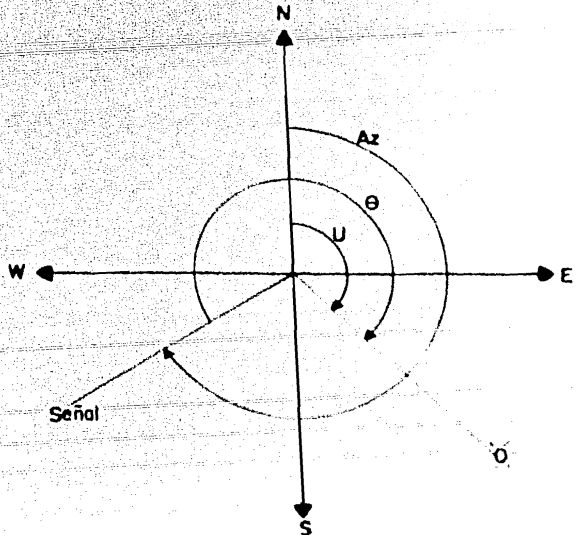
Observaciones por la mañana, Azimut de la señal mayor que el Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la derecha.

θ = Angulo señal-Sol

U = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$$Az = U + (360 - \theta)$$



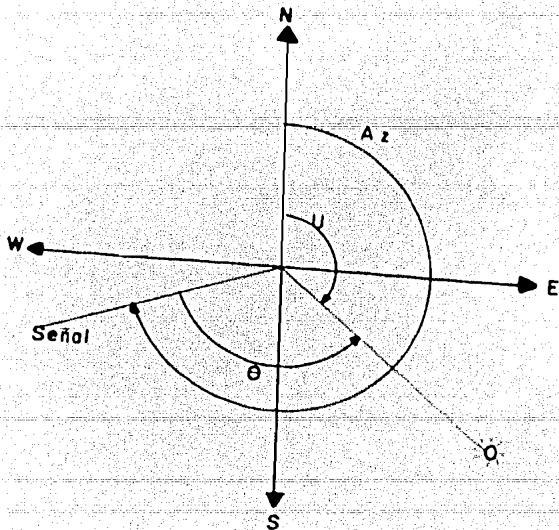
Observaciones por la mañana, Azimut de la señal mayor que el -
Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la izquierda.

θ = Angulo señal-Sol

U = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$$Az = U + \theta$$



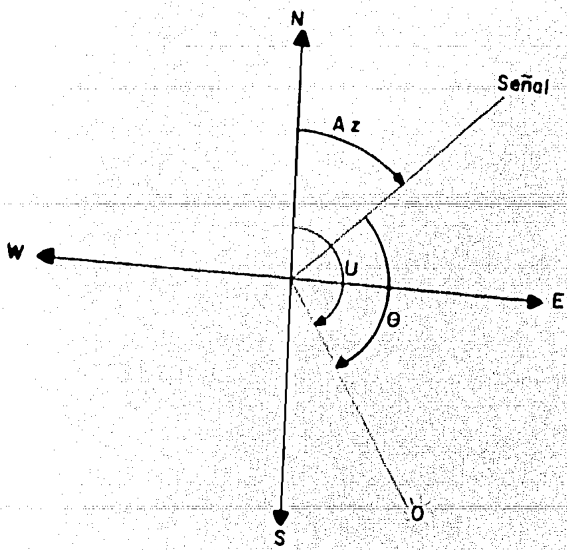
Observaciones por la mañana, Azimut de la señal menor que el Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la derecha.

θ = Angulo señal-Sol

U = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$Az = U - \theta$



Observaciones por la mañana. Azimut de la señal menor que el -
Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la izquierda.

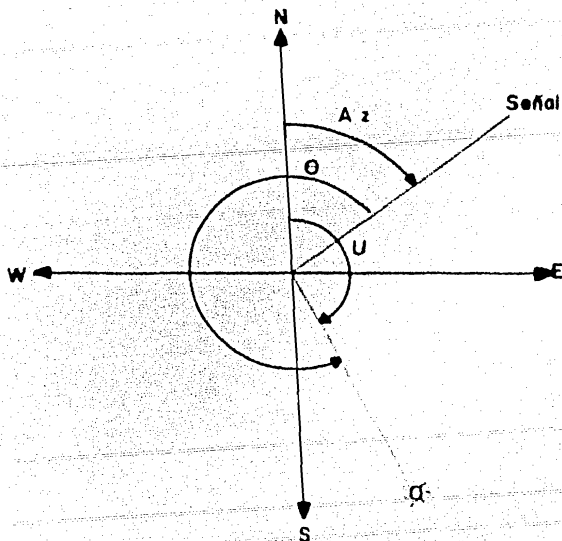
θ = Angulo señal-Sol

U = Azimut del Sol

Az = Azimut de la línea

Az = U - (360 - θ)

Az = U - 360 + θ



Cuando las observaciones se efectúan por la tarde el Azimut del Sol (U) está contando a partir del Norte, pero en sentido contrario a las manecillas del reloj. En realidad el Azimut vendría a ser $360-U$.

Observaciones por la tarde. Azimut de la señal mayor que el Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la derecha.

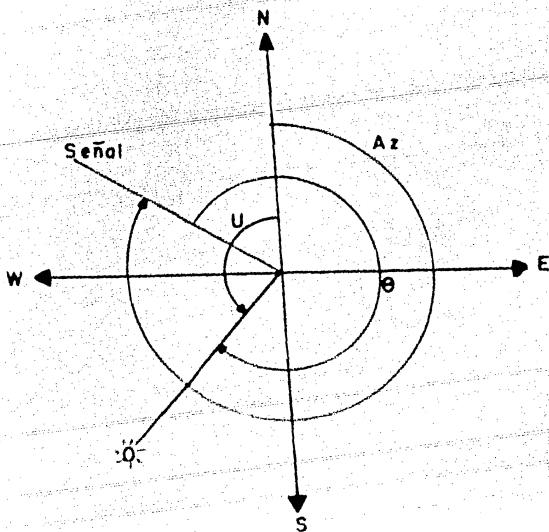
θ = Angulo señal-Sol

$360 - U$ = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$Az = (360 - U) + (360 - \theta)$

$Az = 360 - U + 360 - \theta$



Observaciones por la tarde, Azimut de la señal mayor que el Azimut de Sol, ángulo señal-Sol a la izquierda.

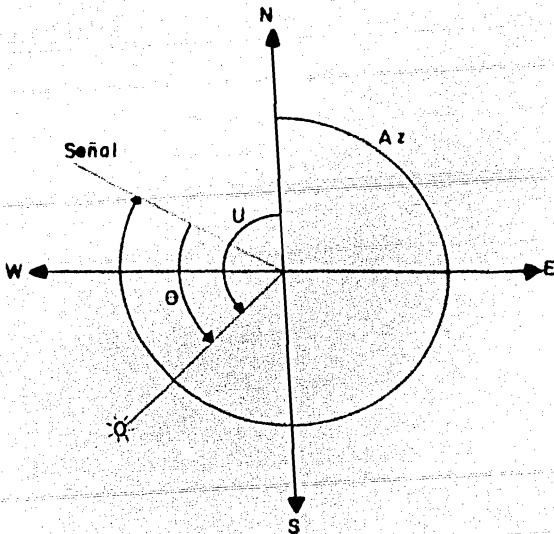
θ = Angulo señal-Sol

$360 - U$ = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$Az = (360 - U) + \theta$

$$Az = 360 - U + \theta$$



Observaciones por la tarde. Azimut de la señal menor que el -
Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la derecha.

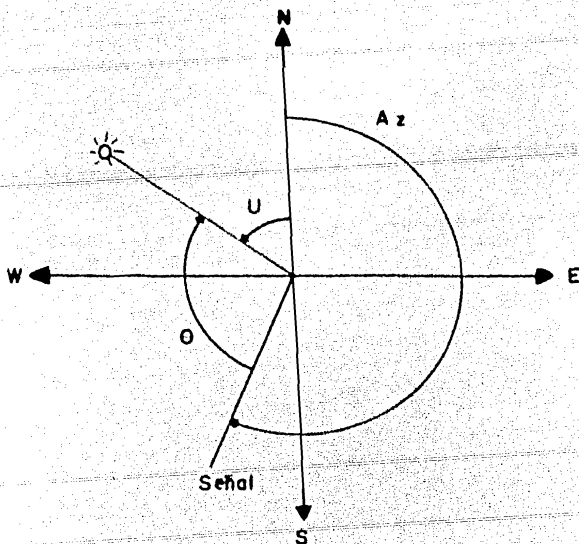
θ = Angulo señal-Sol

$360 - U$ = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$Az = (360 - U) - \theta$

$$Az = 360 - U - \theta$$



Observaciones por la tarde, Azimut de señal menor que el Azimut del Sol, ángulo señal-Sol a la izquierda.

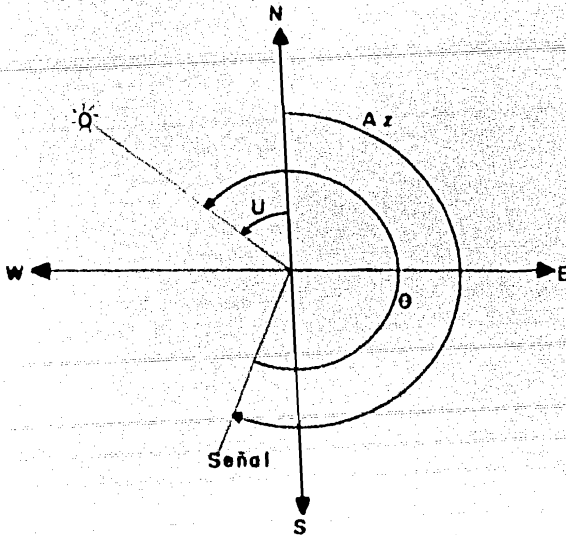
θ = Angulo señal-Sol

$360 - U$ = Azimut del Sol

Az = Azimut de la señal

$$Az = (360 - U) - (360 - \theta)$$

$$Az = 360 - U - 360 + \theta$$



Resumiendo todas las fórmulas tendremos:

$$Az = U + 360 - \theta$$

$$Az = U + \theta$$

$$Az = U - \theta$$

$$Az = U - 360 + \theta$$

$$Az = 360 - U + 360 - \theta$$

$$Az = 360 - U + \theta$$

$$Az = 360 - U - \theta$$

$$Az = 360 - U - 360 + \theta$$

Si de estas fórmulas escogemos las que el ángulo señal-Sol fue tomado a la derecha.

Por la mañana:

$$Az = U + 360 - \theta \text{ ----- } 1$$

$$Az = U - \theta \text{ ----- } 2$$

Por la tarde:

$$Az = 360 - U + 360 - \theta \text{ ----- } 3$$

$$Az = 360 - U - \theta \text{ ----- } 4$$

Notamos que la número 1 y la número 2, como la número 3 y la número 4, difieren sólo en +360 si se los sumamos a la 2 y la 4 no nos afecta en nada, ya que es un círculo completo, ésto con el fin de te-

ner sólo dos fórmulas, una para la mañana y otra para en la tarde, siempre y cuando los ángulos hallan sido tomados a la derecha.

Mañana:

$$Az = U + 360 - \theta$$

Tarde:

$$Az = 360 - U + 360 - \theta$$

Si ahora observamos las fórmulas restantes en las que el ángulo señala-Sol fue tomado a la izquierda tenemos:

Por la mañana:

$$Az = U + \theta \text{ ----- } 1$$

$$Az = U - 360 + \theta \text{ ----- } 2$$

Por la tarde:

$$Az = 360 - U + \theta \text{ ----- } 3$$

$$Az = 360 - U - 360 + \theta \text{ ----- } 4$$

Nuevamente notamos que la número 1 con la número 2, como la -
número 3 con la número 4 difieren sólo en -360, si se los restamos
a la número 1 y a la número 3 tendremos:

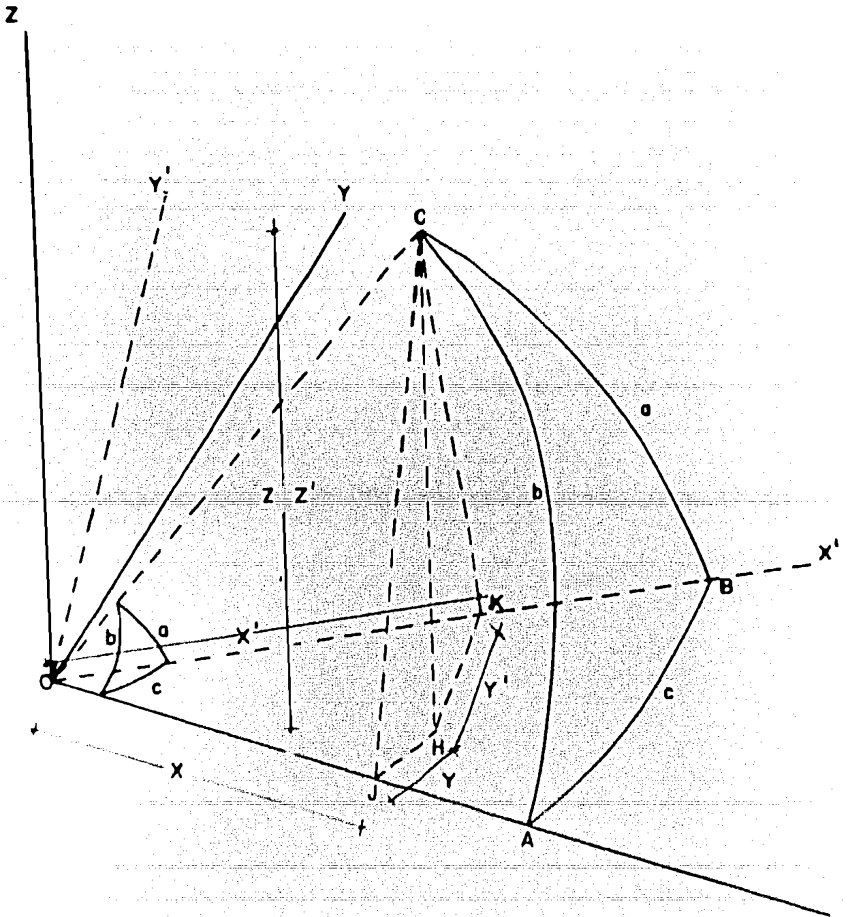
Mañana;

$$A_2 = U - 360 + \theta$$

Tarde:

$$A_2 = 360 - U - 360 + \theta$$

b). DEDUCCION DE LAS FORMULAS BASICAS, PARTIENDO DE LA SIGUIENTE FIGURA:



Partiendo de:

Ejes de coordenadas rectangulares:

OX = Eje X

OY = Eje Y

OZ = Eje Z

Tenemos el triángulo esférico ABC, sobre la superficie de una esfera de radio unitario con centro en el punto O, por lo cual tenemos:

$$\overline{OA} = 1$$

$$\overline{OB} = 1$$

$$\overline{OC} = 1$$

$$\text{Cos} = \frac{\text{Cateto Adyacente}}{\text{Hipotenusa}}, \quad \text{Sen} = \frac{\text{Cateto Opuesto}}{\text{Hipotenusa}}$$

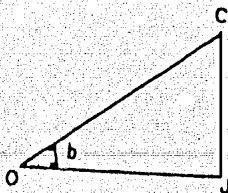
Del triángulo OJC (1)

$$\text{Cos } b = \frac{OJ}{OC}$$

$$OC \text{ cos } b = OJ$$

Como OC = 1, OJ = X sustituyendo

$$\text{Cos } b = X \text{ ----- } 1$$



Triángulo

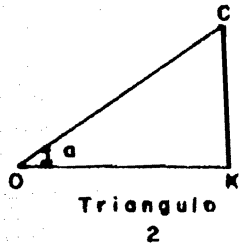
Del triángulo OCK (2)

$$\cos a = \frac{OK}{OC}$$

$$OC \cos a = OK$$

Como $OC = 1$, y $OK = X'$ sustituyendo

$$\cos a = X' \text{----- II}$$



Del triángulo CJH (3)

$$\cos A = \frac{JH}{JC}$$

$$JC \cos A = JH$$

Del triángulo I

$$OC \sin b = CJ$$

$$\text{Como } OC = 1$$

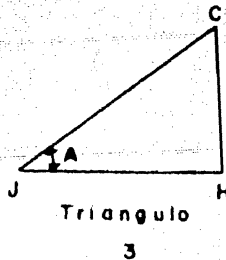
$$\sin b = CJ$$

Sustituyendo en

$$JC \cos A = JH$$

$\sin b \cos A = JH$, y como $JH = Y$, entonces

$$\sin b \cos A = Y \text{----- III}$$



Del triángulo CKH (4)

$$\cos B = \frac{KH}{KC}$$

$$CK \cos B = HK$$

Del Triángulo 2,

$$\operatorname{Sen} a = \frac{CK}{OC}, \text{ como } OC = 1$$

$$\operatorname{Sen} a = CK$$

Sustituyendo en

$CK \cos B = HK$ y como $HK = Y$, entonces

$$\operatorname{Sen} a \cos B = Y \quad \text{----- IV}$$

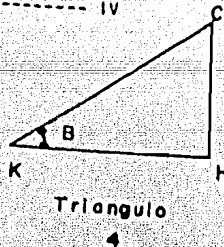
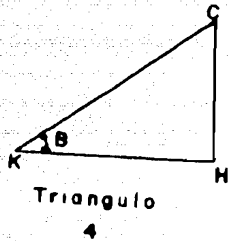
Del triángulo CKH (4)

$$\operatorname{Sen} B = \frac{CH}{KC}$$

$$KC \operatorname{Sen} B = CH$$

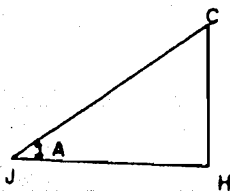
Como ya sabemos del triángulo 2, $KC = \operatorname{Sen} a$ y $CH = Z$, sustituyendo,

$$\operatorname{Sen} a \operatorname{Sen} B = Z \quad \text{----- V}$$



Del triángulo CJH (3)

$$\text{Sen } A = \frac{CH}{JC}$$



Triangulo
3

$$JC \text{ Sen } A = CH$$

Como sabemos del triángulo I, $JC = \text{Sen } b$, y $CH = z$ sustituyendo.

$$\text{Sen } b \text{ Sen } A = z \text{ ----- VI}$$

Igualando V y VI obtenemos.

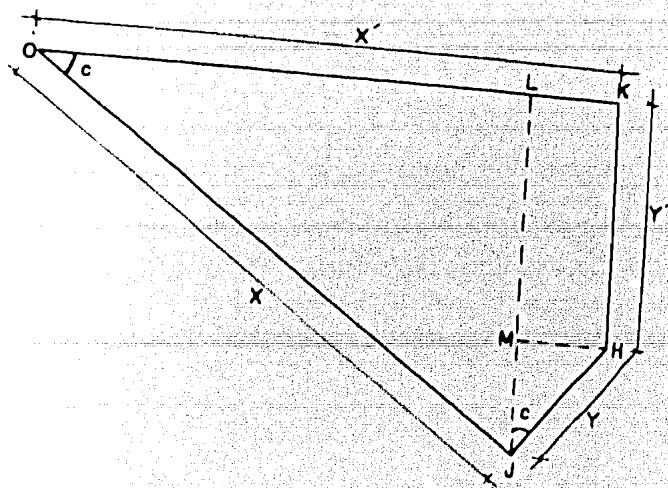
$$\text{Sen } a \text{ Sen } B = \text{Sen } b \text{ Sen } A$$

$$\frac{\text{Sen } a}{\text{Sen } A} = \frac{\text{Sen } b}{\text{Sen } B}$$

Por analogía

$$\boxed{\frac{\text{Sen } a}{\text{Sen } A} = \frac{\text{Sen } b}{\text{Sen } B} = \frac{\text{Sen } c}{\text{Sen } C}}$$

Girando ahora los planos ZX' y ZX alrededor del eje Z un ángulo α y viéndolo en planta.



Del triángulo JOL (5)

$$\cos c = \frac{OL}{OJ}$$

$$OJ \cos c = OL$$

Sustituyendo en $OK = OL + LK$

$$OK = OJ \cos c + LK$$

Como $OK = X'$ y $OJ = X$ sustituyendo en la ecuación anterior

$$X' = X \cos c + LK$$

Ahora determinemos LK que es igual a MH

Del triángulo HJM (6)

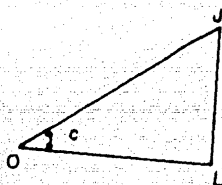
$$\sin c = \frac{MH}{JH}$$

$$JH \sin c = MH$$

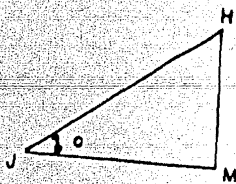
Como $JH = Y$ y $MH = LK$ sustituyendo en la ecuación anterior.

$Y \sin c = LK$ sustituyendo en a

$$X' = X \cos c + Y \sin c$$



Triángulo
5



Triángulo
6

De la figura

$$KH = LJ - MJ \quad \text{Determinemos } LJ$$

Del triángulo JOL (5)

$$\text{Sen } c = \frac{LJ}{OJ}$$

$LJ = OJ \text{ Sen } c$ y como $OJ = X$ tenemos

$$LJ = X \text{ Sen } c$$

Ahora determinemos MJ

Del triángulo (6)

$$\text{Cos } c = \frac{MJ}{JH}$$

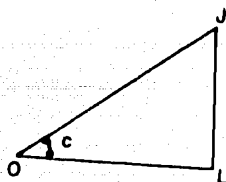
$MJ = JH \text{ Cos } c$ y como $JH = Y$ tenemos

$MJ = Y \text{ Cos } c$ sustituyendo LJ y MJ en

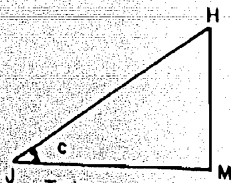
$$KH = LJ - MJ$$

$KH = X \text{ Sen } c - Y \text{ Cos } c$ como $KH = Y'$ tenemos,

$$Y' = X \text{ Sen } c - Y \text{ Cos } c$$



Triángulo
5



Triángulo
6

Sustituyendo en la ecuación VII las ecuaciones I, II, III

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

----- 2

Sustituyendo en la ecuación VIII las ecuaciones I, III, IV

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \cos c \sin b \cos A$$

----- 3

c). DEDUCCION DE LAS FORMULAS PARA EL CALCULO DE LATITUD,
LONGITUD Y AZIMUT.

Apartir de las tres fórmulas anteriores, que son las fórmulas -
fundamentales de la trigonometría esférica, podemos deducir las fórmu-
las para la determinación de la Latitud.

Para la determinación de la Latitud existen varios métodos, en -
primer lugar vamos a estudiar la determinación de la Latitud por medio
de observaciones de Sol en dos posiciones.

Partiendo del triángulo Astronómico ZSP, donde:

P = Polo boreal

S = Sol

Z = Senit

U = Azimut del Sol

Q = Angulo Paraláctico

h = Angulo Horario

z = Distancia Zenital = $90 - A$

ψ = Latitud del Lugar

δ = Declinación del Sol

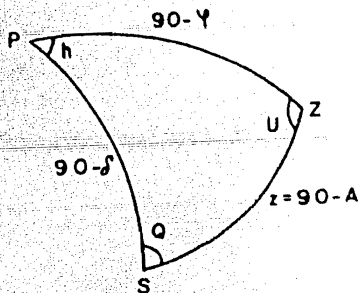
A = Altura del Sol

Por la ley de los cosenos:

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

Aplicando esta fórmula al triángulo ZSP tenemos:

$$\cos (90 - \delta) = \cos (90 - \psi) \cos (90 - A) + \sin (90 - \psi) \sin (90 - A) \cos$$



Sabemos por la trigonometría que:

$$\cos(90 - a) = \sin a$$

$$\sin(90 - a) = \cos a \quad \text{por lo tanto:}$$

$$\boxed{\sin \delta' = \sin \psi \sin A + \cos \psi \cos A \cos U} \quad \text{----- 1}$$

$$\cos(90 - A) = \cos(90 - \delta') \cos(90 - \psi) + \sin(90 - \delta') \sin(90 - \psi) \cos h$$

Por lo tanto haciendo lo mismo que en la ecuación anterior:

$$\boxed{\sin A = \sin \delta' \sin \psi + \cos \delta' \cos \psi \cos h} \quad \text{----- 2}$$

Por la ley de los senos:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b}$$

Aplicándola en el triángulo ZSP

$$\frac{\sin h}{\sin(90 - A)} = \frac{\sin U}{\sin(90 - \delta')} \quad \text{Por lo tanto} \quad \frac{\sin h}{\cos A} = \frac{\sin U}{\cos \delta'}$$

Cuando h es positivo U es negativo tendremos:

$$\frac{\sin h}{\cos A} = \frac{-\sin U}{\cos \delta'} \quad \text{Despejando h}$$

$$\boxed{\sin h = \frac{-\sin U}{\cos \delta'} \cos A} \quad \text{----- 3}$$

Diferenciando la ecuación 1 con respecto a U y A

$$\text{Sen } S = \text{sen } \psi \text{ sen } A + \text{cos } \psi \text{ cos } A \text{ cos } U$$

$$0 = \text{sen } \psi \text{ cos } A \text{ d } A + \text{cos } \psi \text{ cos } U (-\text{sen } A) \text{ d } A + \text{cos } \psi \text{ cos } A (-\text{sen } U) \text{ d } U$$

Multiplicando por menos uno

$$0 = -\text{sen } \psi \text{ cos } A \text{ d } A - (\text{cos } \psi \text{ cos } U (-\text{sen } A) \text{ d } A) - (\text{cos } \psi \text{ cos } A (-\text{sen } U) \text{ d } U)$$

$$\boxed{\text{sen } \psi \text{ cos } A \text{ d } A = \text{cos } \psi \text{ cos } U \text{ sen } A \text{ d } A + \text{cos } \psi \text{ cos } A \text{ sen } U \text{ d } U} \quad \text{----- 4}$$

Diferenciando 2 con respecto a h y A

$$\text{sen } A = \text{Sen } S \text{ sen } \psi + \text{cos } S \text{ cos } \psi \text{ cos } h$$

$$\text{cos } A \text{ d } A = 0 + \text{cos } S \text{ cos } \psi (-\text{sen } h) \text{ dh}$$

$$\boxed{\text{cos } A \text{ d } A = -\text{cos } S \text{ cos } \psi \text{ sen } h \text{ dh}} \quad \text{----- 5}$$

Sustituyendo 3 en 5

$$\text{cos } A \text{ d } A = -\text{cos } S \text{ cos } \psi \frac{-\text{sen } U}{\text{cos } S} \text{ cos } A \text{ dh}$$

$$\text{cos } A \text{ d } A = \text{cos } \psi \text{ sen } U \text{ cos } A \text{ dh}$$

$$\text{d } a = \text{cos } \psi \text{ sen } U \text{ dh}$$

$$\boxed{\text{cos } \psi \text{ sen } U = \frac{\text{d } A}{\text{d } h}} \quad \text{----- 6}$$

Despejando de 1 $\cos \psi \cos U$

$$\sin S = \sin \psi \sin A + \cos \psi \cos A \cos U$$

$$\cos \psi \cos U = \frac{\sin S - \sin \psi \sin A}{\cos A} \quad \text{----- 7}$$

Sustituyendo en cuatro las ecuaciones 6 y 7

$$\sin \psi \cos A \, dA = \cos \psi \cos U \sin A \, dA + \cos \psi \cos A \sin U \, dU$$

$$\sin \psi \cos A \, dA = \frac{(\sin S - \sin \psi \sin A)}{\cos A} \sin A \, dA + \cos A \, dU \frac{dA}{dh}$$

$dU = B =$ variación en Azimut, o ángulo horizontal entre las dos posiciones del Sol.

$dh = I =$ variación en el ángulo horario, o intervalo de tiempo entre las dos posiciones del Sol.

Sustituyendo B y I tenemos:

$$\sin \psi \cos A \, dA = \cos A \frac{B}{I} dA + \frac{(\sin S - \sin \psi \sin A)}{\cos A} \sin A \, dA$$

Quitando parentesis

$$\sin \psi \cos A \, dA = \cos A \frac{B}{I} dA + \frac{\sin S \sin A}{\cos A} dA - \frac{\sin \psi \sin^2 A}{\cos A} dA$$

Agrupando términos y sacando como factor común $\sin \psi$

$$\sin \psi (\cos A \, dA + \frac{\sin^2 A \, dA}{\cos A}) = \cos A \frac{B \, dA}{1} + \frac{\sin^2 \sin A}{\cos A} \, dA$$

Dividiendo entre diferencial de $A = dA$

$$\sin \psi (\cos A + \frac{\sin^2 A}{\cos A}) = \cos A \frac{B}{1} + \frac{\sin^2 \sin A}{\cos A}$$

Despejando $\sin \psi$

$$\sin \psi = \cos A \frac{B + \frac{\sin^2 \sin A}{\cos A}}{\cos A + \frac{\sin^2 A}{\cos A}}$$

Buscando común denominador en ambos términos tenemos

$$\sin \psi = \frac{B \cos^2 A + 1 \sin^2 \sin A}{1 \cos A} / \frac{\cos^2 A + \sin^2 A}{\cos A}; \text{ como } \cos^2 A + \sin^2 A = 1$$

Efectuando división

$$\frac{B \cos^2 A + \cos A 1 \sin^2 \sin A}{1 \cos A} = \sin \psi$$

Dividiendo entre $\cos A$

$$\frac{B \cos^2 A + 1 \sin^2 \sin A}{1} = \sin \psi$$

Separando términos

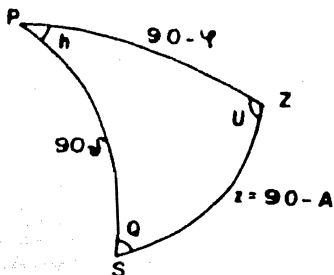
$$\sin \psi = \cos^2 A \frac{B}{1} + \sin^2 \sin A$$

Que es la fórmula buscada.

El segundo método que veremos es el de la determinación de la Latitud por observaciones del sol a la hora de su paso por el meridiano del lugar, del cual vamos a determinar su Latitud.

Deducción de la fórmula utilizada en el método paso meridiano (altura máxima del Sol).

Partiendo del triángulo ZSP



Por la ley de los cosenos tenemos:

$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$, aplicandola al triángulo ZSP,

$$\cos (90 - A) = \cos (90 - \psi) \cos (90 - \delta) + \sin (90 - \psi) \sin (90 - \delta) \cos h$$

Cuando a un astro se le observa en el meridiano su ángulo horario es nulo, por lo tanto:

$$\cos h = \cos 0 = 1$$

y

$$\cos (90 - A) = \cos z$$

$$\cos z = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta$$

De la identidad trigonométrica

$$\cos a \cos b + \sin a \sin b = \cos (a - b)$$

$$\cos z = \cos (\varphi - S)$$

$$z = \varphi - S$$

$$\varphi = z + S$$

Que es la fórmula buscada.

Nota: La suma $z + S$ es suma algebraica.

Deducción de la fórmula utilizada para la determinación de la Longitud.

$$\lambda = \pm h - AHG$$

----- 1

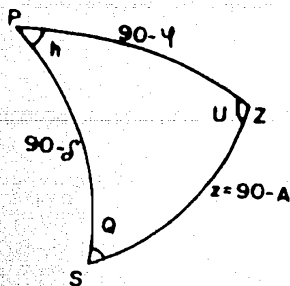
Donde: λ = longitud

h = ángulo horario en el meridiano del lugar (- A.M. + P.M)

AHG = ángulo horario en Greenwich.

Determinación de h

Partiendo del triángulo astronómico ZSP



Por la ley de los cosenos.

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

Aplicandola al triángulo tenemos.

$$\cos (90-A) = \cos (90-\varphi) \cos (90-\delta) + \sin (90-\varphi) \sin (90-\delta) \cos h$$

Por trigonometría $\text{sen}(90-a) = \text{cos } a$, $\text{cos}(90-a) = \text{sen } a$; por lo que tendremos.

$$\text{sen } A = \text{sen } \psi \text{ sen } \delta + \text{cos } \psi \text{ cos } \delta \text{ cos } h$$

Despejando $\text{cos } h$ queda.

$$\text{cos } h = \frac{\text{sen } A - \text{sen } \psi \text{ sen } \delta}{\text{cos } \psi \text{ cos } \delta} \quad \text{----- a}$$

Para determinar el AHG efectuaremos las siguientes operaciones.

A la hora de observación se le suma la diferencia de meridianos del meridiano de observación con el meridiano de Greenwich. A este resultado se le resta la hora de paso del astro por el meridiano 90 y se convierte a arco el resultado.

$$\text{AHG} = ((H.O. - D.M) - (H.P.M. 90)) 15 \quad \text{----- b}$$

Donde:

H.O. = hora de observación.

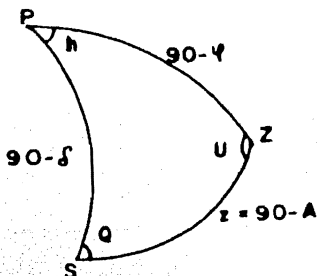
D.M = diferencia de meridiano (el de observación y el de Greenwich).

H.P.M. 90 = hora de paso del astro por el meridiano 90.

Contando con las ecuaciones a y b podemos resolver la ecuación número 1.

Deducción de la fórmula utilizada para obtener el Azimut por medio de observaciones del Sol en dos posiciones. (alturas absolutas)

Partiendo del triángulo ZPS



Por la ley de los cosenos:

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

Aplicándola al triángulo

$$\cos (90-\delta) = \cos (90-A) \cos (90-\varphi) + \sin (90-A) \sin (90-\varphi) \cos U$$

Por trigonometría $\cos (90-a) = \sin a$, $\sin (90-a) = \cos a$

$$\sin \delta = \sin A \sin \varphi + \cos A \cos \varphi \cos U$$

Despejando $\cos U$ tenemos:

$$\cos U = \frac{\sin \delta - \sin A \sin \varphi}{\cos A \cos \varphi}$$

Que es la fórmula requerida.

11.- TRABAJO DE CAMPO

a). DESCRIPCION DEL TEODOLITO

Teodolito T-2 Wild. Al igual que la mayoría de los otros teodolitos consta de: un eje azimutal, un eje de alturas, un telescopio, un limbo horizontal, un limbo vertical, una alidada, niveles y tornillos niveladores. En el teodolito Wild T-2 se usa cristal óptico para fabricar los círculos graduados, en esta forma es más fácil la lectura de los ángulos, dándonos un segundo de aproximación y la estimación de la décima de segundo. El telescopio esta concretado a la alidada y puede girar alrededor del eje horizontal como alrededor del eje vertical, su retícula está graduada en una placa de cristal a continuación se de la descripción de sus partes esenciales:

Eje Azimutal

Eje Azimutal, también conocido como eje vertical, es el eje sobre el cual gira la alidada horizontalmente, con lo cual nosotros podemos obtener los azimuts (ángulos horizontales).

Eje de Alturas.

Eje de alturas o eje horizontal, sobre este eje gira el telescopio describiendo un plano vertical, dándonos las alturas (ángulo vertical).

Telescopio

El telescopio nos sirve para fijar las visuales por medio de la línea de colimación. La línea de colimación es una línea imaginaria que une el centro de la retícula con el centro del objetivo. La retícula es un disco de vidrio graduado con el hilo vertical, y el hilo horizontal que forman la cruz filar, objetivo está compuesto por lentes que definen un sistema convergente. Aparte de estas dos partes del telescopio cuenta con otras dos más que son: El ocular compuesto de dos lentes planoconvexas; y el tubo telescópico que contiene a todos.

Limbo Horizontal

El limbo horizontal es un círculo horizontal graduado que gira alrededor del eje azimutal con ayuda de la alidada podemos tomar los ángulos horizontales. En el T-2 Wild el círculo está graduado en cristal óptico.

Limbo Vertical

Es un círculo vertical graduado también fabricado de cristal óptico, que gira junto con el telescopio y sirve para medir ángulos verticales.

Alidada

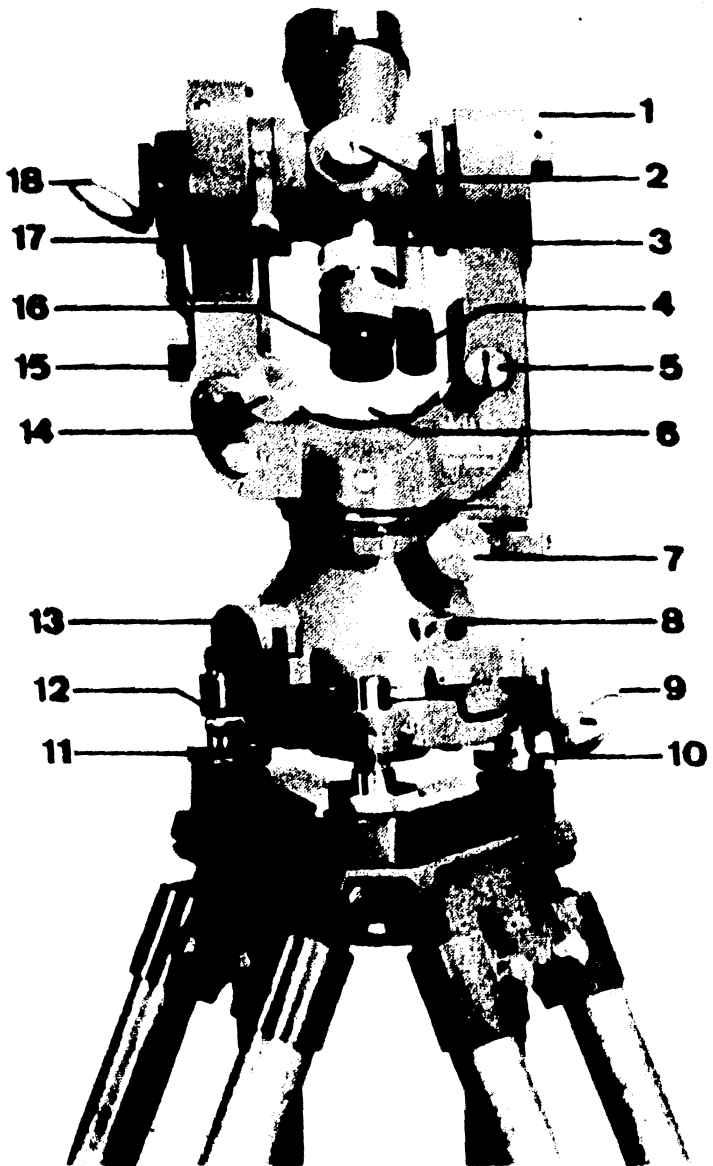
Es todo lo que se encuentra arriba del limbo horizontal. Es la parte móvil del teodolito.

Niveles

En la base de la alidada existe un nivel esférico, que sirve para centrar horizontalmente el teodolito. Nivel tubular horizontal, nos sirve para lograr la nivelación precisa del teodolito.

Tornillos Niveladores

El teodolito descansa sobre tres tornillos niveladores y estos sobre una base que se enrosca sobre la cabeza del tripié.



1. Botón de coincidencia del micrómetro
2. Botón para regular la iluminación de la retícula, con grano de puntería
3. Anillo de ajuste del enfoque
4. Ocular del microscopio de lecturas
5. Botón para la selección del círculo por observar
6. Nivel de burbuja horizontal
7. Tornillo de coincidencia horizontal (tornillo tangencial)
8. Terminal para la iluminación eléctrica
9. Espejo para la iluminación del círculo horizontal
10. Tornillo nivelante
11. Base nivelante
12. Palanca para sujetar el teodolito a la base nivelante
13. Dispositivo para poner en origen el círculo horizontal, con cubierta protectora
14. Tornillo de coincidencia vertical (tornillo tangencial)
15. Prisma para observar el nivel del círculo vertical
16. Ocular del telescopio
17. Tornillo de sujeción vertical
18. Espejo para la iluminación del círculo vertical

Centrado del teodolito T-2 Wild.

Para el centrado se usa una plomada óptica que consiste en un sistema de telescopio y prisma colocado en su parte inferior.

- 1.- Se para el tripié en el punto-estación
- 2.- Se monta el teodolito sobre la placa del tripié
- 3.- Se fija una de las patas en el terreno, se toman las otras dos patas y sin tocar el suelo con ellas se mueven de tal manera que al mirar por el telescopio de la plomada óptica se hace coincidir su marca con el punto-estación, logrando ésto se fijan las otras dos patas en el terreno, procurando conservar la placa lo más horizontal posibles, si una vez fijo el tripié no está horizontal con ayuda de las patas, subiéndolas o bajándolas se puede mejorar.
- 4.- El centrado preciso del Instrumento se logra soltando la base nivelante y desplazando el teodolito hasta que la marca de la plomada óptica coincida con el punto-estación.

Nivelación

- 1.- Con ayuda de las patas, subiéndolas o bajándolas se centra la burbuja del nivel esférico.
- 2.- Se comprueba el centrado del instrumento, si la marca del telescopio de la plomada óptica se desplazó se afloja el tornillo que fija el instrumento y se hace coincidir nuevamente.

3.- Se repite el proceso de nivelar la burbuja del nivel esférico y así sucesivamente hasta que la marca y el punto-estación coincidan y esté centrada la burbuja del nivel esférico.

b). OPERACIONES DE CAMPO

Como ya se mencionó anteriormente, la determinación de la Latitud, Longitud y Azimut se hizo por medio de observaciones del Sol, para poder efectuar éstas, se requiere de una persona que es la que va a observar el Sol, y otra para que observe el reloj y a la vez haga las anotaciones correspondientes, aunque una sola persona puede hacer ambas cosas con la experiencia necesaria. El material necesario es el siguiente: un tránsito, un termómetro, un barómetro, un reloj (de buena precisión) que nos de lecturas mínimo de segundo, acodados y filitros.

Primer paso, determinación de la hora correcta:

Para efectuar la corrección debemos conocer la Δt y la marcha del reloj, para conocer la Δt es necesario comparar el reloj con una señal radiotelegráfica que mandan los grandes observatorios, el adelanto o atraso del reloj será la Δt . Para determinar la marcha es necesario determinar una segunda Δt , para aplicarlo a la fórmula que nos da la marcha y que es la siguiente:

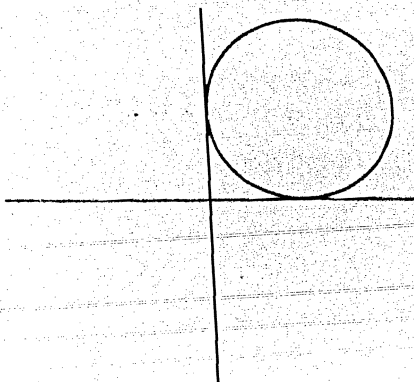
$$m = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{t_2 - t_1}$$

Siendo t_1 y t_2 las horas mandadas por la señal.

Segundo paso, se centra y nivela perfectamente el tránsito en el punto del cual queremos conocer sus coordenadas, se visa la señal a la cual queremos referir el Azimut y se toma el ángulo horizontal.

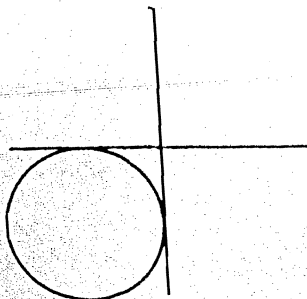
Tercer paso; se coloca el filtro en el ocular, para poder visar el Sol, una vez que tenemos localizado al Sol se enfocan los hilos de la retícula como el ocular, se ilumina y se enfoca el micrómetro de lecturas, tanto horizontal como vertical, finalmente se revisan los niveles llamados menisco. Con ésto ya estamos en condiciones de hacer las observaciones.

Cuarto paso; se localiza nuevamente el Sol, si es que se ha salido del camp visual, en ese momento se le pide atención a la persona que va a tomar la lectura del reloj, se procede a hacer tangencias con los hilos de la retícula y el Sol. En cualquiera de los cuatro cuadrantes generalmente se empieza con el primer cuadrante, como lo muestra la figura.



En se preciso momento se da la voz de op-up o top (voz corta) - que es la señal para que el tomador de tiempo, lea el reloj. Se da la lectura de ángulo horizontal como de ángulo vertical, la persona que - está anotando deberá tener: hora, ángulo horizontal y ángulo vertical. Se efectúan otras dos tangencias siguiendo los mismos pasos, el intervalo entre éstas deberá ser lo más constante posible.

Quinto paso; se da vuelta de campana y giro de ciento ochenta grados se revisa los meniscos. Esta operación no debe hacerse en un lapso mayor de tres minutos, se visa el Sol en el cuadrante opuesto en el cual fueron hechas las primeras tangencias, por ejemplo, si se - hicieron en el primer cuadrante, se harán en el tercer cuadrante como - lo muestra la figura.



Se efectúan las mismas operaciones que en el cuarto paso, y con esto hemos obtenido la primera serie.

Sexto paso. Se da un lapso de veinte a treinta minutos para llevar a cabo la segunda serie. En este lapso se toma la temperatura y la presión que servirán para corregir la distancia zenital o a la altura.

Séptimo paso. Aprovechando que el tránsito quedo en posición inversa, se toman las tangencias en el tercer cuadrante, habiendo de antemano checado los meniscos, haciendo también tres tangencias.

Octavo paso. Se gira nuevamente ciento ochenta grados y se da vuelta de campana, realizándose las últimas tres tangencias en el cuadrante opuesto, como en esta serie se empezaron a hacer en el tercer cuadrante se terminará en el primer cuadrante toda esta operación, como en el cuarto paso, finalmente se visa la señal y se toma el ángulo horizontal. Con ésto se da por terminado el trabajo de campo para observaciones de Sol en dos posiciones.

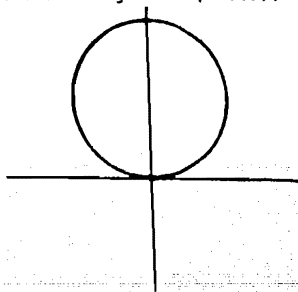
Para las observaciones por paso meridiano, se puede aprovechar que el aparato está centrado en el punto, se deja ahí hasta unos quince minutos antes de la hora de paso del Sol por el meridiano del lugar que habrá sido calculada de antemano, las observaciones se harán como sigue:

Primero. Se colocan los acodados tanto en el ocular como en el micrómetro de lecturas, ya que por la posición del Sol se hace necesario.

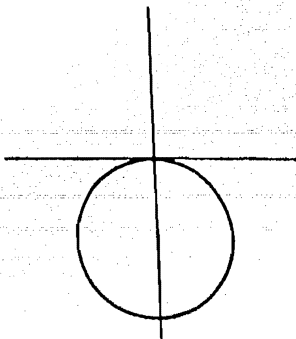
Segundo. Se revisan los niveles como los enfoques.

Tercero. Se localiza el Sol y se da la voz de atención.

Cuarto. Se hace tangencia con el hilo horizontal y los más centrado que se pueda, como lo muestra la figura, en ese momento se da la voz - corta up, op o top. El anotador habrá leído la lectura del reloj y anotando la hora en este caso sólo se da la lectura del ángulo vertical (distancia zenital o altura según el aparato).



Quinto. Se da vuelta de campana y giro de ciento ochenta grados y se hace tangencia nuevamente con el hilo horizontal, pero esta vez en la parte superior del Sol, como lo muestra la figura, tomando los mismos datos. Estas dos tangencias serían una serie.



Sexto. Aprovechando la posición del aparato se hace otra tangencia igual a la anterior, con la parte superior del Sol.

Séptimo. Se gira ciento ochenta grados y se da vuelta de campana, para tomar otra tangencia ahora será con la parte inferior del Sol, tomándose los mismos datos con lo cual tendríamos la segunda serie y así sucesivamente hasta quince minutos después de la hora de paso del Sol por el meridiano del lugar.

Anteriormente el anotador deberá tomar las lecturas del termómetro como del barómetro, aproximadamente a la hora de paso por el meridiano para poder corregir posteriormente.

Para obtener mejores resultados al efectuar las observaciones al Sol, se debe procurar que el día en que se efectúen sea un día despejado, esto se hace con el fin de que cuando se estén efectuando las observaciones, no halla interferencia de nubes, lo que nos podría ocasionar la pérdida de todo el trabajo.

En el caso particular de las observaciones de dos posiciones del Sol se deben realizar antes de las nueve de la mañana, aunque el límite es hasta las diez, después de las nueve, es más incómodo realizar el trabajo, ya que el Sol está más alto, sobre todo en los meses en que alcanzan su altura máxima. Claro que estas observaciones se pueden efectuar

tuar con acodados, sin embargo, al trabajar con los acodados, si el hilo vertical de la retícula no tiene ninguna característica que difiera la posición inversa de la directa, puede haber cierta confusión, al hacer el cambio de cuadrante por la posición en que éstos queden.

El intervalo que se da entre las dos series, es preferible que sea de veinte minutos, porque si el intervalo es grande, existe el error por cobertura, ya que el promedio de las alturas no corresponde al promedio de los ángulos horizontales. Este error no entra cuando se calcula latitud, pero sí cuando se calcula Azimut. Ahora si el intervalo es pequeño hay más error en los datos.

Las observaciones también se pueden realizar después de las tres de la tarde, y como en el caso de las observaciones en la mañana es preferible que el Sol no esté muy alto, para trabajar cómodamente.

III.- ELABORACION DE LOS CALCULOS

a). DETERMINACION DE LA LATITUD POR EL METODO DOS POSICIONES DE SOL (ALTURA ABSOLUTA) CALCULO TRADICIONAL.

Con los datos de campo obtenidos se pueden hacer varias combinaciones, que nos dan varias Latitudes, las cuales deben ser muy parecidas entre sí, si las observaciones están bien efectuadas.

En nuestro caso sólo se calcularon dos combinaciones para comparar más tarde con las elaboradas por la computadora, que en su total son nueve.

Debemos aclarar también que el cálculo de Azimut del Sol y el del Angulo Horario, no se hará con el promedio de las dos Latitudes calculadas a mano, sino que se tomará el promedio de la Latitud del cálculo por computadora (se verá posteriormente) y es $19^{\circ} 19' 33''.58$. Se hace de esta manera para poder comparar los resultados de Azimut del Sol y Angulo Horario, de los efectuados a mano contra los elaborados por la computadora.

Datos de campo.

Serie I

Hora			Lec. Hrzt.		Lec. Vert.		Posición
h	m	s					
16	00	07.5	109	59' 29.0			
16	01	07.5	110	07 20.4	301	57' 54.0	I
16	02	03.5	110	14 30.5	301	44 28.0	I
16	03	48.0	289	50 53.1	301	31 49.4	I
16	04	52.5	289	59 08.4	59	22 31.1	D
16	05	54.0	290	07 06.0	59	37 07.7	D
					59	50 53.0	D

Serie II

16	26	05.0	113	07 43.8	296	08 42.3	I
16	27	05.0	113	14 55.0	295	54 22.8	
16	28	05.5	113	21 53.6	295	40 23.3	I
16	29	48.0	292	58 15.0	65	14 05.0	D
16	30	50.0	293	05 12.0	65	27 55.0	D
16	31	51.5	293	12 15.0	65	42 11.0	D

Lugar azotea de la Facultad de Ingeniería, edificio Este

Fecha 6 de octubre de 1979

Presión 587 mm de Hg

Temperatura 24 Grados Centígrados

Hora de Paso por M. 90

h	m	s
11	48	12.32

Variación Horaria -57.72 "/h

Declinación al Paso -05° 05' 21.02"

Lectura a la señal 33° 30' 17"

Cálculo. De la serie I se promedia la observación número dos con la número cinco, y de la serie número II se promedia la observación número tres con la número cuatro, para poder efectuar este promedio en las observaciones en posición inverza, a la lectura horizontal se le suman 180 grados, y la lectura vertical se resta de 360 grados.

Primer ejemplo.

Primer paso. Promedios:

Serie I

	16	01	07.5	290	07	20.4	58	15	32.0
	16	04	52.5	289	59	08.4	59	37	07.7
Suma	32	06	00.0	580	06	28.8	117	52	39.7
Prom.	16	03	00.0	290	03	14.4	58	56	19.85

Serie II

	16	28	05.5	293	21	53.6	64	19	36.7
	16	29	48.0	292	58	15.0	65	14	05.0
Suma	32	57	53.5	586	20	08.6	129	33	41.7
Prom.	16	28	56.75	293	10	04.3	64	46	50.85

Segundo paso. Con las horas promedio se calculan (o corrigen) las declinaciones, las dos declinaciones obtenidas se promedian, para obtener la declinación Promedio de las dos series.

Serie I.

Hora de observación	16	03	00.00
Hora de Paso del Sol por el M,90	11	48	12.32
Diferencia	04	14	47.68

Diferencia en fracción de hora	4.24657778	hs.
Variación horaria en la declinación	<u>-57.72</u>	"/h
Producto (Correc. a la declinación)	-245.11	"
Corrección a la declinación	- 04 05.11	
Declinación al paso	<u>-05 05 21.02</u>	
Suma algebraica	- 05 09 26.13	
<u>Declinación a la hora de observar</u>	<u>- 05 09 26.13</u>	

Serie II

Hora de observación	16 28 56.75	
Hora de paso del Sol por el M.90	<u>11 48 12.32</u>	
Diferencia	04 40 44.43	
Diferencia en fracción de hora	4,67008333	hs.
Variación horaria en la declinación	<u>-57.72</u>	"/h
Producto (Correc. a la declinación)	-270.07	"
Corrección a la declinación	- 04 30.07	
Declinación al paso	<u>-05 05 21.02</u>	
Suma algebraica	-05 09 51.09	
<u>Declinación a la hora de observación</u>	<u>-05 09 51.09</u>	

Declinación serie I	-05 09 26.13	
Declinación serie II	<u>-05 09 51.09</u>	
Suma	-10 18 77.22	
Promedio	-05 09 38.61	

$\delta = -05^{\circ} 09' 38''.61$

Tercer paso. Las distancias Zenitales obtenidas en el primer paso, se corrigen por Refracción y Paralaje. Una vez corregidas se calculan las Alturas (Altura = 90° - dis. Zenital). Las dos alturas obtenidas se promedian para obtener la Altura promedio de las dos series.

Fórmulas:

$$R = 60.6 \text{ Tangente (dis. Zenital) } \left(\frac{\text{presión}}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004 (\text{temperatura})} \right)$$

$$P = 8.8 \text{ Seno (dis. Zenital)}$$

Serie I

$$R = 60.6 \text{ Tan } (58 \ 56 \ 19.85) \left(\frac{587}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004 (24)} \right) = 70.72$$

$$P = 8.8 \text{ Sen } (58 \ 56 \ 19.85) = 7.54$$

Distancia Zenital	58	56	19.85
Corrección por Refracción (se suma)		1	10.72
Suma	58	57	30.57
Corrección por Paralaje se resta			07.54
Resta (dis. Zenital corregida)	58	57	23.03

Cálculo de Altura

	89	59	60.00
Distancia Zenital corregida	58	57	23.03
Resta (Altura corregida)	31	02	36.97

Serie II

$$R = 60.6 \tan (64 \ 46 \ 50.8) \left(\frac{587}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004 (24)} \right) = 90''.44$$

$$P = 8.8 \operatorname{Sen} (64 \ 46 \ 50.8) = 7'.96$$

Distancia Zenital	64 46 50.85
Corrección por Refracción	01 30.44
Suma	<u>64 48 21.29</u>
Corrección por Paralaje	07.96
Resta (dis. Zenital corregida)	<u>64 48 13.33</u>
 Cálculo de la Altura	 89 59 60.00
Distancia Zenital corregida	<u>64 48 13.33</u>
Resta (Altura corregida)	<u>25 11 46.67</u>
 Altura serie I	 31 02 36.97
Altura serie II	<u>25 11 46.67</u>
Suma	56 14 23.64
Promedio	28 07 11.82

$A = 28^{\circ} \ 07' \ 11''.82$

Cuarto paso. Cálculo de la variación en el ángulo Horario, - que es igual al intervalo de tiempo entre las dos observaciones, y el cálculo de la variación en Azimut, que es igual a la diferencia de ángulos horizontales entre las dos observaciones. Apoyándonos en el primer paso tenemos:

Cálculo del Intervalo

Hora promedio de observación serie I	16 03 00.00
Hora promedio de observación serie II	16 28 56.75
Diferencia valor absoluto	25 56.75
Diferencia fracción de minuto (tiempo)	25.94583333
Por 15 para convertir en fracc. de minuto (arco)	15
Producto	389'.1875

$$I = 389'.1875$$

Cálculo de la variación en Azimut.

Angulo horizontal promedio serie I	290 03 14.4
Angulo horizontal promedio serie II	293 10 04.3
Diferencia valor absoluto	3 06 49.90
Diferencia fracción de minuto	186.8316667

$$B = 186'.8316667$$

Quinto paso. Aplicación de los datos obtenidos en la fórmula para el cálculo de la Latitud.

$$\text{Sen } \psi = \text{Sen } S \text{ Sen } A + \text{Cos}^2 A \left(\frac{B}{I} \right)$$

$$S = -05^{\circ} 09' 38''.61$$

$$A = 28^{\circ} 07' 11''.82$$

$$B = 186.8316667$$

$$I = 389.1875$$

$$\text{Sen } S = -0.089949902$$

$$\text{Sen } A = 0.471319003$$

$$\text{Sen } S \text{ Sen } A = -0.042395098 \quad \text{----- 1}$$

$$\text{Cos}^2 A = 0.777858397$$

$$\frac{B}{I} = 0.480055672$$

$$\text{Cos}^2 A \left(\frac{B}{I} \right) = 0.373415335 \quad \text{----- 2}$$

$$1 + 2 = 0.331020237$$

$$\psi = \text{Arc Sen } (1 + 2) = 19^{\circ} 19' 50.56''$$

$\psi = 19^{\circ} 19' 50.56''$

Segundo ejemplo

De la serie I se promedió la observación número 1 con la observación número 6, y de la serie II se promedió la observación número 2 con la número 5, se siguió el mismo procedimiento anterior.

Primer paso

Serie I

	16	00	07.5	289	59	29.0	58	02	06.0
	16	05	54.0	290	07	06.0	59	50	53.0
Suma	32	06	01.5	580	06	35.0	117	52	59.0
Prom.	16	03	00.75	290	03	17.5	58	56	29.5

Serie II

	16	27	05.0	293	14	55.0	64	05	37.2
	16	30	50.0	293	05	12.0	65	27	55.0
Suma	32	57	55.0	586	20	07.0	129	32	92.2
Prom.	16	28	57.5	293	10	03.5	64	46	46.1

Segundo paso.

Serie I

Hora de observación	16	03	00.75
Hora de paso por M.90	11	48	12.32
Diferencia	04	14	48.43
Dif. fracción de hora	4246786111 - hs		
Variación horaria en la declinación	- 57.72	"/h	
Producto (correc. a la declinación)	-245.12	"	

Corrección a la declinación	-	04	05.12
Declinación al paso	-05	05	21.02
Suma algebraica	-05	09	26.14
Declinación a la hora de observar	-05	09	26.14

Serie II

Hora de observación	16	28	57.50
Hora de paso por M.90	11	48	12.32
Diferencia	04	40	45.18
DIF. en fracción de hora	4.679216667		
Variación horaria en la declinación	-57.72		
Producto (correc. a la declinación)	-270.08		
Corrección a la declinación	-	04	30.08
Declinación al paso	-05	05	21.02
Suma algebraica	-05	09	51.10
Declinación a la hora de observación	-05	09	51.10

Declinación serie I	-05	09	26.14
Declinación serie II	-05	09	51.10
Suma	-10	18	77.24
Promedio	-05	09	38.62

$$\delta^T = -05^{\circ} 09' 38''.62$$

Tercer paso.

Serie I

$$R = 60.6 \tan (58 \quad 56 \quad 29.5) \left(\frac{587}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004 (24)} \right) = 70'72$$

$$P = 8.8 \operatorname{Sen} (58 \quad 56 \quad 29.5) = 7'54$$

Distancia Zenital	58	56	29.5
Corrección por Refracción		01	10.72
Suma	58	57	40.22
Corrección por Paralaje			07.54
Resta	58	57	32.68

Cálculo de la Altura

	89	59	60.00
Distancia Zenital corregida	58	57	32.68
Resta (Altura corregida)	31	02	27.32

Serie II

$$R = 60.6 \tan (64 \quad 46 \quad 46.1) \left(\frac{587}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004 (24)} \right) = 90'43$$

$$P = 8.8 \operatorname{Sen} (64 \quad 46 \quad 46.1) = 7'96$$

Distancia Zenital	64	46	46.1
Corrección por Refracción		01	30.43
Suma	64	48	16.53
Corrección por Paralaje			07.96
Resta	64	48	08.57

Cálculo de la Altura

	89	59	60.0
Distancia Zenital corregida	64	48	08.57
Resta (Altura corregida)	25	11	51.43

Altura serie I	31	02	27.32
Altura serie II	25	11	<u>51.43</u>
Suma	56	14	18.75
Promedio	28	07	09.375

$$A = 28^{\circ} 07' 09''.375$$

Cuarto paso.

Cálculo del Intervalo

Hora promedio de observación serie I	16	03	00.75
Hora promedio de observación serie II	16	28	<u>57.50</u>
Diferencia	00	25	56.75
Dif. fracción de minuto			25.94583333
Por 15			<u>15</u>
Producto			389.1875

$$I = 389.1875$$

Cálculo de la variación en el Azimut.

Angulo horizontal promedio serie I	290	03	17.5
Angulo horizontal promedio serie II	293	10	<u>03.5</u>
Diferencia	3	06	46.0
Diferencia en fracción de minuto			186.76666667

$$B = 186.76666667$$

Quinto paso.

$$S = -05^{\circ} 09' 38''.62$$

$$A = 28^{\circ} 07' 09''.375$$

$$B = 186.766666667$$

$$l = 389.1875$$

$$\text{Sen } S = -0.089949950$$

$$\text{Sen } A = 0.471308549$$

$$\text{Sen } S \text{ Sen } A = -0.042394181 \text{ ----- 1}$$

$$\text{Cos}^2 A = 0.777868253$$

$$\frac{B}{l} = 0.479888657$$

$$\text{Cos}^2 A \left(\frac{B}{l} \right) = 0.373290151 \text{ ----- 2}$$

$$1 + 2 = 0.330895970$$

$$\psi = \text{Arc Sen} (1 + 2) = 19 \quad 19 \quad 23.40$$

$$\psi = 19^{\circ} 19' 23''.40$$

b) CALCULO DEL AZIMUT DEL SOL Y DEL ANGULO HORARIO.

Para realizar el cálculo se necesitan tres datos: Latitud, Declinación y Altura. Se pueden hacer 6 cálculos de Azimut del Sol y de Angulo Horario, porque podemos obtener seis promedios de Declinaciones y seis de alturas. Estos promedios resultan de promediar.

En la serie I y en la serie II.

La observación 1 con la observación 6

La observación 2 con la observación 5

La observación 3 con la observación 4

De tal manera que se tienen tres promedios de la serie I y tres promedios de la serie II, que en total son seis.

La Latitud debe ser una sola para estos seis cálculos, porque es una coordenada, como se dijo anteriormente se tomará el promedio que da la computadora y que es 19 19 33.58

Con el Azimut del Sol y con el Angulo Horario se calculan el Azimut de la línea y la Longitud respectivamente. Estos dos cálculos se verán al final del cálculo por computadora, con los seis resultados de Azimut del Sol y seis de Angulo Horario que obtengamos, y ahora sólo se verán dos cálculos para Azimut del Sol y dos para Angulo Horario, tomando un promedio de la serie I y otro de la serie II.

Cálculo del Azimut del Sol, tomando los datos del primer ejemplo para el cálculo de la Latitud.

Serie 1

Promedio de la observación 2 con la observación 5.

Declinación para la hora promedio	-05	09	26.13
Altura promedio corregida	31	02	36.97
Latitud promedio (computadora)	19	19	33.58

Fórmula:

$$\cos A_z = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } A \text{ Sen } \varphi}{\cos A \cos \varphi}$$

$$\text{Sen } \delta = -0.089889643 \text{ ----- 1}$$

$$\text{Sen } A = 0.515690240$$

$$\text{Sen } \varphi = 0.330942550$$

$$\text{Sen } A \text{ Sen } \varphi = 0.170663843 \text{ ----- 2}$$

$$\cos A = 0.856575102$$

$$\cos \varphi = 0.943650904$$

$$\cos A \cos \varphi = 0.808496600$$

$$\frac{1-2}{3} = -0.322269118$$

$$A_z = \text{Arc Cos} \left(\frac{1-2}{3} \right) = 108 \text{ } 48 \text{ } 00.75$$

$$A_z = 108^{\circ} 48' 00.75''$$

Serie 11

Promedio de la observación 3 con la observación 4.

Declinación para la hora promedio	-05	09	51.09
Altura promedio corregida	25	11	46.67
Latitud promedio (computadora)	19	19	33.58

$$\text{Sen } S' = -0.090010161 \text{ ----- } 1$$

$$\text{Sen } A = 0.425720816$$

$$\text{Sen } \varphi = 0.330942550$$

$$\text{Sen } A \text{ Sen } \varphi = 0.140889132 \text{ ----- } 2$$

$$\text{Cos } A = 0.904854567$$

$$\text{Cos } \varphi = 0.943650904$$

$$\text{Cos } A \text{ Cos } \varphi = 0.853866830 \text{ ----- } 3$$

$$\frac{1-2}{3} = 0.270416047$$

$$Az = \text{Arc Cos} \left(\frac{1-2}{3} \right) = 105 \quad 41 \quad 20.49$$

$Az = 105^{\circ} \quad 41' \quad 20''.49$
--

Cálculo del Angulo Horario, con los mismos datos.

Fórmula:

$$\cos H = \frac{\sin A - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

Serie 1

Promedio de la observación 2 con la observación 5.

Declinación para la hora promedio	-05	09	26.13
Altura promedio corregida	31	02	36.97
Latitud promedio (computadora)	19	19	33.58

$$\sin A = 0.515690240 \text{ ----- } 1$$

$$\sin \delta = 0.089889643$$

$$\sin \varphi = 0.330942550$$

$$\sin \delta \sin \varphi = -0.029748308 \text{ ----- } 2$$

$$\cos \delta = 0.995951732$$

$$\cos \varphi = 0.943650904$$

$$\cos \delta \cos \varphi = 0.939830752 \text{ ----- } 3$$

$$\frac{1-2}{3} = 0.580358289$$

$$H = \text{Arc Cos} \left(\frac{1-2}{3} \right) = 54 \quad 31 \quad 27.32$$

$$H = 54^{\circ} \quad 31' \quad 27.32''$$

Serie II

Promedio de la observación 3 con la observación 4.

Declinación para la hora promedio	-05	09	51.09
Altura promedio corregida	25	11	46.67
Letitud promedio (computadora)	19	19	33.58

$$\text{Sen } A = 0.425720816$$

$$\text{Sen } S = -0.090010161$$

$$\text{Sen } \psi = 0.330942550$$

$$\text{Sen } S \text{ Sen } \psi = -0.029788192 \text{ ----- } 2$$

$$\text{Cos } S = 0.995940847$$

$$\text{Cos } \psi = 0.943650904$$

$$\text{Cos } S \text{ Cos } \psi = 0.939820481 \text{ ----- } 3$$

$$\frac{1-2}{3} = 0.484676614$$

$$H = \text{Arc Cos} \left(\frac{1-2}{3} \right) = 61 \quad 00 \quad 31.37$$

$H = 61^{\circ} \quad 00' \quad 31''.37$
--

c) CALCULO DE LA LATITUD, AZIMUT DEL SOL Y ANGULO HORARIO -
POR COMPUTADORA, OBSERVACIONES POR DOS POSICIONES DE SOL.

Los datos necesarios para efectuar el cálculo son los mismos que usamos en los incisos anteriores. Que equivalen a los datos de campo, más otros tres datos que se hacen necesarios para que el programa pueda ser más general y éstos son:

NS que nos indica el número de veces que va a efectuar el cálculo la computadora, esto quiere decir que puede hacer el cálculo para dos, cuatro, seis, etc. series.

Meri valor que depende el meridiano en donde se hagan las observaciones y será \pm una hora para cada 15 grados de diferencia con el meridiano 90.

RAD que nos sirve para convertir los grados a radianes y viceversa y equivale a 0.017453293

Los datos se meten a la computadora en grados, minutos, segundos y horas, minutos, segundo respectivamente, para efectuar los cálculos la computadora convierte los minutos y segundos en fracción de hora y fracción de grado (por medio del programa). Para los cálculos de las funciones trigonométricas, convierte los grados en radianes, y finalmente ya que tiene los resultados los convierte en grados minutos y segundos.

El procedimiento para efectuar los cálculos es exactamente el mismo que se realizó en los incisos anteriores con la diferencia de que lo realiza más veces, pero las operaciones son las mismas.

Obtenemos nuevo Latitudes en total y esto resulta de combinar:

Serie I

Observación 1 con observación 6 = 1

Observación 2 con observación 5 = 2

Observación 3 con observación 4 = 3

Serie II

Observación 1 con observación 6 = 4

Observación 2 con observación 5 = 5

Observación 3 con observación 4 = 6

Combinaciones que realiza de la serie I con la serie II

1 con 4

1 con 5

1 con 6

2 con 4

2 con 5

2 con 6

3 con 4

3 con 5

3 con 6

De esas nueve Latitudes, escoge el grupo más grande posible en el cual las Latitudes no difieren en \pm un minuto, a ese grupo le saca la media aritmética, y compara la media con cada Latitud de ese mismo grupo y en nuestro caso, escoga solamente las Latitudes que no difieran en $\pm 40''$, esta condición se puede cambiar dependiendo de la precisión requerida, finalmente saca el promedio de las Latitudes escogidas.

Como ya se dijo anteriormente para el cálculo del Azimut del Sol tanto como para el Angulo Horario, toma la Latitud promedio final y con las tres combinaciones de la serie I y las tres de la serie II - calcula seis Declinaciones y seis Alturas, lo que nos dará seis Azimuts del Sol y seis Angulos Horarios.

Esto es lo que hace el programa de manera general, posteriormente veremos el diagrama de block y el programa codificado.

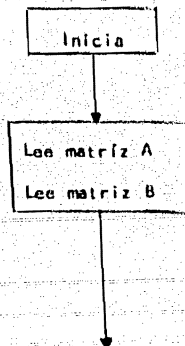
Con los seis Azimuts del Sol y con los seis Angulos Horarios - se calcula el Azimut de la línea y la Longitud del punto, respectivamente, sacando un promedio si los seis resultados de Azimut de línea - como los seis de Longitud son concordantes, y si no promediando los - más parecidos, según la precisión requerida.

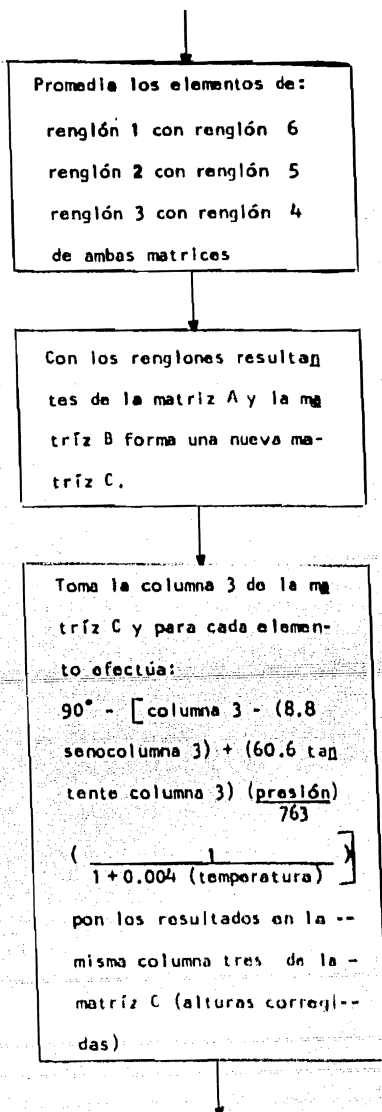
Diagrama de Block.

El primer paso para poder elaborar un programa que nos resuelva cualquier problema por computadora, es efectuar un diagrama de block, y como su nombre lo indica es un diagrama que está formado por blockes, - los cuales explican lo que nosotros queremos que haga exactamente la computadora.

Apoyándonos en el cálculo realizado anteriormente, se hizo el - diagrama de block, para la elaboración del programa que nos resuelve el cálculo de la Latitud, Azimut del Sol y Angulo Horario por alturas absolutas.

Llamamos a nuestras series I y II matriz A y matriz B respectivamente. Estas matrices están formadas con tres columnas que son hora de observación, ángulo horizontal y ángulo vertical (Distancia Zenital); y con seis renglones que corresponden a tres posiciones directas y tres inversas.





Toma columna 1 de la matriz C y para cada elemento efectúa: $\Delta \epsilon + [(\text{columna 1} - \text{H.P.M.90} + \text{Meri}) (\text{V.H.})]$

Aumenta una cuarta columna a la matriz C y pon ahí estos valores (Declinaciones corregidas).

Toma columna 1 y columna 2 de la matriz C y calcule valor absoluto de:

renglón 1 - renglón 4

renglón 1 - renglón 5

renglón 1 - renglón 6

renglón 2 - renglón 4

renglón 2 - renglón 5

renglón 2 - renglón 6

renglón 3 - renglón 4

renglón 3 - renglón 5

renglón 3 - renglón 6

Multiplica los resultados de la columna 1 por 15, pon los resultados en una matriz E en columna 1 y columna 2 respectivamente (Intervalo y diferencia de ángulos horizontales).

Toma columna 3 y 4 de la matriz C
y calcula:

$$\frac{\text{ renglón 1 - renglón 4 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 1 - renglón 5 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 1 - renglón 6 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 2 - renglón 4 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 2 - renglón 5 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 2 - renglón 6 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 3 - renglón 4 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 3 - renglón 5 }}{2}$$

$$\frac{\text{ renglón 3 - renglón 6 }}{2}$$

Y pon los resultados en la matriz E, en las columnas 3 y 4 respectivamente (Promedios de altura y de inclinaciones).

Realiza el siguiente cálculo para todos los renglones de la matriz E

$$\psi = \text{Arc.Seno} \left[\frac{(\text{Seno columna 3}) - (\text{Seno columna 4}) + (\text{Coseno}^2 \text{ columna 3}) (\text{columna 2})}{\text{columna 1}} \right]$$

Pon los resultados (Latitudes) en una nueva matriz Resultados en la columna 1, y guárdalos también en un vector F1.

Toma el vector F1 y compara cada uno de sus elementos contra todos los demás, si la diferencia no es mayor de $\pm 1'$ guarda los resultados en una matriz Fies, en el renglón correspondiente al elemento que se comparó.

De la matriz Fies toma el renglón que tenga mayor número de columnas, y calcula la media aritmética.

Compara la media aritmética con cada elemento del renglón, los elementos que no difieren en $\pm 40''$ ponlos en la columna 2 de la matriz Resultados y guárdalos en un vector FFI.

Promedia los elementos del vector FFI y pon ese promedio en la matriz Resultados, en la columna 3, renglón 3 (Latitud promedio).

Realiza el siguiente cálculo para todos los elementos de la columna 3 y columna 4 de la matriz C

$Az = \frac{[(\text{Seno columna 4}) - (\text{Seno columna 3}) (\text{Seno promedio})]}{[(\text{Coseno columna 3}) (\text{Coseno promedio})]}$

El resultado (Azimut del Sol) ponlo en la columna 4 de la matriz Resultados.

Efectúa el siguiente cálculo para todos los elementos de la columna 3 y columna 4 de la matriz C

$H = \frac{[(\text{Seno columna 3}) - (\text{Seno columna 4}) (\text{Seno promedio})]}{[(\text{Coseno columna 4}) (\text{Coseno promedio})]}$

Por el resultado (Angulo Horario) en la columna 5 de la matriz Resultados.

Imprime la matriz Resultados.

Fin

1 FILE (FR85)TESIS ON PACK

```

100 BEGIN
200 FILE EOLCKIND=DISK,MAXRECSIZE=14,FILETYPE=7);
300 FILE EOLITO(KIND=DISK,MAXRECSIZE=14,FILETYPE=7);
400 FILE RMT(KIND=REMOTE,MAXRECSIZE=22);
500 LABEL TRUCO,TRUCO1,FIN,L3)
500 ARRAY F1,FF1,AN,AZ,H,BELCURCO:8),ABLO:6),CCO:5,0:3);
700 ARRAY RESULTADSCO:8,0:14);
800 ARRAY A,BCO:5,0:2),ELO:8,0:3),FIEBCO:8,0:8),FCO:8),INDICECO:8);
900 REAL BETA,TAU,T,P,HP,VH,DELTA,KAD,ARGU,FROM,M,S;
1000 REAL X, Y, Z, Z1,AZ1,AZ2,H1,H2,HORAS,MIN1,MIN,IN,MAX,SEGI
1100 INTEGER W,N,TI,MERI,NS,XX,I,J,K,INDI,L;
1200 FORMAT F4(12,X1,13,X1,F5.2),F5(2(12,X1),F4.2,X1,13,X1,12,X1,F4.2);
1300 FORMAT F10(12,X1,F10.9),F11(13);
1400 FORMAT F9(7,S(X6,13,X5,12,X5,F5.2)),FMT(212,F3.1,13,12,F3.1,212,F3.1);
1500 FORMAT F6(7,X10,F20.12,7), F7(F13.12), F8(7,X10,F20.12,7);
1600 FORMAT F1(X10,F20.12,7), F2(X10,F20.12,7), F3(X10,F20.12,7);
1700 READ(EOLIO,F10,TI,RAD);
1800 M:=1/30; S:=1/3600;
1900 FOR NS:=1 STEP 1 UNTIL TI DO BEGIN
2000 READ(COLITO,F11,MERI);
2100 FOR K:=0 STEP 1 UNTIL 5 DO BEGIN
2200 READ(EOLIO,FMT,FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 8 DO ANCI);
2300 I:=0;J:=0;
2400 ALK,J:=-ANCI+ANCI+1)*M+ANCI+2)*S;
2500 ALK,J+1:=-ANCI+3)+ANCI+4)*M+ANCI+5)*S;
2600 ALK,J+2:=-ANCI+6)+ANCI+7)*M+ANCI+8)*S;
2700 READ(EOLIO,FMT,FOR J:=0 STEP 1 UNTIL 8 DO ANCI);
2800 J:=0;
2900 BCK,J:=-ANCI+ANCI+1)*M+ANCI+2)*S;
3000 BCK,J+1:=-ANCI+3)+ANCI+4)*M+ANCI+5)*S;
3100 BCK,J+2:=-ANCI+6)+ANCI+7)*M+ANCI+8)*S;
3200 END OF FOR K;
3300 FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 2 DO BEGIN
3400 K:=5-I;
3500 FOR J:=0 STEP 1 UNTIL 2 DO BEGIN
3600 C(I,J):=(A(I,J)+ALK,J)/2;
3700 C(I+3,J):=(B(I,J)+BCK,J)/2;
3800 END OF FOR J;
3900 END OF FOR I;
4000 READ(EOLITO,F4,T,P,VH);
4100 READ(EOLITO,F5,FOR J:=0 STEP 1 UNTIL 5 DO ABCJ);
4200 I:=0;
4300 HP:=-ABCJ+ABCJ+1)*M+ABCJ+2)*S;
4400 IF ABC3=0 THEN
4500 DELTA:=(ABS(ABCJ)+ABJ+1)*M+ABJ+5)*S;
4600 ELSE
4700 DELTA:=-ABJ+3)+ABJ+4)*M+ABJ+5)*S;
4800 BETA:=F7/42;
4900 TAU:=1.7410.904*T);
5000 J:=2;
5100 FOR L:=0 STEP 1 UNTIL 5 DO BEGIN
5200 SEBUI,CEL,SI,KAD;
5300 C(L,J):=PC-CEL,JI+0.904)*SIN(ARGU)+CCO.2)*S*TAN(ARGU)+B(L)+TAU);
5400 END DEL FOR L;
5500 J:=0;
5600 K:=3;
5700 FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 5 DO

```

```
5800 CCI,KJ:-DELTA+((CCI,JJ-HP+MERI)*UH*S);
5900 L:-(1);
6000 FOR J:-0 STEP 1 UNTIL 3 DO BEGIN
6100 TRUCO:FOR I:-0 STEP 1 UNTIL 2 DO BEGIN
6200 FOR K:-3 STEP 1 UNTIL 5 DO BEGIN
6300 IF L EQL 8 THEN BEGIN
6400 L:-(1);
6500 GO TO TRUCO;
6600 END;
6700 L:-L+1;
6800 ECL,JJ:-(CCI,JJ + CCK,JJ)/2;
6900 END OF FOR K;
7000 END OF FOR I;
7100 END OF FOR J;
7200 L:-(1);
7300 FOR J:-0 STEP 1 UNTIL 1 DO BEGIN
7400 TRUCO1: FOR I:-0 STEP 1 UNTIL 2 DO BEGIN
7500 FOR K:-3 STEP 1 UNTIL 5 DO BEGIN
7600 IF L EQL 8 THEN BEGIN
7700 L:-(1);
7800 GO TO TRUCO1;
7900 END OF IF L;
8000 L:-L+1;
8100 ECL,JJ:-ABS(CCI,JJ)-CCK,JJ);
8200 END OF FOR K;
8300 END OF FOR I;
8400 END OF FOR J;
8500 J:-0;
8600 FOR I:-0 STEP 1 UNTIL 8 DO
8700 ECI,JJ:- ECI,JJ* 15;
8800 N:-0;L:-1; N:-2; W:-3;
8900 FOR I :-0 STEP 1 UNTIL 8 DO BEGIN
9000 X:-SIN( ECI,N)*RAD);
9100 Y:-SIN( ECI,W)*RAD);
9200 Z:-COS( ECI,N)*RAD))*#2;
9300 Z1:-( ECI,L)/ ECI,K);
9400 FILL:-ARCSIN(X*Y+Z*Z1);
9500 END DEL FOR I ; K:-0;
9600 PRDM:-0;
9700 FOR I:-0 STEP 1 UNTIL 8 DO BEGIN
9800 IN:-(1);
9900 FOR J:-0 STEP 1 UNTIL 8 DO BEGIN
10000 IF ABS(FILL)-FILL) > 1/60*RAD THEN
10100 BEGIN IN:#+1;
10200 FIESL,IN:-FILL;
10300 INDICEL:-IN;
10400 END DEL IF;
10500 END DEL FOR J;
10600 IF IN=8 THEN BEGIN
10700 FOR I:-0 STEP 1 UNTIL 8 DO BEGIN
10800 FILL:-FILL;
10900 FROM: FROM+1;
11000 END;
11100 FROM: FROM+9;
11200 C 1;
11300 FOR I:-0 STEP 1 UNTIL 8 DO BEGIN
11400 IF ABS(CFROM FILL) > 1/100*RAD THEN
```

```
11000 BEGIN
11100 XX: X0111
11200 F1EXX01 F0111
11300 END DEL I11
11400 END DEL FOR I1
11500 FROM: 01
11600 FOR I1=0 STEP 1 UNTIL XX DO BEGIN
11700 FROM: FROM01F1111
11800 END
11900 IF I1=0 THEN BEGIN
12000 WRITE(UNIT:2, DEVICE:FOR CERO EN LOS DATOS NUMERO*IXS, I2 , I1);
12100 GO TO FIN1
12200 END
12300 FROM: FROM0XX0111
12400 GO TO L01
12500 END
12600 IF I1=0 THEN I1:=X+1
12700 END DEL FOR I1
12800 IF I1=0 THEN BEGIN
12900 WRITE(UNIT: *OBSERVACIONES MALAS* );
13000 WRITE(UNIT:F01F1111);
13100 GO TO FIN1
13200 END
13300 MAX:=INDICE01; IND1:=0
13400 FOR I1=1 STEP 1 UNTIL 9 DO
13500 IF MAX<INDICE11 THEN
13600 BEGIN
13700 MAX:=INDICE11;
13800 IND1:=I1
13900 END
14000 FOR J1=1 STEP 1 UNTIL MAX DO
14100 F011:=F1E01IND1, J1
14200 FROM: 01
14300 FOR I1=0 STEP 1 UNTIL MAX DO BEGIN
14400 FROM: FROM01111
14500 END
14600 FROM: FROM0MAX11
14700 *1111111
14800 FOR I1=0 STEP 1 UNTIL 9 DO BEGIN
14900 IF I1<FROM0-1111111-1-90000 THEN
15000 BEGIN
15100 X01 X0111
15200 F111111 F1111
15300 END DEL I11
15400 END DEL FOR I1
15500 FROM: 01
15600 FOR I1=0 STEP 1 UNTIL XX DO BEGIN
15700 FROM: FROM01111
15800 END I1=0 STEP 1 UNTIL BEGIN
15900 WRITE(UNIT: *CERO EN LOS DATOS NUMERO* I1, I2 , I1);
16000 GO TO L11
16100 FROM: FROM01111
16200 FOR I1=0 STEP 1 UNTIL 9 DO BEGIN
16300 FROM: FROM01111
16400 FROM: FROM01111
16500 FROM: FROM01111
16600 FROM: FROM01111
16700 FROM: FROM01111
16800 FROM: FROM01111
16900 FROM: FROM01111
17000 FROM: FROM01111
17100 FROM: FROM01111
17200 FROM: FROM01111
17300 FROM: FROM01111
17400 FROM: FROM01111
17500 FROM: FROM01111
17600 FROM: FROM01111
17700 FROM: FROM01111
17800 FROM: FROM01111
17900 FROM: FROM01111
18000 FROM: FROM01111
18100 FROM: FROM01111
18200 FROM: FROM01111
18300 FROM: FROM01111
18400 FROM: FROM01111
18500 FROM: FROM01111
18600 FROM: FROM01111
18700 FROM: FROM01111
18800 FROM: FROM01111
18900 FROM: FROM01111
19000 FROM: FROM01111
19100 FROM: FROM01111
19200 FROM: FROM01111
19300 FROM: FROM01111
19400 FROM: FROM01111
19500 FROM: FROM01111
19600 FROM: FROM01111
19700 FROM: FROM01111
19800 FROM: FROM01111
19900 FROM: FROM01111
20000 FROM: FROM01111
```

```

17200 H1:=(SIN(CLI,2)*RAD)-(SIN(CLI,3)*RAD)*(SIN(PROM));
17300 H2:=(COS(CLI,2)*RAD)+COS(PROM);
17400 HCL:=(ARCCOS(H1/H2));
17500      (END)
17600      J:=0;
17700      FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 8 DO BEGIN
17800        FCL:=(FCL/RAD);
17900        HORAS:=(INTEGER(FCL));
18000        MIN:=(FCL-HORAS)*60;
18100        MIN:=INTEGER(MIN);
18200        SEC:=(MIN-MIN)*60;
18300        RESULTADOS(I,J):=HORAS;
18400        RESULTADOS(I,J+1):=MIN;
18500        RESULTADOS(I,J+2):=SEC;
18600      END DEL FOR I;
18700      J:=3;
18800      FOR I:=0 STEP 1 UNTIL XX DO BEGIN
18900        FCL:=(FCL/RAD);
19000        HORAS:=(INTEGER(FCL));

```

```

19100        MIN:=(FCL-HORAS)*60;
19200        MIN:=INTEGER(MIN);
19300        SEC:=(MIN-MIN)*60;
19400        RESULTADOS(I,J):=HORAS;
19500        RESULTADOS(I,J+1):=MIN;
19600        RESULTADOS(I,J+2):=SEC;
19700      END DEL FOR I;
19800      J:=2;

```

```

19900        FROM:=(FROM/RAD);
20000        HORAS:=(INTEGER(FROM));
20100        MIN:=(FROM-HORAS)*60;
20200        MIN:=INTEGER(MIN);
20300        SEC:=(MIN-MIN)*60;
20400        RESULTADOS(I,J):=HORAS;
20500        RESULTADOS(I,J+1):=MIN;
20600        RESULTADOS(I,J+2):=SEC;
20700      J:=1;
20800      FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 5 DO BEGIN
20900        AZUL:=(AZUL/RAD);

```

```

21000        HORAS:=(INTEGER(AZUL));
21100        MIN:=(AZUL-HORAS)*60;
21200        MIN:=INTEGER(MIN);
21300        SEC:=(MIN-MIN)*60;
21400        RESULTADOS(I,J):=HORAS;
21500        RESULTADOS(I,J+1):=MIN;
21600        RESULTADOS(I,J+2):=SEC;

```

```

21700      END DEL FOR I;
21800      J:=0;
21900      FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 5 DO BEGIN

```

```

22000        FROM:=(FROM/RAD);
22100        HORAS:=(INTEGER(FROM));
22200        MIN:=(FROM-HORAS)*60;
22300        MIN:=INTEGER(MIN);
22400        SEC:=(MIN-MIN)*60;
22500        RESULTADOS(I,J):=HORAS;
22600        RESULTADOS(I,J+1):=MIN;
22700        RESULTADOS(I,J+2):=SEC;

```

```
22900 WRITE(RMT,X7,'LAIDS. CALCULADAS',X8,'LAIDS. ESCOGIDAS',
23000 X10,'LATITUD PROMEDIO',X9,'AZIMUT DEL SOL',X13,'ANGULO HORARIO')
23100 FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 9 DO
23200 WRITE(RMT,I9) FOR J:=0 STEP 1 UNTIL 14 DO RESULTADOSCI,J)
23300 FOR I:=0 STEP 1 UNTIL 9 DO
23400 BEGIN
23500 FILL RESULTADOSCI,I) WITH 15(0)
23600 FILL FIESCI,I) WITH 9(0)
23700 END DEL VACIADO
23800 FIN:END DEL FOR NG
23900 END OF TESTS .
```


Los datos se metieron a la computadora, por medio del teletipo, y el programa está hecho para funcionar por este medio, pero si se quiere meter a la computadora por tarjetas sólo se necesita cambiar las instrucciones 200, 300 y 400 que corresponden a los archivos de entrada y salida.

100	DONDE	DICE	DISK	PONER	READ ^E ₂ R
200	DONDE	DICE	DISK	PONER	READ ₂ R
300	DONDE	DICE	REMOTE	PONER	PRINTER

Los datos deberán meterse a la computadora como lo indica la siguiente hoja de codificación, ya sea por teletipo o por tarjetas. Y se codificaron de la siguiente manera: EOLO contiene los datos de: Hora, Lectura Horizontal y Lectura Vertical de las 2 series, todas en posición directa. Un renglón de la serie I y un renglón de la serie II sucesivamente hasta completar las 2 series, EOLITO en el primer renglón contiene NS y RAD. En el segundo renglón MERI, en el tercer renglón Temperatura, Presión y Variación Horaria. En el 4 renglón contiene Hora de paso del Sol por el M.90 y la declinación a la Hora de Paso.

U. N. A. M.
CENTRO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA
LABORATORIO DE COMPUTACION

CONTENIDO: EOLQ - EOLITO

LABORATORIO: _____ FECHA: 6-OCT-79

HOJA NUM. 1 DE 1 CODIGO: A.R.P.P.
PERFORO: _____ VERIFICO: _____

HORA	LEC.	HRTI	LEC.	VERT.
1600075289592905802060				
1626050293074386351177				
1601075290072045815320				
1627050293145506405372				
1602035290143055828106				
1628055293215366419367				
1603480289505315922311				
1629480292581506514050				
1604525289590845937077				
1630500293051206527550				
1605540290070605950530				
1631515293121506542110				
01 0017453293				
000				
24 586 -5772				
11 48 1232 -05 05 21 02				

R
#RUNNING 9176

LATDS. CALCULADAS			LATDS. ESCOGIDAS			LATITUD PROMEDIO			AZIMUT DEL SOL			ANGULO HORARIO		
19	18	13.75	19	19	23.32	0	0	0.00	108	47	55.27	54	31	37.97
19	19	23.32	19	20	9.69	0	0	0.00	108	48	0.81	54	31	27.17
19	20	9.69	19	19	4.15	19	19	33.58	108	48	34.71	54	30	21.10
19	17	54.63	19	19	50.49	0	0	0.00	105	41	23.93	61	0	24.01
19	19	4.15	19	19	3.82	0	0	0.00	105	41	22.94	61	0	25.94
19	19	50.49	19	19	50.03	0	0	0.00	105	41	20.57	61	0	31.19
19	17	54.18	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
19	19	3.82	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
19	19	50.03	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00

.PAGE.

#ET-52.4 FT-1.4 IO-0.6

d) CALCULO DE LA LONGITUD Y DEL AZIMUT DE LA LINEA.

Con los resultados anteriores del programa. Que fueron: una latitud, seis Azimut del Sol y seis Angulos Horarios, vamos a calcular:

Primero Longitud:

Tomando los seis Angulos Horarios y calculando el Angulo Horario de Greenwich a la hora de observación, contamos con los datos necesarios para poder calcular la Longitud. Que será la media aritmética de las seis Longitudes que obtengamos, debido a que tenemos seis Angulos Horarios, y seis horas promedio de observación.

Cálculo del Angulo Horario en Greenwich a la hora de observación.

Tomando las horas promedio de la serie I y serie II

Serie: Primer promedio

Hora de observación más 6 horas	22 03 00.75
Hora de paso del Sol por el M.90	11 48 12.32
Diferencia (en horas, minutos y segundos)	10 14 48.43
Dif. por 15 para obtener grados, minutos, segundos	153 42 06.45

Angulo Horario en Greenwich = 153° 42' 06.45

Segundo promedio

Hora de observación más 6 horas	22 03 00.00
Hora de paso del Sol por el M.90	11 48 12.32
Diferencia	10 14 47.68
Dif. por 15	153 41 55.20

Angulo Horario en Greenwich = 153° 41' 55.20

Tercer promedio

Hora de observación más 6 hrs.	22	02	55.75
Hora de paso del Sol por el M.90	11	48	12.32
Diferencia	10	14	43.43
Diferencia por 15	153	40	51.45

Angulo Horario en Greenwich = 153° 40' 51.45

Serie II primer promedio

Hora de observación más 6 hrs.	22	28	58.25
Hora de paso del Sol por el M.90	11	48	12.32
Diferencia	10	40	45.93
Diferencia por 15	160	11	28.95

Angulo Horario en Greenwich = 160° 11' 28.95

Segundo promedio

Hora de observación más 6 hrs.	22	28	57.50
Hora de paso del Sol por el M.90	11	48	12.32
Diferencia	10	40	45.18
Diferencia por 15	160	11	17.70

Angulo Horario en Greenwich = 160° 17' 17.70

Tercer promedio.

Hora de observación	22	28	56.75
Hora de paso del Sol por el M.90	11	48	12.32
Diferencia	10	40	44.43
Diferencia por 15	160	11	06.45

Angulo Horario en Greenwich = 160° 11' 06.45

Para calcular la Longitud basta obtener la diferencia entre -
el Angulo Horario de Greenwich y el Angulo Horario correspondiente, -
calculado por la computadora (Angulo Horario del lugar).

Serie I. Primer promedio

Angulo Horario en Greenwich	153	42	06.45
Angulo Horario del lugar	54	31	37.97
Diferencia	99	10	28.48

$$\underline{\text{Longitud} = 99^{\circ} 10' 28.48}$$

Segundo promedio

Angulo Horario en Greenwich	153	41	55.20
Angulo Horario del lugar	54	31	27.17
Diferencia	99	10	28.03

$$\underline{\text{Longitud} = 99^{\circ} 10' 28.03}$$

Tercer promedio

Angulo Horario en Greenwich	153	40	51.45
Angulo Horario del lugar	54	30	21.10
Diferencia	99	10	30.35

$$\underline{\text{Longitud} = 99^{\circ} 10' 30.35}$$

Serie II. Primer promedio

Angulo Horario en Greenwich	160	11	28.95
Angulo Horario del lugar	61	00	24.01
Diferencia	99	11	04.94

Longitud = 99° 11' 04.94

Segundo promedio

Angulo Horario en Greenwich	160	11	17.70
Angulo Horario del lugar	61	00	25.94
Diferencia	99	10	51.76

Longitud = 99° 10' 51.76

Tercer promedio

Angulo Horario en Greenwich	160	11	06.45
Angulo Horario del lugar	61	00	31.18
Diferencia	99	10	35.27

Longitud = 99° 10' 35.27

Media aritmética de las seis Longitudes

	99	10	28.48
	99	10	28.03
	99	10	30.35
	99	11	04.94
	99	10	51.76
	99	10	35.27
Suma	594	61	178.83
Promedio	99	10	39.81

Longitud = 99° 10' 39.81

Segundo. Cálculo del Azimut de la línea.

Tomando los seis valores de Azimut del Sol y los seis promedios (tres de cada serie) de ángulos horizontales, podemos aplicarlos a la fórmula que se estudió anteriormente para el cálculo de Azimut de la línea. Lo que nos proporcionará seis Azimut de la línea, que sacando le la media aritmética nos dará el valor más probable.

NOTA: Debemos tomar en cuenta que la lectura del ángulo horizontal a la señal no fue cero grados, cero minutos, cero segundos, por lo que debemos tener presente la lectura inicial, ya que el ángulo horizontal medido no corresponde al ángulo señal-Sol, el ángulo señal-Sol será igual a la diferencia de la lectura final (promedio del ángulo horizontal) y la lectura señal.

Fórmula para el cálculo del Azimut de la línea, habiendo hecho las observaciones en la tarde y tomando el ángulo señal-Sol a la derecha:

$$Az = 360^\circ - U + 360^\circ - \theta$$

U = Azimut del Sol

θ = Ángulo señal-Sol

Cálculo de ángulo señal-Sol

Serie I. Primer promedio

Angulo horizontal	290	03	17.5
Lectura señal	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>17.0</u>
Diferencia	256	33	00.5

$$\underline{\text{Angulo señal-Sol} = 256^{\circ} 33' 00''.5}$$

Segundo promedio

Angulo horizontal	290	03	14.4
Lectura señal	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>17.0</u>
Diferencia	256	32	57.4

$$\underline{\text{Angulo señal-Sol} = 256^{\circ} 32' 57''.4}$$

Tercer promedio

Angulo horizontal	290	02	41.8
Lectura señal	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>17.0</u>
Diferencia	256	32	24.8

$$\underline{\text{Angulo señal-Sol} = 256^{\circ} 32' 24''.8}$$

Serie II. Primer promedio

Angulo horizontal	293	09	59.4
Lectura señal	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>17.0</u>
Diferencia	259	39	42.4

$$\underline{\text{Angulo señal-Sol} = 259^{\circ} 39' 42''.4}$$

Segundo promedio

Angulo horizontal	293	10	03.5
Lectura señal	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>17.0</u>
Diferencia	259	39	46.5

$$\underline{\text{Angulo señal-Sol} = 259^{\circ} 39' 46''.5}$$

Tercer promedio

Angulo horizontal	293	10	04.3
Lectura señal	<u>33</u>	<u>30</u>	<u>17.0</u>
Diferencia	259	39	47.3

$$\underline{\text{Angulo señal-Sol} = 259^{\circ} 39' 47''.3}$$

Cálculos de los seis Azimuts de la línea, aplicando la fórmula.

Serie I. Primer promedio

360°	359	59	60.00
U	108	47	55.27
Diferencia	251	12	04.73
360°	360		
Suma	611	12	04.73
θ	256	33	00.5
Diferencia	354	39	04.23

$$\underline{Az = 354^{\circ} 39' 04''.23}$$

Segundo promedio

360°	359	59	60.00
U	108	48	00.81
Diferencia	251	11	59.19
360°	360		
Suma	611	11	59.19
θ	256	32	57.4
Diferencia	354	39	01.79

$$\underline{Az = 354^{\circ} 39' 01''.79}$$

Tercer promedio

360°	359	59	60.00
U	108	48	34.71
Diferencia	251	11	25.29
360°	360		
Suma	611	11	25.29
θ	256	32	24.8
Diferencia	354	39	00.49

$$\underline{Az = 354^{\circ} 39' 00''.49}$$

Serie II. Primer promedio.

360°	359	59	60.00
U	105	41	23.83
Diferencia	254	18	36.17
360°	360		
Suma	614	18	36.17
θ	259	39	42.4
Diferencia	354	38	53.77

$$Az = 354^{\circ} 38' 53.77''$$

Segundo promedio

360°	359	59	60.00
U	105	41	22.94
Diferencia	254	18	37.06
360°	360		
Suma	614	18	37.06
θ	259	39	46.5
Diferencia	354	38	50.56

$$Az = 354^{\circ} 38' 50.56''$$

Tercer promedio

360°	359	59	60.00
U	105	41	20.57
Diferencia	254	18	39.43
360°	360		
Suma	614	18	39.43
θ	259	39	47.3
Diferencia	354	38	52.13

$$Az = 354^{\circ} 38' 52.13''$$

Cálculo de la media aritmética de los seis Azimuts de la línea.

	354	39	04.23
	354	39	01.79
	354	39	00.49
	354	38	53.77
	354	38	50.56
	<u>354</u>	<u>38</u>	<u>52.13</u>
Suma	2124	231	162.97
Promedio	354	38	57.16

$$\text{Az} = 354^{\circ} 38' 57''.16$$

e) CALCULO DE LA LATITUD POR EL METODO PASO MERIDIANO

Como se dijo anteriormente para efectuar las observaciones se necesita conocer la hora de paso del Sol por el meridiano. Para obtener este dato, se hace necesario el dato de la Longitud aunque no sea con mucha precisión, ésta se puede obtener de un mapa.

Cálculo de la hora de paso.

Longitud aproximada del lugar	99	11	03
Longitud del meridiano 90	90	00	00
Diferencia en arco	9	11	03
Diferencia en tiempo	9.184166667		
Entre 15		15	
Diferencia en tiempo		36	44,2
Hora de paso del Sol por el M. 90	11	48	12.32
Hora de paso del Sol por el M. del lugar	12	24	56.52

Con este dato ya se pueden hacer las observaciones, empezando 10 minutos antes de la hora de paso y terminando 10 minutos después del paso.

Datos de Campo.

h o r a			Lec. Vert			Posición
h	m	s'	°	'	"	
12	14	04	335	41	46.9	I
12	16	32	24	46	16.3	D
12	17	28	24	45	02.2	D
12	20	08	335	48	50.0	I
12	21	20	335	49	08.0	I
12	23	29	24	40	51.5	D;
12	24	30	24	41	03.5	D
12	26	36	335	50	01.3	I
12	27	31	335	49	37.0	I
12	29	36	24	42	34.2	D
12	30	27	24	43	14.0	D
12	32	21	335	46	09.0	I

Presión 592 mm Hg

Temperatura 21 grados Centígrados

Fecha 6 de octubre de 1979

Lugar azotea de la Facultad de Ingeniería, edificio Este

Promedios de las observaciones para poder escoger la mínima distancia Zenital.

Hora			Distancia Zenital			
12	14	04	24	18	13.1	
12	16	32	24	46	16.3	
24	30	36	48	64	29.4	----- suma
12	15	18	24	32	19.7	----- promedio
12	17	28	24	45	02.2	
12	20	08	24	11	10.0	
24	37	36	48	56	12.2	----- suma
12	18	48	24	28	06.1	----- promedio
12	21	20	24	10	52	
12	23	29	24	40	51.5	
24	44	49	48	50	103.5	----- suma
12	22	24.5	24	25	51.7	----- promedio
12	24	30	24	41	03.5	
12	26	36	24	09	58.7	
24	50	66	48	50	62.2	----- suma
12	25	33	24	25	31.1	----- promedio (Mínima distancia Zenital).

Hora			Distancia Zenital		
12	27	31	24	40	23
<hr/>			<hr/>		
12	29	36	24	42	34.2
<hr/>			<hr/>		
24	56	67	48	52	57.2 ----- suma
12	28	33.5	24	26	28.6 ----- promedio
12	30	27	24	43	14
<hr/>			<hr/>		
12	32	21	24	13	51
<hr/>			<hr/>		
24	62	48	48	56	65 ----- suma
12	31	24	24	28	32.5 ----- promedio

Con la hora promedio de la mínima distancia Zenital se calcula la declinación para la hora de observación.

Hora de observación	12	25	33
Hora de paso por M.90	11	48	12.32
Diferencia	00	37	20.68
Diferencia en fracción de hora	0.622411111		
Variación horaria	<hr/> -57.76		
Producto (corrección)	-35.95		
Declinación al paso	-05	05	21.02
Corrección	<hr/> - 35.95		
Declinación	-05	05	56.97

Corrección por refracción y paralaje a la distancia Zenital.

$$\text{Por refracción} = 60.6 \tan. (24 \quad 25 \quad 31.1) \frac{(592)}{762} \left(\frac{1}{1 + 0.001 (21)} \right)$$

$$= 19.72$$

$$\text{Por paralaje} = 8.8 \text{ sen. } (24 \quad 25 \quad 31.1)$$

$$= 3.64$$

Distancia Zenital	24	25	31.1	
Corrección por refracción			<u>19.72</u>	
Suma	24	25	50.82	
Corrección por paralaje			<u>3.64</u>	
Resta	24	25	47.18	(distancia Zenital Corregida).

Aplicando a la fórmula $\psi = z + S$

Distancia Zenital	24	25	47.18	
Declinación	-05	05	<u>56.97</u>	
Suma (algebraica)	19	19	50.21	= Latitud

$$\psi = 19^{\circ} 19' 50.21''$$

CONCLUSIONES

Como se a podido apreciar, el cálculo por computadora es de una gran ayuda, ya que se ahorra bastante trabajo y tiempo y además nos dá una precisión relativamente más buena, puesto que la computadora trabaja con 12 decimales y las calculadoras comunmente sólo tienen 9 cifras decimales. Pero esta diferencia en realidad es mínima, ya que si comparamos los resultados correspondientes de los que fueron efectuados a mano contra los que realizados por la computadora tenemos:

Comparación de Latitudes.

Cálculo a mano	Cálculo por computadora	Diferencia
19° 19' 50:56	19° 19' 50:49	0:07
19 19 23.40	19 19 23.32	0.08

Comparación Azimut del Sol.

108° 48' 00:75	108° 48' 00.81	0:06
105 41 20:49	105 41 20.57	0:08

Comparación Angulos Horarios

54° 31' 27:32	54° 31' 27:17	0:15
61 00 31.37	61 00 31.18	0.19

Podemos apreciar que la diferencia máxima fue de 19 centésimas de segundo que comparada con la precisión que nos da el método que es de 30 segundos, viene siendo mínima.

La ventaja del cálculo por computadora es que todo el trabajo se reduce a teclear o perforar las doce observaciones y cuatro renglones o tarjetas más de datos adicionales; y a cambio de eso nos ahorramos bastantes horas de trabajo laboriosos, y además tenemos la seguridad de que no hay errores en los cálculos. Obteniendo los resultados en unos cuantos minutos, quedando sólo el trabajo de calcular la Longitud y el Azimut de la línea.

Por otro lado las observaciones se hicieron en un lugar de Latitud y Longitud conocida para poder comparar los resultados, obteniéndose las siguientes diferencias:

Latitud			Longitud			
Calculada			Calculada		Diferencia	
19°	19'	33''58	19°	19'	50''	16''42
99°	10'	39''81	99°	11'	03''	23''19

Estas diferencias están dentro de la precisión del método que es de 30 segundos. Las diferencias son grandes para trabajos de alta precisión, por lo que no se recomienda este método para el cálculo de coordenadas. Sin embargo, para la orientación de una línea, la precisión que nos da es aceptable.

Observemos la diferencia entre la media aritmética de los -
Azimuts calculados y cada uno de ellos.

Media Aritmética			Azimut calculado			Diferencia
			354°	39'	04''23	07''07
			354	39	01.79	04.63
354	38	57.16	354	39	00.49	03.33
			354	38	53.77	03.39
			354	38	50.56	06.60
			354	38	52.13	05.03

La máxima diferencia es de 7.07 segundos, lo cual nos indica -
que el promedio es confiable.

Se hizo también el cálculo de latitud por el método Paso Meri-
diano, en el mismo lugar con el fin de tener una doble comparación lle-
gándose a los siguientes resultados.

Latitud			Paso meridiano			conocida		
Dos posiciones de Sol			Paso meridiano			conocida		
19°	19'	33''58	19°	19'	50''21	19°	19'	50''00

Con lo que podemos concluir que indudablemente, cuando queremos
conocer la Latitud por observaciones de Sol, el método recomendable en-
tre estos dos es el de Paso Meridiano.

NOTA. Se hicieron observaciones por la mañana, por el método de posiciones de Sol, llegándose a unos resultados diferentes a los obtenidos por la tarde, creyendo que se había cometido alguna equivocación se repitieron observaciones por la mañana, volviéndose a tener diferencia con los de resultados por la tarde. Por lo cual no es recomendable el método, ya que se desconoce el porque de esta divergencia.

B I B L I O G R A F I A

ASTRONOMIA DE POSICION

Ing. Manuel Medina Peralta

DETERMINACION DE LATITUD, LONGITUD Y AZIMUT POR OBSERVACIONES DE SOL

Ing. Ricardo Toscano

DETERMINACIONES PRECISAS DE LA HORA Y DE LA LATITUD, DETERMINACION DEL AZIMUT.

Ing. Ricardo Toscano

METODOS TOPOGRAFICOS

Ing. Ricardo Toscano

TOPOGRAFIA GENERAL

Ing. Sabro Higashida M.

TOPOGRAFIA

Ing. M. Montes de Oca

TOPOGRAFIA Y FOTOGAMETRIA

Carl-Ol of Ternryd/Eliz Lundin

ANUARIO

Del Observatorio Astronómico Nacional