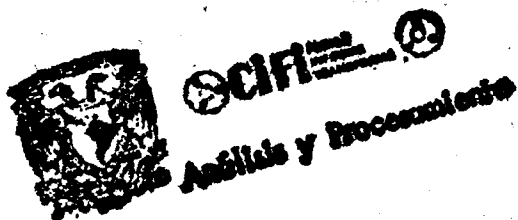




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA



**SERIE DE 50 EJERCICIOS  
RESUELTOS PARA LA  
ASIGNATURA  
ASTRONOMIA DE  
POSICION**

**G-600102**

**JOSE ALBERTO PADILLA HIGUERA**

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA Y GEODESIA

I N T R O D U C C I O N



**FACULTAD INGENIERIA**

Esta serie de ejercicios y problemas de Astronomía de Posición, que conducen a la determinación de la hora, latitud, longitud y azimut, fueron recolectados y resueltos, según el modo de ver, del Ing. José Alberto Padilla Higuera, y revisados por el Ing. Federico Alonso Lerch. Ellos tienen -- por objeto servir como modelos o consulta para los alumnos que cursan esta Asignatura en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

Los ejercicios son el resultado: a) de observaciones realizadas por el autor en la práctica de la Topografía, b) escogidos de los que presentan algunos textos, para su resolución, ó c) en ciertos casos han sido simplemente supuestos para ilustrar el tema.

Es el deseo que esta labor facilite el aprendizaje de los es-tudiantes que en ocasiones quisieran tener ejemplos resueltos para aclarar sus dudas.

Cd. Universitaria, 17 de marzo de 1984.

**G-600102**

Apunte  
12-A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



\*600102\*

1985

G.- 600102

## CONTENIDO

		PÁG.
	INTRODUCCION. . . . .	1
EJERCICIO 1.	TRANSFORMACION DE TIEMPO SIDERAL A TIEMPO MEDIO DE MERIDIANO 90°W.G. . . . .	1
EJERCICIO 2.	TRANSFORMACION DE TIEMPO SIDERAL A TIEMPO MEDIO DE MERIDIANO 90°W.G. . . . .	2
EJERCICIO 3.	TRANSFORMACION DE TIEMPO SIDERAL A TIEMPO MEDIO LOCAL . . . . .	3
EJERCICIO 4.	TRANSFORMACION DE TIEMPO MEDIO DEL MERIDIANO -- 90°W.G. A TIEMPO SIDERAL. . . . .	4
EJERCICIO 5.	TRANSFORMACION DE TIEMPO MEDIO LOCAL A TIEMPO - SIDERAL . . . . .	5
EJERCICIO 6.	CORRECCION DEL TIEMPO ESTIMADO DE UN RELOJ PARA QUE INDIQUE LA HORA DEL MERIDIANO 105 W.G. . . . .	6
EJERCICIOS 7 y 8.	COMPARACION DE RELOJES PARA LA DETERMINACION DE LA ΔT Y MARCHA . . . . .	7
EJERCICIO 9.	DETERMINACION DE LA HORA POR DISTANCIAS ZENITALES ABSOLUTAS DEL SOL . . . . .	9
EJERCICIO 10.	DETERMINACION DE LA HORA POR ALTURAS IGUALES -- DEL SOL . . . . .	10
EJERCICIO 11.	DETERMINACION DE LA HORA POR ALTURAS IGUALES -- DE DOS ESTRELLAS DIFERENTES . . . . .	15
EJERCICIO 12.	LATITUD (EJERCICIO) . . . . .	16
EJERCICIO 13.	LATITUD (EJERCICIO) . . . . .	19
EJERCICIO 14.	DETERMINACION DE LA LATITUD POR DISTANCIAS ZENITALES MERIDIANAS DE UN ASTRO (LA POLAR) . . . . .	21
EJERCICIO 15.	DETERMINACION DE LA LATITUD POR DISTANCIAS ZENITALES DE UN ASTRO EN CUALQUIER POSICION, CUANDO SE CONOCE LA HORA Y LA LONGITUD DEL LUGAR . . . . .	22
EJERCICIO 16.	DETERMINACION DE LA LATITUD POR DISTANCIAS ZENITALES CIRCUMERIDIANAS DE UN ASTRO . . . . .	25
EJERCICIO 17.	DETERMINACION DE LA LATITUD POR ALTURAS DE LA - POLAR . . . . .	27

	PÁG.	
EJERCICIO 18,	DETERMINACION DE LA LATITUD POR ALTURAS DE LA POLAR (METODO DE LITTROW) . . . . .	30
EJERCICIO 19,	DETERMINACION DE LA LONGITUD OBSERVANDO DISTANCIAS ZENITALES ABSOLUTAS DEL SOL . . . . .	33
EJERCICIOS 20, 21, 22	LONGITUD. . . . .	35
EJERCICIO 23 y 24	DETERMINACION DEL AZIMUT POR DISTANCIAS ZENITALES ABSOLUTAS DEL SOL (CALCULO EN FUNCION DEL COSENO) . . . . .	38
EJERCICIO 25	ERROR EN EL AZIMUT A CONSECUENCIA DE LA DESVIACION DEL EJE VERTICAL DEL TEODOLITO. . . . .	44
EJERCICIO 26	DETERMINACION DEL AZIMUT EN FUNCION DEL ANGULO HORARIO Y LA DISTANCIA ZENITAL DE LA POLAR . . . . .	46
EJERCICIO 27	DETERMINACION DEL AZIMUT OBSERVANDO A LA POLAR EN ELONGACION MAXIMA. . . . .	49
EJERCICIO 28	DETERMINACION DEL AZIMUT OBSERVANDO ALTURAS IGUALES DEL SOL . . . . .	51
EJERCICIOS 29 y 30	DETERMINACION DEL AZIMUT EN FUNCION DEL ANGULO HORARIO DEL SOL Y DE LA LATITUD (SIN QUE INTERVENGA EN EL CALCULO LA ALTURA DEL SOL) . . . . .	54
EJERCICIOS 31 y 32	DETERMINACION DEL AZIMUT OBSERVANDO LA POLAR Y UNA ESTRELLA AUXILIAR . . . . .	58
EJERCICIOS 33 y 34	DETERMINACION DEL AZIMUT OBSERVANDO LA POLAR Y UNA ESTRELLA AUXILIAR (CALCULO EFECTUADO A TRAVES DE LAS TABLAS DEL ANUARIO) . . . . .	62
EJERCICIO 35	APLICACION DE LA FORMULA TRIGONOMETRICA DIFERENCIAL PARA EL AZIMUT . . . . .	65
EJERCICIOS 36 y 37	DETERMINACION DE LA LATITUD Y AZIMUT, POR EL METODO DE DOS POSICIONES DEL SOL (EN FUNCION DE LAS ALTURAS OBSERVADAS). . . . .	70
EJERCICIOS 38 y 39	DETERMINACION DE LA LATITUD Y AZIMUT, POR EL METODO DE DOS POSICIONES DEL SOL (EN FUNCION DEL INTERVALO DE TIEMPO) . . . . .	73

	PÁG.
EJERCICIOS 40 y 41	76
EJERCICIOS 42 y 43	81
EJERCICIOS 44 y 45	85
EJERCICIOS 46 y 47	89
EJERCICIOS 47, 48, 49	93
BIBLIOGRAFIA	11

EJERCICIO No. 1

Utilizando el Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, -  
 calcúlese la HORA LEGAL del Centro del Paso Superior de la Es-  
 trella SPICA (  $\alpha$  Virginis), el día 23 de Marzo de 1983, en un  
 lugar cuya Longitud Occidental es de  $6^h 40^m 53^s$ .

SOLUCION:

$TSL = AR \pm AH$  Cuando una estrella se encuentra en su culmina-  
 ción superior el Angulo Horario es igual a cero.  
 de donde:

$TSL = AR$

$TSL = AR = 13^h 24^m 18^s.53$  (Anuario Pág.128)

Ya que por  $TMM90^\circ WG = TSL - HSO^h M90^\circ WG \frac{W}{E} \Delta\lambda - C_3$   
 Ley la Hora Legal

del Centro-  
 es la del -  
 Meridiano -

$90^\circ W.G. \quad TMM90^\circ WG = TSL - HSO^h M90^\circ WG \frac{W}{E} \Delta\lambda - K_3 (TSL - HSO^h M90^\circ WG \frac{W}{E} \Delta\lambda)$

donde:  $K_3 = 0.0027304$

Tiempo Sideral Local TSL  $13^h 24^m 18^s.53$

Hora Sideral a las Cero horas del  $M90^\circ WG$   
 (Anuario Pág. 26)  $HSO^h M90^\circ WG$   $12^h 00^m 39^s.01$

Diferencia de Longitud con el  $M90^\circ WG$  (se toma el signo +)  $\Delta\lambda$   $0^h 40^m 53^s.00$

$TSL - HSO^h M90^\circ WG + \Delta\lambda$   $2^h 04^m 32^s.52$

$C_3 = 0.0027304 \times (2^h 04^m 32^s.52)$   $0^h 00^m 20^s.40$

La Hora Legal del Centro de la Culminación Superior de  
 SPICA por tal Meridiano es:  $2^h 04^m 12^s.12$

TIEMPO

EJECICIO No. 2

Calcule la HORA del Paso Superior de la Polar por el Meridiano 90°W.G., en -  
Tiempo del Centro para el día 10. de enero de 1983.

SOLUCION:

El cálculo de la HORA la podemos efectuar por medio de cualquiera de las dos fórmulas siguientes:

$$TMM90^{\circ}WG = TSL - HSO^hM90^{\circ}WG \frac{W}{E} \Delta\lambda - C_3$$

$$C_3 = K_3 (TSL - HSO^hM90^{\circ}WG \frac{W}{E} \Delta\lambda)$$

$$TML = TSL - HSO^hM90^{\circ}WG - K_3 (TSL - HSO^hM90^{\circ}WG \frac{W}{E} \Delta\lambda)$$

$$K_3 = 0.0027304$$

Esto último es posible ya que para el Meridiano 90WG el

$$TMM90^{\circ}WG = TML, \text{ pues la } \Delta\lambda = 0$$

Cuando la Estrella está en su culminación superior el:

$$TSL = AR \text{ (Anuario Pag. 112)} \quad 2^h14^m54^s.31^*$$

$$HSO^hM90^{\circ}WG \text{ (Anuario Pág.26)} \quad \underline{6^h41^m18^s.06}$$

$$TSL - HSO^hM90WG \quad -4^h26^m23^s.75$$

$$\underline{+24^h00^m00^s.00}$$

$$TSL - HSO^hM90WG \quad 19^h33^m36^s.25$$

$$C_3 \text{ (Anuario Pág. 178 } \underline{0^h03^m12^s.26}$$

ó formula)

$$\text{Hora de Paso de la Polar por el M90WG en: } TMM90^{\circ}WG \quad 19^h30^m23^s.99$$

EJERCICIO No. 3

Hállese la HORA MEDIA LOCAL de la culminación superior de la Polar el 26 de Abril de 1983, en la Ciudad de Hidalgo del Parral, Chihuahua (longitud ---  
7<sup>h</sup>02<sup>m</sup>39<sup>s</sup>.9).

DATOS:

Día 26 de Abril de 1983

Diferencia de longitud de Parral, Chih. respecto al Meridiano 90° al Oeste de Greenwich: 1<sup>h</sup>02<sup>m</sup>39<sup>s</sup>.9

SOLUCION:

La fórmula a emplear será la siguiente:

$$TML = TSL - HSO^hM90^oWG - \frac{K_3}{C_3} (TSL - HSO^hM90^oWG + \Delta\lambda)$$

$$K_3 = 0.0027304$$

Cuando la Estrella se encuentra en su culminación, el tiempo sidereal local es igual a la ascensión recta, TSL = AR ya que en este instante el Angulo - Horario es igual a cero.

$$TSL = 2^h12^m55^s.79 \quad (\text{Anuario Pág. 112})$$

$$-HSO^hM90^oWG = 14^h14^m41^s.81 \quad (\text{Anuario Pág. 26})$$

$$\begin{array}{r} 11^h58^m13^s.98 \\ + \Delta\lambda \text{ -----} \\ 11^h58^m13^s.98 \\ + 1^h02^m39^s.90 \\ \hline 13^h00^m53^s.88 \end{array}$$

$$-C_3 \quad 0^h02^m07^s.92 \quad (\text{Corrección sustractiva Pág. 178 del Anuario}).$$

$$TML = 11^h56^m06^s.06$$



## TIEMPO

### EJERCICIO No. 4

Determine la HORA SIDERAL en Pichucalco, Chiapas, de Longitud  $6^{\text{h}}12^{\text{m}}18^{\text{s}}.1$ , el día 13 de Octubre de 1983 a las  $22^{\text{h}}09^{\text{m}}33^{\text{s}}$  de ----  
TMM90°WG.

#### SOLUCION:

$$\text{TSL} = \text{TMM90}^{\circ}\text{WG} + \text{HSO}^{\text{h}}\text{M90}^{\circ}\text{WG} + \frac{\text{E}}{\text{W}} \Delta\lambda + C_2$$

Tiempo Medio del Meridiano 90° al Oeste de Greenwich: TMM90°WG  $22^{\text{h}}09^{\text{m}}33^{\text{s}}.00$

Hora Sideral a las Cero Horas del M90°WG (Anuario Pág. 26):  
HSO<sup>h</sup>M90°WG +  $1^{\text{h}}24^{\text{m}}56^{\text{s}}.27$

Diferencia de Longitud con el M90°WG (dato)  $\Delta\lambda - 0^{\text{h}}12^{\text{m}}18^{\text{s}}.10^{**}$

Corrección Aditiva (Anuario Pág. 177)  $C_2 + 0^{\text{h}}03^{\text{m}}38^{\text{s}}.41^*$

La Hora Sideral Local es: TSL  $23^{\text{h}}25^{\text{m}}49^{\text{s}}.58$

\* La Corrección aditiva  $C_2$  (conversión de tiempo medio en Sidero) se obtuvo de la siguiente forma:

	TMM90°WG	C <sub>2</sub>
	$22^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}$	$3^{\text{m}}36^{\text{s}}.84$
	$0^{\text{h}}09^{\text{m}}30^{\text{s}}$	$0^{\text{m}}01^{\text{s}}.56$
	$0^{\text{h}}00^{\text{m}}03^{\text{s}}$	$0^{\text{m}}00^{\text{s}}.01$
SUMAS	$22^{\text{h}}09^{\text{m}}33^{\text{s}}$	$3^{\text{m}}38^{\text{s}}.41$

\*\* Se le aplica el signo negativo por estar dicho lugar al Oeste del M90°WG.

## EJERCICIO No. 5

Indicar qué Estrella fue la que culminó el día 25 de Mayo de -  
1983, a las  $14^{\text{h}} 48^{\text{m}} 31.09^{\text{s}}$  de TIEMPO MEDIO LOCAL, en el Municipio  
de Indé Durango (Kiosko del Jardín Flores) de Longitud  $7^{\text{h}} 00^{\text{m}} 41.5^{\text{W}}$

Datos:

Fecha 25 de Mayo 1983.  
Tiempo Medio Local TML  $14^{\text{h}} 48^{\text{m}} 31.09^{\text{s}}$   
Diferencia de Longitud  $\Delta\lambda$   $1^{\text{h}} 00^{\text{m}} 41.5^{\text{W}}$   
Hora Sideral HSO<sup>h</sup>M90<sup>W</sup>G  $14^{\text{h}} 22^{\text{m}} 34.92^{\text{s}}$

SOLUCION:

$$TSL = TML + HSO^{\text{h}}M90^{\text{W}}G + K_2 \left( TML \frac{W}{E} \Delta\lambda \right)$$

$$K_2 = 0.0027379$$

$$TML = 14^{\text{h}} 48^{\text{m}} 31.09^{\text{s}}$$

+

$$HSO^{\text{h}}M90^{\text{W}}G = 14^{\text{h}} 22^{\text{m}} 34.92^{\text{s}}$$

$$\underline{29^{\text{h}} 11^{\text{m}} 06.01^{\text{s}}}$$

$$\underline{24^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00.00^{\text{s}}}$$

$$TML + HSO^{\text{h}}M90^{\text{W}}G = 5^{\text{h}} 11^{\text{m}} 06.01^{\text{s}}$$

$$0.0027379 \times (15^{\text{h}} 49^{\text{m}} 12.19^{\text{s}}) = 0^{\text{h}} 02^{\text{m}} 35.93^{\text{s}}$$

$$TSL = 5^{\text{h}} 13^{\text{m}} 41.94^{\text{s}}$$

Ya que el TSL = A.R. (Ascensión Recta) cuando la Estrella culmina, y buscando en el Anuario Astronómico Nacional en la parte titulada "Posiciones Aparentes a la Hora del Paso Superior por el Meridiano 90°W.G.", se observa que el resultado aquí calculado coincide (por interpolación) con la AR de la Estrella Rigel ( $\beta$  de la Constelación Orionis).

## H O R A

### EJERCICIO No. 6

En Rosario, Sinaloa, el 15 de enero de 1983, el centro del Sol pasó por el Meridiano a las  $12^{\text{h}}13^{\text{m}}14^{\text{s}}$ , según el cronómetro cuyo tiempo era estimado. La longitud del lugar es de  $7^{\text{h}}03^{\text{m}}24^{\text{s}}.9$  Oeste de W. Calcule la corrección que hay que aplicar a este reloj para que marque la HORA LEGAL para dicho Estado y que por Decreto Oficial del día 13 de enero de 1949 es la del Meridiano  $105^{\circ}$  W.G.

DATOS:		
Fecha de observación:		15 Enero 1983
Longitud del Lugar, Rosario, Sinaloa	Anuario "Posiciones Geográficas"	$7^{\text{h}}03^{\text{m}}24^{\text{s}}.9$
Hora de paso del Sol por el Meridiano Local, según el cronómetro empleado	T cronómetro	$12^{\text{h}}13^{\text{m}}14^{\text{s}}$
SOLUCION:		
Hora de paso del Sol M90WG	Anuario "Efemérides del Sol"	$12^{\text{h}}09^{\text{m}}23^{\text{s}}.53$
Diferencia de longitud con M90WG	$\Delta\lambda = 7^{\text{h}}03^{\text{m}}24^{\text{s}}.9 - 6^{\text{h}}$	$1^{\text{h}}03^{\text{m}}24^{\text{s}}.90$
El Sol pasa por el Meridiano de Rosario, Sin. en --- tiempo de M90WG	$T_{M90WG} = \text{Hora paso M90}^{\circ}\text{WG} + \Delta\lambda$	$13^{\text{h}}12^{\text{m}}48^{\text{s}}.43$
Hora de paso del Sol Meridiano de Rosario, Sin., en tiempo del M105WG	$T_{M105WG} = T_{M90^{\circ}\text{WG}} - 1^{\text{h}}$	$12^{\text{h}}12^{\text{m}}48^{\text{s}}.43$
Hora de Paso del Sol Meridiano de Rosario, Sin., según el cronómetro empleado	T cronómetro	$12^{\text{h}}13^{\text{m}}14^{\text{s}}.00$
Corrección del Reloj	$\Delta T = T_{M105^{\circ}\text{WG}} - T \text{ cronómetro}$	$-0^{\text{h}}00^{\text{m}}25^{\text{s}}.57$

(Ejercicio Supuesto)

EJERCICIOS Nos. 7 y 8

H O R A

A PARTIR DEL REGISTRO SIGUIENTE, CALCULE LA CORRECCION  $\Delta T$  ASI COMO LA MARCHA DEL CRONOMETRO DE TMM90°WG.

FECHA: 25 Junio 1979

LUGAR:  $\lambda = 6^{\text{h}}36^{\text{m}}44^{\text{s}}.2$

S	RELOJ PATRON (1) Sidéreo T (2)	RELOJ POR COMPA RAR MEDIO (3)	STOP WATCH (4)	SINCRONIZACION DE LA LECTURA(3-4=5)	TRANSFORMACION DE TMM90°WG A TSL	$\Delta T^*$ (7)	$\Delta T - \Delta T$ (8)	$T' - T$ (9)	MARCHA DEL RELOJ $m = \frac{\Delta T - \Delta T}{T' - T}$
1	3 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .00	9 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .0	11 <sup>s</sup> .1	9 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> .9	3 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .65	-1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .65	-0 <sup>s</sup> .37	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .0	0.004111111
2	3 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .0	9 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> .0	7 <sup>s</sup> .1	9 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .9	3 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .98	-1 <sup>m</sup> 47.00	-0 <sup>s</sup> .73	1 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .0	0.00826415
3	3 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .0	9 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> .0	7 <sup>s</sup> .8	9 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .2	3 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .41	-1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .41	-0 <sup>s</sup> .03	1 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .0	0.000339622
4	3 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .0	9 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .0	6 <sup>s</sup> .2	9 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .8	3 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .12	-1 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .12	-0 <sup>s</sup> .50	1 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> .0	0.005649717
Σ		9 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .25							
	T'					$\Delta T'$			
1	4 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .0	11 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> .8	7 <sup>s</sup> .2	11 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .80	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .28	-1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .28	PROMEDIOS: $\Delta T = 1^{\text{m}}46^{\text{s}}.59$ $m = 0^{\text{s}}.00459115$ TMM90°WG = 10 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> .12		
2	4 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .0	11 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .5	7 <sup>s</sup> .3	11 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .70	4 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .27	-1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .27			
3	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .0	11 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> .5	7 <sup>s</sup> .3	11 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .70	4 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .38	-1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .38			
4	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .0	11 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> .5	7 <sup>s</sup> .2	11 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .80	4 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .62	-1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .62			
Σ		11 05 25							

\* En la página siguiente se muestran los cálculos efectuados para transformar el tiempo medio en Sidéreo.

$$TSL = HSO^h M90^{\circ}WG + TMM90^{\circ}WG + C_2 - \Delta\lambda$$

H <sub>SO</sub> <sup>h</sup> M <sub>90</sub> <sup>°</sup> WG	18 11 08.55	18 11 08.55	18 11 08.55	18 11 08.55
TMM <sub>90</sub> <sup>°</sup> WG	09 34 37.90	09 36 47.90	09 37 27.20	09 38 07.80
C <sub>2</sub>	00 01 34.40	00 01 34.75	00 01 34.86	00 01 34.97
Δλ	00 36 44.20	00 36 44.20	00 36 44.20	00 36 44.20
TSL	27 10 36.65	27 12 47.00	27 13 26.41	27 14 07.12
	24 00 00.00	24 00 00.00	24 00 00.00	24 00 00.00
TSL cronométrico	03 10 36.65	03 12 47.00	03 13 26.41	03 14 07.12
TSL reloj patrón	03 08 50.00	03 11 00.00	03 11 40.00	03 12 20.00
ΔT	-00 01 46.65	-00 01 47.00	-00 01 46.41	-00 01 47.12
H <sub>SO</sub> <sup>h</sup> M <sub>90</sub> <sup>°</sup> WG	18 11 08.55	18 11 08.55	18 11 08.55	18 11 08.55
TMM <sub>90</sub> <sup>°</sup> WG	11 04 22.80	11 04 52.70	11 05 32.70	11 06 22.80
C <sub>2</sub>	00 01 49.13	00 01 49.22	00 01 49.33	00 01 49.47
Δλ	00 36 44.20	00 36 44.20	00 36 44.20	00 36 44.20
TSL	28 40 36.28	28 41 06.27	28 41 46.38	28 42 36.62
	24 00 00.00	24 00 00.00	24 00 00.00	24 00 00.00
TSL cronométrico	04 40 36.28	04 41 06.27	04 41 46.38	04 42 36.62
TSL reloj patrón	04 38 50.00	04 39 20.00	04 40 00.00	04 40 50.00
ΔT	-00 01 46.28	-00 01 46.27	-00 01 46.38	-00 01 46.62

## EJERCICIO No. 9

Calcular la corrección del reloj, para las siguientes observaciones al Sol, hechas con tránsito de ingeniero.

Fecha: 7 Julio 1979      Estación: Fac. de Ing.      latitud =  $19^{\circ}19'50''$  N  
 Tránsito Wild T-2      Cronómetro Medio OMEGA      longitud =  $6^{\text{h}}36^{\text{m}}44^{\text{s}}.2$  W

## DATOS:

TMM $90^{\circ}$ IG       $9^{\text{h}}27^{\text{m}}59^{\text{s}}.5$   
 Promedio en alturas del Sol  $44^{\circ}43'37''.2$   
 Temperatura       $17^{\circ}\text{C}$   
 Presión atmosférica       $p' = 592\text{mm Hg.}$

## 10. CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA

Distancia zenital sin corregir	$Z' = 90^{\circ} - a'$	$45^{\circ}16'22''.8$
Refracción media	$r = 60''.6 \tan Z'$	$00^{\circ}01'01''.2$
Factor Barométrico	$B = \frac{p'}{762}$	$0.776902887$
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 t}$	$0.934230194$
Corrección por Refracción Atmosférica	$R = r \times B \times T$	$00^{\circ}00'44''.4$
Corrección por Paralaje	$P = 8''.8 \text{ Sen } Z'$	$00^{\circ}00'06''.2$
Distancia Zenital corregida	$Z = Z' + R - P$	$45^{\circ}17'00''.9$

2o. REDUCCION DE LA DECLINACION

Hora Promedio de Observación	TMM90°WG	9 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> .5
Hora de paso del Sol M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	12 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .8
Intervalo	Hora promedio- Hora de paso	-2 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .3
Variación Horaria en Declinac.	Anuario "Efemerides del Sol"	-00°00'14".98
Corrección	Intervalo x Variac.Horaria	+00°00'39".15
Declinación a la hora de paso por el M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	+22°35'52".9
Declinación al observar	Declinac. M90°WG+ Correcc.	22°36'32".05

3o. CALCULO DEL ANGULO HORARIO

$$\cos AH = \frac{\cos Z - \text{Sen } \phi \text{ Sen } \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

Cos Z 0.703598335

Sen  $\phi$  0.33101767

Sen  $\delta$  0.384438764

Cos  $\phi$  0.943624555

Cos  $\delta$  0.923150586

Cos AH 0.661620145

Angulo Horario (en grados de arco) AH 48°34'35".2

Angulo Horario (en tiempo) AH 3<sup>h</sup>14<sup>m</sup>18<sup>s</sup>.3

4o. CALCULO DE LA CORRECCION DEL RELOJ (  $\Delta T$  )

Ecuación del Tiempo (E)	Anuario "Efemerides del Sol"	00 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .83
Tiempo Medio Local (astronómico), TML = 12 <sup>h</sup> + E - AH		08 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> .5
Diferencia de Longitud con M90WG, $\Delta\lambda = \lambda$ estación - $\lambda$ M90WG		00 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .2
Tiempo Medio Meridiano 90 al Oeste de Greenwich (astronómico) TMM90WG = TML + $\Delta\lambda$		09 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> .7
Tiempo Medio Meridiano 90 al Oeste de Greenwich (cronométrico)		09 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> .5
CORRECCION DEL RELOJ (es la diferencia de ambos tiempos)		-00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .8



HORA

EJERCICIO No. 10

El día 3 de Enero de 1983 en un lugar de Latitud  $20^{\circ}39'54''N$ , se efectuaron observaciones al Sol con alturas iguales al E y W, los resultados arrojados fueron los siguientes:

$9^h29^m37^s$  al E,  $14^h38^m44^s$  al W

Cálculé la corrección  $\Delta T$  del reloj.

SOLUCION:

Las fórmulas a emplear son las siguientes:\*

$$\Delta \delta = \delta' - \delta = \Delta^h \delta (T' - T)$$

$$\Delta h = \frac{\Delta \delta \tan \phi \csc 1/2 I - \Delta \delta \tan \delta \cot 1/2 I}{30}$$

$$\Delta T = 12 + E - \frac{1}{2} (T + T') + \Delta h$$

donde:

$\delta, \delta'$  son las declinaciones en cada una de las observaciones.

$\Delta^h \delta$  es la variación horaria en declinación

$(T' - T)$  es el intervalo de tiempo entre ambas observaciones, expresado en horas.

$I$  es el intervalo de tiempo entre ambas observaciones, expresado en grados de arco.

$E$  es la ecuación del tiempo

$T, T'$  son las horas de observación.

\* Nota.- La deducción completa de las fórmulas a emplear se encuentra en la obra del Ing. R. Toscano "Métodos Topográficos"

DATOS:

Hora de observación al E	$T = 9^h 29^m 37^s$
Hora de observación al W	$T' = 14^h 38^m 44^s$
Variación Horaria en Declinación	$\Delta^h \delta = +14' 00''$
Declinación a las 12 <sup>h</sup> de T.C.	$\delta = -22^\circ 49' 34''.7$
Ecuación del Tiempo	$E = +4^m 26^s 30$
Latitud	$\phi = 20^\circ 39' 54'' N$
Intervalo de Observación en Horas ( $T' - T$ )	$= 5^h 09^m 07^s$
Intervalo de Observación en grados de arco $I$	$= 77^\circ 16' 45''$

CALCULO DE LA DECLINACION A LA HORA T

Hora de Observación	$T = 09^h 29^m 37^s 0$
12 <sup>h</sup> de T.C.	$= 12^h 00^m 00^s 0$
Intervalo	$I = -2^h 30^m 23^s 0$
Corrección = Intervalo x Var. Hor. en declin. C	$= 00^\circ 00' 35''.09$
Declinación del Sol a las 12 <sup>h</sup> de T.C.	$\delta^{12h} = -22^\circ 49' 34''.70$
Declinación	$\delta = \underline{-22^\circ 50' 09''.79}$

CALCULO DE  $\Delta \delta$

$$\Delta \delta = \Delta^h \delta (T' - T) = +14' 00'' (5^h 09^m 07^s)$$

$$\Delta \delta = 00^\circ 01' 12''.12$$

$$\Delta \delta = \underline{00^\circ 00' 72''.12}$$

CALCULO DE  $\Delta h$

$$\tan \phi = 0.377170585$$

$$\csc 1/2 I = 1.601487799$$

$$\tan \delta = -0.421101917$$

$$\cot 1/2 I = 1.25090494$$

$$\Delta \delta \tan \phi \csc 1/2 I = 0.012100816$$

$$\Delta \delta \tan \delta \cot 1/2 I = -0.010552727$$

$$\Delta h \times 30 = 0.022653543$$

$$\underline{\Delta h = 2^s.72}$$

CALCULO DE LA  $\Delta T$

$$12 + E = 12^h 04^m 26^s.30$$

$$1/2(T + T') = 12^h 04^m 10^s.50$$

$$\underline{\Delta h = 00^h 00^m 02^s.72}$$

LA CORRECCION DEL RELOJ ES:

$$\underline{\Delta T = +00^h 00^m 18^s.52}$$

EJERCICIO No. 11

H O R A

POR EL METODO DE ALTURAS IGUALES DE DOS ESTRELLAS, CALCULE LA  $\Delta T$  DEL CRONOMETRO NEGUS.

Con la observación cuyos datos se dan a continuación:

Fecha: 22 octubre 1971; Lugar: Jaumave, Tamps.; Latitud:  $23^{\circ}27'$

$\alpha$  Arietis al E;  $T_e = 22^h 14^m 34.5^s$ ;  $\alpha_e = 2^h 05^m 36.5^s$ ;  $\delta_e = 23^{\circ}20'01.3''$

110 Herculis al W;  $T_w = 22^h 22^m 42.8^s$ ;  $\alpha_w = 18^h 44^m 27.3^s$ ;  $\delta_w = 20^{\circ}31'05.8''$

$T_e = 22^h 14^m 34.5^s$	$\alpha_e = 2^h 05^m 36.5^s$	$\delta_e = 23^{\circ}20'01.3''$
$T_w = 22^h 22^m 42.8^s$	$\alpha_w = 18^h 44^m 27.3^s$	$\delta_w = 20^{\circ}31'05.8''$
$T_w - T_e = 00^h 08^m 08.3^s$	$\alpha_e - \alpha_w = 7^h 21^m 10.8^s$	$\delta_w - \delta_e = -2^{\circ}48'55.5''$
$1/2(T_w - T_e) = 00^h 04^m 04.15^s$	$1/2(\alpha_e - \alpha_w) = 3^h 40^m 35.4^s$	$1/2(\delta_w - \delta_e) = -1^{\circ}24'27.75''$
$T_w + T_e = 44^h 37^m 17.3^s$	$\alpha_e + \alpha_w = 4^h 50^m 03.8^s$	$\delta_w + \delta_e = 43^{\circ}51'07.1''$
$1/2(T_w + T_e) = 22^h 18^m 38.6^s$	$1/2(\alpha_e + \alpha_w) = 2^h 25^m 01.9^s$	$1/2(\delta_w + \delta_e) = 21^{\circ}55'33.5''$
<b>CALCULO DEL ANGULO HORARIO</b>	<b>CALCULO DE <math>\Delta AH</math></b>	<b>CALCULO DE LA CORRECCION <math>\Delta T</math></b>
$1/2(T_w - T_e) = +00^h 04^m 04.15^s$	$\frac{\tan \phi}{\text{Sen } AH} = \frac{0.433775116}{0.830626135} = 0.522226664$	$1/2(\alpha_w + \alpha_e) = 22^h 25^m 01.9^s$
$1/2(\alpha_e - \alpha_w) = +03^h 40^m 35.4^s$	$\frac{\tan \delta}{\text{Tan } AH} = \frac{0.402524073}{1.491703693} = 0.269841842$	$+ \Delta AH = -00^h 01^m 25.3^s$
$AH = 03^h 44^m 39.15^s$	$\frac{1}{2} \frac{\tan \phi}{\text{Sen } AH} - \frac{\tan \delta}{\text{Tan } AH} = 0.252384822$	$- 1/2(T_w + T_e) = -22^h 18^m 38.6^s$
$AH = 56^{\circ}09'47.2''$	$1/2(\delta_w - \delta_e) = -1^{\circ}24'27.75''$	$\Delta T = +00^h 04^m 57.9^s$
	$\Delta AH = (1 \times 2) / 15 = -0.023685848$	$a \text{ las } 22^h 18^m 38.6^s$
	$\Delta AH = -0^h 01^m 25.3^s$	

NOTA: El problema corresponde al No. 14 Pág. 89 del libro "Elementos de Astronomía de Posición", Ing. Manuel Medina Peralta.

LATITUD

EJERCICIO No. 12

La altura observada del borde superior del Sol al cruzar el meridiano de cierto lugar es de  $65^{\circ}36'40''$ . La longitud del lugar es  $6^{\text{h}}32^{\text{m}}$  Oeste, y la fecha 2 de marzo del año de 1979. La temperatura es de  $18^{\circ}$  y el error de índice del teodolito es  $+1'30''$ . Hállese la LATITUD del Lugar. (El Sol culminó al sur del Zenit).

SOLUCION:

La latitud se calculará por medio de la fórmula  $\phi = \delta \pm Z$ , ya que el Angulo Horario es igual a cero por haberse efectuado la observación en el instante de la culminación del Sol. Para reducir la declinación se determinará primero la hora de paso del Sol por el meridiano del Lugar, siendo esto posible pues conocemos la longitud del lugar. La distancia zenital se corregirá -- por índice, refracción, paralaje y semidiámetro.

DATOS:

Fecha de observación	= 2 de marzo de 1979
Altura del Sol (borde superior)	= $65^{\circ}36'40''$
Longitud del lugar	= $6^{\text{h}}32^{\text{m}}$
Temperatura	= $18^{\circ}\text{C}$
Error de índice	= $00^{\circ}01'30''$

DETERMINACION DE LA HORA DE PASO DEL SOL POR EL MERIDIANO DEL LUGAR

Longitud del Lugar (en horas) $\lambda_1$	Dato	$6^h 32^m 00^s$
Meridiano 90WG (en horas) $\lambda_{M90}$		$6^h 00^m 00^s$
Diferencia de Longitud ( $\Delta\lambda$ )	$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_{M90}$	$0^h 32^m 00^s$
Hora de paso del Sol M90WG	Anuario "Efemerides del Sol"	$12^h 12^m 14^s.77$
Hora de paso del Sol por el meridiano del Lugar	Hora de paso M90WG+ $\Delta\lambda$	$12^h 44^m 14^s.77$

REDUCCION DE LA DECLINACION

Hora de paso del Sol por el meridiano del Lugar		$12^h 44^m 14^s.77$
Hora de paso del Sol M90WG	Anuario "Efemerides del Sol"	$12^h 12^m 14^s.77$
Intervalo		$00^h 32^m 00^s.00$
Variación Horaria en Declinac.	Anuario "Efemerides del Sol"	$+00^{\circ} 00' 56''.98$
Corrección	Intervalo x Variac. Horar.	$+00^{\circ} 00' 30''.38$
Declinación del Sol en el M90WG	Anuario "Efemerides del Sol"	$-07^{\circ} 13' 44''.93$
Declinación del Sol al paso por el meridiano del Lugar	Declinación M90WG+Corrección	$-07^{\circ} 13' 14''.54$

CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA

Distancia zenital s/c	$Z' = 90^{\circ} - a'$	$24^{\circ} 23' 20''$
Refracción media	$r = 60''/6 \tan Z'$	$00^{\circ} 00' 27''.47$
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 t}$	0.93283582

Corrección por refracción atmosférica	$R = r \times t$	00°00'25"62
Corrección por paralaje	$P = 8"8 \text{ sen } Z'$	00°00'03"63
Corrección por semidiámetro (sd)	Anuario Página 30	00°16'09"83
Corrección por índice (I)	Dato	+00°01'30"0
Distancia zenital corregida	$Z = Z' + R - P + Sd. - I$	24°38'21"8
Latitud del Lugar	$\phi = \delta + Z^*$	<u>17°25'07"2N</u>

\* La Z se toma con signo positivo (+)

## EJERCICIO No. 13

La altura observada del borde inferior del Sol cuando atraviesa el meridiano de cierto lugar es  $63^{\circ}22'18''$ , culmina al sur del zenit. La observación se hace a las  $11^{\text{h}}34^{\text{m}}20^{\text{s}}$  hora oficial del meridiano  $105^{\circ}$  (República Mexicana) el 13 de septiembre de 1979 y la temperatura es de  $15^{\circ}\text{C}$ . Calcúlese la latitud del Lugar.

## SOLUCION:

Ya que la observación al Sol se realizó en el momento de su culminación, el Angulo Horario es igual a cero, por lo que la latitud se obtendrá mediante la fórmula  $\phi = \delta \pm Z$ , donde la declinación será la reducida al instante de la observación y la distancia zenital será la corregida por refracción, semidiámetro y paralaje.

## DATOS:

Fecha de observación	= 13 Sept. 1979
Altura del Sol (borde inferior) culminación al Sur del zenit	= $63^{\circ}22'18''$
Hora de observación (oficial -- del Meridiano $105^{\circ}$ )	= $11^{\text{h}}34^{\text{m}}20^{\text{s}}$
Temperatura	= $15^{\circ}\text{C}$
Presión	= 762 mmHg.



REDUCCION DE LA DECLINACION

Hora de observación (referida al M90°WG)	Dato	12 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>
Hora de Paso del Sol M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	11 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> .82
Intervalo	Hora observ.- Hora de paso	00 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .18
Variación horaria en declinación	Anuario "Efemerides del Sol"	-00°00'57".21
Corrección	Intervalo x Variac. Horaria	-00°00'36".55
Declinación en el M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	+03°49'32".21
Declinación al observar	Declinación M90WG+Corrección	+03°48'55".65

CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA

Distancia zenital s/c	$Z' = 90 - a'$	26°37'42"
Refracción media	$r = 60.6 \text{ Tan } Z'$	00°00'30".38
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 t}$	0.943396226
Factor Barométrico	$\beta = \frac{P}{762}$	1.0
Corrección por refracción atmosférica	$R = r \times T \times \beta$	00°00'28".66
Corrección por paralaje	$P = 8.8 \text{ Sen } Z'$	00°00'03".94
Corrección por semidiámetro -- (S.d.)	Anuario Página 30	00°15'55".25
Distancia zenital corregida	$Z = Z' + R - P - Sd.$	26°22'11".47
Latitud del Lugar	$\phi = \delta + Z$	30°11'07".1 N

EJERCICIO No. 14

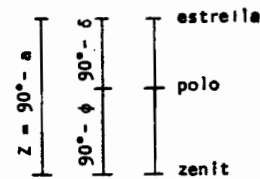
El 3 de Mayo de 1945, se observó la Polar en su culminación inferior con un tránsito de ingeniero, las alturas observadas fueron las siguientes:

- Telescopio directo..... 29°50'
- Telescopio invertido.... 29°51'
- Promedio ..... 29°50'30"

Encuentre la Latitud del lugar de observación.

SOLUCION:

\* Sea la Figura



$$Z = 90^\circ - \phi + 90^\circ - \delta$$

$$\phi = 180^\circ - Z - \delta$$

$$\phi = 180^\circ - (Z + \delta)$$

Distancia zenital sin corregir	$Z' = 90^\circ - a$	60°09'30"
Refracción media.....	$r = 60!6 \text{ Tan } Z'$	00°01'45!6
Distancia zenital corregida...	$Z = Z' + r$	60°11'15!6
Declinación de la Polar.....	Mayo 3, 1945**	89°00'06"
Latitud.....	$\phi = 180^\circ - (Z + \delta)$	30°48'38"

\*\* Tabla XIII "Apparent Places of Stars" 1945. Págs. 270,271 Practical Astronomy - Nassau J.

(Ejercicio tomado de la referencia anterior).

## LATITUD

### EJECICIO No. 15

Determinación de la LATITUD observando al Sol en cualquier posición.

Estación: Facultad de Ingeniería, C.U. México.

Fecha de observación	=	7 de julio de 1979
Longitud del lugar $\lambda$	=	$6^h 36^m 44^s.2$
Altura observada del Sol	=	$44^\circ 43' 00''$
Hora de observación (M90)	=	$9^h 27^m 59^s.5$
Adelanto del reloj ( $\Delta T$ )	=	$-48^s.5$
Presión atmosférica	=	592 mmHg
Temperatura	=	$17.6^\circ\text{C}$

#### SOLUCION:

Por ser una observación de alturas absolutas, la solución al problema se efectuará en función del Angulo Horario y la distancia zenital del Sol en el instante de observación.

#### CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL

Distancia Zenital sin corregir	$Z' = 90^\circ - 44^\circ 43' 00''$	=	$45^\circ 17' 00''$
Refracción Media	$r = 60.6 \text{ Tan } Z'$	=	$00^\circ 00' 61.2''$
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 t}$	=	0.9342302

Factor Barométrico	$B = \frac{P_i}{P_o}$	= 0.7769
Corrección por Refracción Atmosférica	$R = r \times t \times B$	= 00°00'44".42
Corrección por Paralaje	$P = 8".8 \text{ Sen } Z'$	= 00°00'06".21
Distancia Zenital corregida	$Z = Z' + R - P$	= <u>45°17'38".2</u>
<b>CALCULO DE LA DECLINACION</b>		
Hora de observación corregida por $\Delta T$		= 9 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>
Hora de paso del Sol por el meridiano 90 WG	Anuario "Efemerides del Sol"	= 12 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .8 ✓
Intervalo (en horas)		= - 2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .8
(en decimales)		= - 2.626888885
Variación horaria en declinación (V.δ)	Anuario "Efemerides del Sol"	= -00°00'14".98
Corrección	Intervalo por Variac. δ	= 00°00'39".35
Declinación al Paso M90WG	Anuario "Efemerides del Sol"	= 22°35'52".93
Declinación al observar	Declinac.al paso + Correc.	= <u>22°36'32".3</u>
<b>CALCULO DEL ANGULO HORARIO</b>		
Hora de paso del Sol por el meridiano 90WG	(12 + E)	= 12 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .8
Diferencia de longitud con el 90°	Anuario "Posiciones Geograficas"*	= <u>36<sup>m</sup>44<sup>s</sup>.2</u>
Hora de paso del Sol por el meridiano local en hora del 90°	(12 + E) + Δλ	= 12 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .0
* al Oeste del 90°		

Hora de observación corregida (TMM90WG) = 9<sup>h</sup>27<sup>m</sup>11<sup>s</sup>.0  
 por adelanto del reloj

Angulo Horario (en tiempo) AH =  $\{(12+E) + \Delta\lambda\} - \text{TMM90}^\circ\text{WG} = 3^{\text{h}}14^{\text{m}}21^{\text{s}}.0$

Angulo Horario (en arco) = 48°35'15".0

CALCULO DE LA LATITUD

$$\tan n = \frac{\tan \delta}{\cos AH}$$

$$\tan \delta = 0.416443564$$

$$\cos AH = 0.661475498$$

$$\tan n = 0.629567634$$

$$n = 32^\circ 11' 35''.4$$

$$\cos (n - \phi) = \frac{\cos Z \text{ Sen } n}{\text{Sen } \delta}$$

$$\cos Z = 0.703469822$$

$$\text{Sen } n = 0.532775351$$

$$\cos Z \text{ Sen } n = 0.374791381$$

$$\text{Sen } \delta = 0.384439887$$

$$\cos (n - \phi) = 0.974902434$$

$$(n - \phi) = 12^\circ 51' 49''.3$$

$$\text{Latitud del Lugar: } \phi = n - (n - \phi) = 19^\circ 19' 46''.1^*$$

\* El Anuario Astronómico Nacional en la Sección titulada Posiciones Geográficas, indica que dicho lugar tiene por latitud  $\phi = 19^\circ 19' 50''$ . Es de hacer notar que para lograr resultados satisfactorios al emplear este método, se requiere conocer con bastante aproximación la hora de observación, ya que es fundamental en el cálculo del ángulo horario, y por estar el método en función de éste, algunos minutos en tiempo de adelanto (+ ó -) introducirá errores considerables en el cálculo de la Latitud.

EJERCICIO No. 16

LATITUD

METODO DE DISTANCIAS ZENITALES CIRCUMMERIDIANAS DEL SOL PARA LA DETERMINACION DE LA LATITUD

Fecha: 16 de febrero de 1983.

Estación: Facultad de Ingeniería, C.U. México, D.F. Placa DETENAL

Instrumentos: Teodolito Wild T2, Cronómetro medio de cuarzo "Aries".

Temperatura: 18°C

Presión: 607mmHg.

N U M E R O			CIRCULO VERTICAL	DISTANCIA ZENITAL SIN CORREG.	CORRECCION REFRACC. Y PARALEJE	SEMIDIA METRO	DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA	T I E M P O OBSERVADO	12 <sup>h</sup> + E	Δλ	HORA DE PASO POR EL MERIDIANO --- LOCAL	A N G U L O HORARIO (AH)
S	P	LIMBO										
1	D	Sup.	31°58'03.0	31°58'03.0		-	31°42'13.3	12 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>				-06 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .98
2	I	Inf.	328°34'34.4	31 25 25.6		+	31 42 01.7	12 45 42				-05 09.98
3	I	Inf.	328 34 57.0	31 25 03.0		+	31 41 39.1	12 46 12				-04 39.98
4	D	Sup.	31 56 17.0	31 56 17.0		-	31 40 27.3	12 47 49				-03 02.98
5	D	Sup.	31 56 11.0	31 56 11.0		-	31 40 21.3	12 48 29				-02 22.98
6	I	Inf.	328 36 31.6	31 23 28.4		+	31 40 04.5	12 49 41				-01 10.98
7	I	Inf.	328 36 34.0	31 23 26.0		+	31 40 02.1	12 50 12				-00 39.98
8	D	Sup.	31 55 23.9	31 55 23.9	+ 23.2	- 16'12.9	31 39 34.2	12 51 39	12 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .78	36 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .20	12 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .98	+00 47.62
9	D	Sup.	31 55 24.1	31 55 24.1		-	31 39 34.4	12 52 17				+01 25.02
10	I	Inf.	328 36 04.0	31 23 56.0		+	31 40 32.1	12 54 43				+03 51.02
11	I	Inf.	328 35 49.0	31 24 11.0		+	31 40 47.1	12 55 11				+04 19.02
12	D	Sup.	31 56 53.8	31 56 53.8		-	31 41 04.1	12 56 51				+05 59.02
13	D	Sup.	31 57 08.0	31 57 08.0		-	31 41 18.3	12 57 27				+06 35.02
14	I	Inf.	328 34 20.0	31 25 40.0		+	31 42 16.1	12 58 12				+07 20.02

\* En Tiempo Medio del Meridiano 90°WG(TMM90°WG)

Los Angulos Horarios se calcularon por la diferencia entre la hora de paso del Sol por el Meridiano Local:12<sup>h</sup>50<sup>m</sup>51<sup>s</sup>.98; en tiempo del M90°WG, y las respectivas horas de observación.

El Factor C se calculó mediante la fórmula  $C = \frac{\cos \phi_0 \cos \delta_0}{\sin Z_0}$

El factor m se calculó por la fórmula  $m = \frac{2 \sin^2 \frac{1}{2} AH}{\sin^2 1''}$

ANGULO HORAR. EN ARCO	CALCULO DE LA DECLINA CION		LATITUD APRO XIMADA	m	C	DISTANCIAS ZENITALES MERIDIANAS Zm	LATITUDES $\phi = Z_n - \delta_o$
- 1°33'14.70	$\Delta^h \delta = + 51.8$			75.87	26	31°40'00.0	19°20'07.6
- 1 17 29.70	$\Delta \lambda = +36^m 44^s 2$			52.41	25	31 40 29.6	19 20 37.2
- 1 09 59.70	$E.. = +14^m 07^s 78$			42.76	20	31 40 24.0	19 20 31.5
- 0 45 44.70	$C = (\Delta \lambda + E..) \Delta^h \lambda$			18.26	17	31 39 55.2	19 20 02.7
- 0 35 44.70	$C' = 0^{\circ} 00' 43.9$			11.15	18	31 40 01.7	19 20 09.2
- 0 17 44.70	$\delta^{12} = -12^{\circ} 20' 36.4$			02.75	33	31 39 59.7	19 20 07.2
- 0 09 59.70				00.87	33	31 40 00.6	19 20 08.1
+ 0 11 45.30	$\delta_o = -12^{\circ} 19' 52.48$	$Z_o = 31^{\circ} 39' 34.2$	$\phi_o = 19^{\circ} 19' 41.7$	01.21	33	31 39 32.1	19 19 39.6
+ 0 21 15.30				03.94	32	31 39 27.5	19 19 35.0
+ 0 57 45.30				29.11	33	31 39 40.9	19 19 48.5
+ 1 04 45.30				36.59	17	31 39 42.8	19 19 50.3
+ 1 29 45.30				70.30	17	31 39 00.6	19 19 08.1
+ 1 38 45.30				85.11	18	31 38 48.8	19 18 56.3
+ 1 50 00.30				105.60	17	31 39 10.63	19 19 18.4

TUD PROMEDIO = 19°19'51.37

## EJECICIO No. 17

LATITUD

En un campamento minero de exploración de LATITUD desconocida, se hicieron observaciones a la Polar con la intención de obtener ésta en forma aproximada. Los resultados de la observación son los siguientes:

Fecha: 14 de febrero de 1983.

Altura de la Polar:  $23^{\circ}40'39''.5$ , la Estrella se encontraba al Oeste del meridiano local.

TMM90WG =  $19^h04^m42^s.2$   
 Corrección  $\Delta T$  del reloj =  $-1^m53^s.0$   
 Longitud del lugar =  $6^h43^m22^s.0$   
 Presión atmosférica = 610.9mmHg.  
 Temperatura =  $19^{\circ}\text{C}$ .

## SOLUCIÓN:

El método de Alturas de la Polar es el empleado para resolver el problema. La Altura observada se corregirá por refracción atmosférica. El tiempo medio de observación se transformará a Tiempo Sideral Local con el propósito de calcular el Angulo Horario.

## CALCULO DE LA ALTURA CORREGIDA

Distancia zenital s/c	$Z' = 90 - A$	= $66^{\circ}19'20''.5$
Refracción media	$r = 60''.6 \tan Z'$	= $00^{\circ}02'18''.2$
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 \times 19}$	= 0.929368029
Factor Barométrico	$B = \frac{610.9}{762}$	= 0.801706036
Corrección por Refracción Atmosférica	$R = r \times T \times B$	= $00^{\circ}01'42''.97$



Distancia Zenital corregida	$Z = Z' + R$	= 66°21'03".47
Altura corregida por refracción atmosférica	$A = 90^\circ - Z$	= <u>23°38'56".53</u>

TRANSFORMACION DE TMM90WG A TSL

$$TSL = HSO^h_{M90WG} + TMM90WG^m_{\frac{E}{W}} \Delta\lambda + C_2$$

Hora sidereal a las cero horas del meridiano 90° al Oeste de Greenwich	$HSO^h_{M90WG}(14-11-83)$	=+ 9 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .53
Tiempo medio del meridiano 90 al Oeste de Greenwich observado	TMM90°WG	=+19 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .20
Corrección aditiva	$C_2$	=+00 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .04
Diferencia de longitud con el 90°WG	$\Delta\lambda$	=-00 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .00
Tiempo Sidereal local de observación	TSL	= 27 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .77
		-24 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .00
	TSL	= <u>3<sup>h</sup>59<sup>m</sup>14<sup>s</sup>.77</u>

CALCULO DEL ANGULO HORARIO

$$TSL = AR \frac{W}{R} AH; \quad AH = TSL - AR$$

Tiempo Sidereal Local	TSL	= 3 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .77
Ascensión Recta de la Polar (14-11-83)	AR (Anuario Pág. 112)	= 2 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .60
Angulo Horario en Tiempo	AH	= 1 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .17
Angulo Horario en grados de arco	AH	= <u>26°21'47".55</u>

CALCULO DE LA LATITUD

$$\phi = A - p \cos AH$$

Altura de la Polar corregida A = 23°38'56".53

Declinación de la Polar (14-11-83)  $\delta$  (Anuario Pág. 112) = 89°11'29".50

Distancia Polar p = 90° - 89°11'29".50 = 00°48'30".50

Distancia Polar (en segundos) p' = 2910".5

Cos AH = 0.895997091

p' Cos AH = 2607".8

p' Cos AH = 00°43'27".8

LATITUD  $\phi = A - p' \cos AH = 22°55'28".73$

LATITUD

EJERCICIO No. 18

El día 25 de Marzo de 1983, se realizó una serie de observaciones a la Estrella Polar cuando ésta se encontraba al Oeste del Meridiano del Lugar, los resultados arrojados son los siguientes:

Altura Promedio de Observación	19°15'47".6
Presión Atmosférica	618.4 mmHg.
Temperatura	15°C
Tiempo Medio del 90 de Observación	19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .3
Corrección ΔT del Reloj	-00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .0
Longitud del Lugar	6 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> .0W

Determine la Latitud del Lugar de Observación.

SOLUCION

El Método de Littrow es el que nos aportará la solución al problema. Se transformará el tiempo medio de observación en sidereo, ya que con éste y la Ascensión Recta se calculará el Angulo Horario. La altura de observación se corregirá por refracción atmosférica.

Transformación de Tiempo Medio del Meridiano 90WG a Tiempo Sideral Local de observación:

$$TSL = HSO^h M90WG + TMM90WG \frac{E}{W} \Delta\lambda + C_2$$

Hora Sideral a las cero horas del meridiano 90° al Oeste de Greenwich (25-111-83)	H50 <sup>h</sup> M90WG	= +12 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .12
Tiempo Medio del Meridiano 90° al Oeste de Greenwich de Observación	TMM90WG	= +19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .30
Corrección Aditiva (C <sub>2</sub> )	C <sub>2</sub>	= + 3 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .90
Diferencia de Longitud con el Meridiano - 90WG	Δλ	= - 39 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> .00
<hr/>		
Tiempo Sideral Local de Observación	TSL	= 31 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .32
		= -24 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .00
<hr/>		
Tiempo Sideral Local de Observación	TSL	= 7 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .32
<hr/>		
CALCULO DEL ANGULO HORARIO		
$TSL = AR \frac{V}{E} AH ; AH = TSL - AR$		
Tiempo Sideral Local	TSL	= 7 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .32
Ascensión Recta de la Polar	AR (Anuario P. 112)	= 2 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> .68
<hr/>		
Angulo Horario en Tiempo		= 4 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .64
<hr/>		
Angulo Horario en grados de Arco		= 73°23'24".60
<hr/>		
CALCULO DE LA ALTURA CORREGIDA POR REFRACCION ATMOSFERICA		
Distancia Zenital s/c	Z' = 90° - 19°15'47".6	= 70°44'12".4
Refracción media	r = 60".6 Tan 70°44'12".4	= 0°02'53".4
Factor Termométrico	T = $\frac{1}{1 + 0.004 \times 15}$	= 0.943396226
Factor Barométrico	B = $\frac{618.4}{762}$	= 0.811548556
Corrección por Refracción Atmosférica	R = r x T x B	= 00°02'12".76
Distancia Zenital corregida	Z = Z' + R	= 70°46'25".16

Altura de la Polar corregida  $A = 90 - Z$

$A = 19^{\circ}13'34''.84$

CALCULO DE LA LATITUD

$$\phi = A - (p \cos AH - \frac{1}{2} p^2 \tan A \text{ Sen}^2 AH \text{ Sen } 1'')$$

Distancia Polar (Anuario - Pág.112)  $p = 90^{\circ}89'11'21''.51$   $= 00^{\circ}48'38''.49$

Distancia Polar en segundos  $p = 2918''.49$

$\cos AH = 0.285852834$

$p \cos AH = 834''.259 \dots (1)$

$p^2 = 8517583''.88$

$\tan A = 0.348752482$

$\text{Sen}^2 AH = 0.918288156$

$\text{Sen } 1'' = 0.0000048481$

$\frac{1}{2} p^2 \tan A \text{ Sen}^2 AH \text{ Sen } 1'' = 6''.612 \dots (2)$

$p \cos AH - \frac{1}{2} p^2 \tan A \text{ Sen}^2 AH \text{ Sen } 1'' = (1) - (2) = 827''.65 = 13'47''.65 (3)$

$\phi = A - (p \cos AH - \frac{1}{2} p^2 \tan A \text{ Sen}^2 AH \text{ Sen } 1'') = A - (3) = 18^{\circ}59'47''.19$

LATITUD

$\phi = 18^{\circ}59'47''.19$

## EJERCICIO No. 19

OBSERVACIONES AL SOL PARA EL CALCULO DE LA

LONGITUD: Fecha: 18-11-1983.

SOLUCION

$$\text{Sen } A = \text{Sen } \phi \text{ Sen } \delta + \text{Cos } \phi \text{ Cos } \delta \text{ Cos } AH$$

$$\text{Cos } AH = \frac{\text{Sen } A - \text{Sen } \phi \text{ Sen } \delta}{\text{Cos } \phi \text{ Cos } \delta}$$

## 1a. SERIE

$$A = 21^{\circ}24'25''.6$$

$$\phi = 23^{\circ}30'42''.2$$

$$\text{TMM90WG} = 8^{\text{h}}41^{\text{m}}37^{\text{s}}$$

$$12^{\text{h}} \text{ T.C.} = 12^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}.00$$

$$\text{Intervalo} = -3^{\text{h}}18^{\text{m}}23^{\text{s}}.00$$

$$\text{Corrección} = -03'16''.07$$

$$\text{Declinación M90WG} = -00^{\circ}58'00''.70$$

$$\text{Declinación} = -01^{\circ}01'16''.77$$

$$\text{Cos } AH = \frac{0.372103199}{0.916832794}$$

$$\text{Cos } AH = 0.405857208$$

$$AH = 66^{\circ}03'18''.52$$

## 2a. SERIE

$$A = 25^{\circ}58'07''.0$$

$$\phi = 23^{\circ}30'42''.2$$

$$\text{TMM90WG} = 9^{\text{h}}01^{\text{m}}57^{\text{s}}$$

$$12^{\text{h}} \text{ T.C.} = 12^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}.00$$

$$\text{Intervalo} = -2^{\text{h}}58^{\text{m}}03^{\text{s}}.00$$

$$\text{Corrección} = -02'55''.97$$

$$\text{Declinación M90WG} = -00^{\circ}58'00''.70$$

$$\text{Declinación} = -01^{\circ}00'56''.67$$

$$\text{Cos } AH = \frac{0.444950679}{0.916834382}$$

$$\text{Cos } AH = 0.485311946$$

$$AH = 60^{\circ}58'01''.52$$

1a. SERIE	2a. SERIE
TMM90WG + 6 <sup>h</sup> = 14 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> .00	TMM90WG + 6 <sup>h</sup> = 15 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> .00
(12 + E) = 12 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .21	(12 + E) = 12 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .21
Diferencia = 2 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .79	Diferencia = 2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .79
A H G = 38°21'41".85	A H G = 43°26'41".85
λ = AH + AHG = 104°25'00".37	λ = AH + AHG = 104°24'43".37
PROMEDIO	
λ = 104°24'51".87 W.G.	
λ = 6 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> .46 W.G.	

## EJERCICIO No. 20

En un lugar de Longitud desconocida se observó al Sol en el instante de su culminación superior por el Meridiano Local, el reloj que indicaba tiempo medio del meridiano  $90^\circ$  al Oeste de --- Greenwich (TM $90^\circ$ WG) proporcionó lo siguiente:  $12^{\text{h}}45^{\text{m}}03^{\text{s}}.1$ . La corrección  $\Delta T$  del reloj determinada previamente por medio de observaciones astronómicas fue de  $\Delta T = -1^{\text{m}}00^{\text{s}}.31$ . Fecha de observación: 9 de enero de 1983.

SOLUCION:

Tiempo Medio Observado	TM $90^\circ$ WG	$12^{\text{h}}45^{\text{m}}03^{\text{s}}.10$
Corrección del reloj	$\Delta T$	$-00^{\text{h}}01^{\text{m}}00^{\text{s}}.31$
Hora de paso del Sol por el M $90^\circ$ WG (12 + E)		$12^{\text{h}}07^{\text{m}}04^{\text{s}}.39$
Diferencia de Longitud con el M $90^\circ$ WG, $\Delta\lambda = (\text{TM}90^\circ\text{WG} + \Delta T) - (12 + E) = 00^{\text{h}}36^{\text{m}}58^{\text{s}}.4$		
Longitud del Lugar $\lambda = 6^{\text{h}} + 0^{\text{h}}36^{\text{m}}58^{\text{s}}.4$		$= 6^{\text{h}}36^{\text{m}}58^{\text{s}}.4$

(Ejercicio Supuesto).



LONGITUD

EJERCICIO No. 21

En cierto lugar, el centro del Sol pasa por el Meridiano a las  $12^{\text{h}}26^{\text{m}}37^{\text{s}}$  hora legal de México el 24 de Enero de 1983. Hállese la LONGITUD del Lugar.

SOLUCION:

Hora del paso del Sol M90WG día 24 de Enero de 1983	Anuario "Efemerides del Sol"	$12^{\text{h}}12^{\text{m}}05^{\text{s}}.49$
Hora de paso del Sol Meridiano del Lugar en tiempo - del M90WG (Legal de México)	Dato de Observación	$12^{\text{h}}26^{\text{m}}37^{\text{s}}.00$
Diferencia de longitud con M90°WG	$\Delta\lambda =$ Hora de paso Merid. del lugar - Hora de paso M90°WG	$0^{\text{h}}14^{\text{m}}31^{\text{s}}.51$
Diferencia de longitud en - Arco	$\Delta\lambda$	$3^{\circ}37'52''.64$
Longitud del lugar en horas	$\lambda$	$6^{\text{h}}14^{\text{m}}31^{\text{s}}.51$
Longitud del Lugar en Arco	$\lambda$	$93^{\circ}37'52''.65$

(Ejercicio Supuesto).

## EJERCICIO No. 22

Los relojes de tiempo medio local de los meridianos del Observatorio Meteorológico de Progreso, Yucatán, de Longitud  $5^{\text{h}}58^{\text{m}}38^{\text{s}}.0\text{W}$  y del Observatorio Astronómico de Tonantzintla, fueron comparados por radio señales, la diferencia entre ellos fue de  $+0^{\text{h}}35^{\text{m}}19^{\text{s}}.2$ , la corrección  $\Delta T$  de ambos relojes determinada previamente por observaciones Solares fue de  $+0^{\text{h}}00^{\text{m}}05^{\text{s}}$  para Progreso y  $+0^{\text{h}}00^{\text{m}}46^{\text{s}}.9$  para Tonantzintla. El atraso por transmisión y recepción de señales fue nulo. Determine la Longitud del Observatorio Astronómico de Tonantzintla, Puebla.

## DATOS:

Longitud Progreso	$\lambda_P = +05^{\text{h}}58^{\text{m}}38^{\text{s}}.0\text{W}$
Diferencia entre ambos relojes ( $TML_T - TML_P$ )	$= +00^{\text{h}}35^{\text{m}}19^{\text{s}}.2$
$\Delta T_P$ del reloj de Progreso	$+00^{\text{h}}00^{\text{m}}05^{\text{s}}.0$
$\Delta T_T$ del reloj de Tonantzintla	$+00^{\text{h}}00^{\text{m}}46^{\text{s}}.9$
Transmisión de señales	$-00^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}.0$
Atraso en recepción	$-00^{\text{h}}00^{\text{m}}00^{\text{s}}.0$

## SOLUCION:

$$(TML_{\text{Prog.}} + \Delta T_{\text{Prog.}}) - (TML_{\text{Tonz.}} + \Delta T_{\text{Tonz.}}) = \Delta \lambda$$

$$(TML_P - TML_T) + (\Delta T_P - \Delta T_T) = \Delta \lambda$$

$$(+00^{\text{h}}35^{\text{m}}19^{\text{s}}.2) + (5^{\text{s}}.0 - (+46^{\text{s}}.9)) = \Delta \lambda$$

$$(+00^{\text{h}}35^{\text{m}}19^{\text{s}}.2) + (-00^{\text{h}}00^{\text{m}}41^{\text{s}}.9) = \Delta \lambda = 00^{\text{h}}34^{\text{m}}37^{\text{s}}.3$$

$$\text{Longitud de Progreso } \lambda_P = 05^{\text{h}}58^{\text{m}}38^{\text{s}}.0\text{W}$$

$$\text{Longitud de Tonantzintla } \lambda_T = \lambda_P + \Delta \lambda = \underline{\underline{06^{\text{h}}33^{\text{m}}15^{\text{s}}.3\text{W}}}$$

(Ejercicio Supuesto).

## AZIMUT

### EJERCICIO No. 23

El 4 de octubre de 1979 la altura observada del Sol en un lugar dado fue de  $30^{\circ}51'45''$  a las  $10^{\text{h}}33^{\text{m}}10^{\text{s}}$  de la mañana (tiempo medio local). La latitud del lugar es de  $24^{\circ}37'46''$  Norte, y su longitud  $99^{\circ}41'29''$  oeste. La temperatura y presión eran respectivamente  $24^{\circ}\text{C}$  y  $670$  mmHg. El ángulo horizontal (medido en el sentido retrógrado) entre la base y el Sol fue de  $93^{\circ}27'36''$ .

Determinese el azimut del Sol, contado desde el Norte y el rumbo astronómico de la base.

#### DATOS:

Fecha de observación: 4 octubre de 1979

Altura del Sol:  $30^{\circ}51'45''$

Hora de observación  $10^{\text{h}}33^{\text{m}}10^{\text{s}}$   
(medio local)

Latitud del lugar:  $24^{\circ}37'46''$  N

Longitud del lugar:  $99^{\circ}41'29''$  Oeste

Temperatura:  $24^{\circ}\text{C}$

Presión:  $670$  mm. Hg.

Ángulo Horizontal  
(retrógrado):  $93^{\circ}27'36''$

#### SOLUCION:

Con los datos proporcionados, podemos resolver el triángulo astronómico ya que conocemos sus lados. Se requerirá reducir la declinación al instante de observación para lograrlo, se transformará la hora media local de observación en hora media del meridiano  $90^{\circ}\text{W.G.}$  La distancia zenital se corregirá por refracción atmosférica y paralaje.

CALCULO DE LA HORA DE OBSERVACION, REFERIDA AL MERIDIANO 90° OESTE

Tiempo medio local (TML)	Dato	10 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .00
Diferencia de longitud con el M90°WG Δλ en horas		<u>00<sup>h</sup>38<sup>m</sup>45<sup>s</sup>.93</u>
Tiempo medio de observación en T.C. TMM90°WG = TML + Δλ		11 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> .93

REDUCCION DE LA DECLINACION

Hora de observación	TMM90°WG (dato)	11 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> .93
Hora de paso del Sol por el M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	11 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .61
Intervalo	Hora de observ. - Hora de paso	-0 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .68
Intervalo	En horas y fracción	-0.61463333
Variación horaria en declinación	Anuario "Efemerides del Sol"	-00°00'57".98
Corrección	Intervalo x variación	00°00'35".64
Declinación al paso por M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	-04°19'09".93
Declinación al observar	Declin. al paso + Correc.	-04°18'34".29

CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA

Distancia zenital s/c	$Z' = 90^\circ - a'$	59°08'15"
Refracción media	$r = 60.6 \text{ Tan } Z'$	00°01'41".4
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 t}$	0.912408759
Factor Barométrico	$B = \frac{P1}{Po}$	0.879265091

Corrección x refracc. atmosférica	$R = r \times T \times B$	00°01'21''34
Corrección por paralaje	$P = 8''8 \text{ Sen } Z'$	00°00'07''55
Distancia zenital corregida	$Z = Z' + R - P$	59°09'28''78

CALCULO DEL AZIMUT

$$\cos U = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \phi \text{ Cos } Z}{\text{Cos } \phi \text{ Sen } Z}$$

$$\text{Sen } \delta = -0.0751445$$

$$\text{Sen } \phi = 0.416747995$$

$$\text{Cos } Z = 0.512672461$$

$$\text{Sen } \phi \text{ Cos } Z = 0.21365522$$

$$\text{Sen } \delta - \text{Sen } \phi \text{ Cos } Z = -0.288799721$$

$$\text{Cos } \phi = 0.909022061$$

$$\text{Sen } Z = 0.858584269$$

$$\text{Cos } \phi \text{ Sen } Z = 0.780472042$$

$$\text{Cos } U = -0.370032116$$

$$\text{Azimut del Sol} \quad U = 111^{\circ}43'03''35$$

$$\text{Azimut de la Base} \quad \text{Az} = U - \text{Ang. Horizontal} = 18^{\circ}15'27''35$$

$$\text{Rumbo Astronómico de la Base} \quad = N 18^{\circ}15'27''35 E$$

## EJERCICIO No. 24 •

En un lugar de latitud boreal  $28^{\circ}37'43''$ , la altura observada del centro del disco Solar (tomada como media de dos enfilaciones) a las  $15^{\text{h}}12^{\text{m}}00^{\text{s}}$  (hora legal del Pacífico, República Mexicana,  $M120^{\circ}WG$ ) del día 5 de enero de 1979 es  $23^{\circ}30'45''$ . La temperatura es  $14^{\circ}\text{C}$ . El ángulo horizontal medido - en el sentido retrógrado entre una base y el Sol es de  $81^{\circ}32'20''$ . Calcúlese el azimut del Sol en el momento dado. ¿Cuál es el azimut de la base terrestre?

## DATOS:

Fecha de observación:	5 enero 1979
Latitud del Lugar:	$28^{\circ}37'43''$ N
Altura del Sol	$23^{\circ}30'45''$
Hora de observación - (del Pacífico)	$15^{\text{h}}12^{\text{m}}00^{\text{s}}$
Angulo Horizontal se- ñal - Sol	$81^{\circ}32'20''$
Temperatura	$14^{\circ}\text{C}$

## SOLUCION:

El triángulo astronómico es susceptible de ser resuelto, ya que son conocidos sus lados, se requerirá efectuar de antemano la corrección por refracción y paralaje a la distancia zenital, así como reducir la declinación del Sol al instante de observación.

CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA

Distancia zenital sin corregir	$Z' = 90^\circ - a'$	66°29'15"
Refracción media	$r = 60.6 \tan Z'$	00°02'19.28
Factor Termométrico	$T = \frac{1}{1+0.004 t}$	0.946969697
Corrección por refracción atmosférica	$R = r \times T$	00°02'11.89
Corrección por paralaje	$P = 8.8 \sin Z'$	00°00'08.06
Distancia Zenital Corregida	$Z = Z' + R - P$	66°31'18.8

REDUCCION DE LA DECLINACION

Hora de observación (Pacífico) Dato		15 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
Hora de observación referida al M90°WG		17 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
Hora de paso del Sol M90°WG	Anuario "Efemerides del Sol"	12 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 21.59
Intervalo	Hora de obs. - Hora de paso	5 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 38.4
Variación Horaria en Declinac.	Anuario "Efemerides del Sol"	+00°00'15.71
Corrección	Intervalo x Variac. Horaria	00°01'20.29
Declinación a la hora de Paso	Anuario "Efemerides del Sol"	-22°37'21.14
Declinación al observar	Declin. M90°WG + Corrección	-22°36'00.8

CALCULO DEL AZIMUT

$$\cos U = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Cos } Z \text{ Sen } \phi}{\text{Sen } Z \text{ Cos } \phi}$$

$$\text{Sen } \delta = -0.384298903$$

$$\text{Cos } Z = 0.398398692$$

$$\text{Sen } \phi = 0.479130226$$

$$\text{Sen } Z = 0.917212342$$

$$\text{Cos } \phi = 0.877743827$$

$$\text{Sen } \delta - \text{Cos } Z \text{ Sen } \phi = -0.575183758$$

$$\text{Sen } Z \text{ Cos } \phi = 0.805077472$$

$$\text{Cos } (360-U) = -0.714445228$$

$$360-U = 135^{\circ}35'51''.9$$

Azimet del Sol (se toma el suplemento ya que la observación fue realizada por la tarde)

$$U = 224^{\circ}24'08''.1$$

Angulo Horizontal señal-Sol

$$\theta = 81^{\circ}32'20''.1$$

Azimet de la base (U - Ang. horizontal)

$$\text{Az} = 142^{\circ}51'48''.1$$



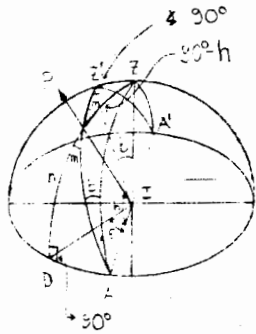
## AZIMUT

### EJERCICIO No. 25

Al hacer una observación azimutal del Sol, el eje vertical del teodolito está desviado  $l'$  de la vertical verdadera, desviación situada en un plano normal a la visual al Sol. La altura del Sol es de  $60^\circ$ . Calcúlese el error que esta inclinación produce en el ángulo horizontal comprendido entre la base y el Sol\*.

#### SOLUCION:

Al resolver este problema partiremos del supuesto de que el eje vertical del teodolito y el eje de alturas están perfectamente ajustados, esto es, son mutuamente perpendiculares. Si el eje principal del teodolito se encontrara en



posición vertical, el plano descrito por el anteojo sería el  $AZ A'$  de la figura, pero como está desviado, el plano que describe es el inclinado  $AZ' A'$ . Para una dirección  $IP$  en el espacio de altura  $h$  el plano  $ZPD$  corta en  $D$  al círculo horizontal proporcionándonos una lectura en el mismo, mayor que la que hubieramos tenido si el aparato no se encontrara en tal posición.

En el triángulo  $PZZ'$ , rectángulo en  $Z'$

$$\frac{\text{Sen } ZZ'}{\text{Sen } ZP} = \frac{\text{Sen } m}{\text{Sen } 90^\circ} \rightarrow \text{Sen } m = \frac{\text{Sen } b}{\text{cos } h}$$

\* Nota. El problema fue tomado de la serie incluida en el "Tratado de Topografía" de Davis.

En el triángulo PDA

$$\frac{\text{Sen PD}}{\text{Sen DA}} = \frac{1}{\text{Sen m}} \quad \text{esto se justifica ya que el ángulo PAD}$$
$$+ \frac{\text{Sen h}}{\text{Sen } \epsilon} = \frac{1}{\text{Sen m}} \quad \text{es muy próximo a } 90^\circ \text{ pues su complemento}$$

el ángulo  $\underline{b}$  es pequeño, y  $\text{Sen } 90^\circ = 1$ .

$$\text{Sen } \epsilon = \text{Sen h Sen m} = \text{Sen h} \frac{\text{Sen b}}{\text{Cos h}} = \text{Sen b Tan h, pero por ser } \epsilon \text{ y } \underline{b} \text{ pequeños.}$$

Entonces:

$$\epsilon = b \text{ Tan h} = b \text{ Cot Z}$$

Donde  $\underline{b}$  puede ser calculada mediante la siguiente:

$$b = \frac{1}{4} [(w + w') - (e + e')] d ;$$

Siendo  $w$ ,  $w'$ ,  $e$  y  $e'$  las lecturas en la burbuja del nivel efectuadas antes y después de la inversión del instrumento,  $d$  es el valor angular de una división del nivel (sensibilidad), que es una constante y se determina previamente en un banco de niveles. Este valor viene dado por el fabricante.

#### CONCLUSIONES

Todas las consideraciones aquí efectuadas son las que se realizan al determinar la corrección por error de inclinación del eje de alturas (llamado también eje secundario o de muñones) dicha corrección es conocida como "corrección por nivel".

Finalmente y de acuerdo con lo antes señalado sustituyendo valores Fórmula 1:

$$\epsilon = b \text{ Tan h} = 1' \text{ Tan } 60^\circ = 1'43''9 \quad \text{es el error demandado}$$

AZIMUT

EJERCICIO No. 26

Fecha de observación: 9 de Enero de 1983

Lugar: Vallecillos N.L.

Longitud:  $99^{\circ}58'02''W$ .

Estrella observada: La Polar al W del Meridiano.

Aparato: Troughton and Simms

Valor Angular de una división del nivel  $d = 2''5$ . El cero del nivel está al centro del tubo.

Hora de observación en tiempo del Meridiano  $90^{\circ}WG$   $TMM90^{\circ}WG = 20^h34^m12^s$

Altura de la Polar corregida por refracción  $a = 26^{\circ}02'40''$

Lectura Círculo Horizontal señal-Polar (retrógrado)  $K' = 133^{\circ}24'52''$

Lectura inicial a la señal M  $= 15^{\circ}20'19''$

Lectura al nivel: Posición Directa    Posición Inversa

W	E	W'	E'
2	21	16	7

SOLUCION

El azimut de la Polar se obtendrá en función del Angulo Horario y la Distancia Zenital de la Polar, las fórmulas a emplear consecutivamente son las siguientes:

$$TSL = TMM90^{\circ}WG + HSO^h M90^{\circ}WG^E \frac{\Delta\lambda + C_2}{W} (1)$$

TSL: tiempo sideral de observación.

TMM90°WG: tiempo medio.

$$AH = TSL - A.R. \quad (2)$$

HSO<sup>h</sup>M90°WG: hora sideral a las 0<sup>h</sup>

$\Delta\lambda$ : diferencia de longitud con el meridiano 90°

$$\text{Sen } U = \text{Cos } \delta \text{ Sen } AH \text{ csc } Z \quad (3)$$

C<sub>2</sub>: corrección aditiva.

$$b = \frac{1}{4} \{ (W + W') - (e + e') \} d \quad (4)$$

U: Azimut de la Polar.

e: corrección por nivel

$$e = b \text{ Cot } Z \quad (5)$$

K': Lectura círculo horizontal Señal-Polar sin corregir

$$K = (K' + e) \quad (6)$$

K: Lectura círculo horizontal Señal-Polar corregida por nivel.

$$AZ_B = U - (K - M)$$

AZ<sub>B</sub>: Azimut de la base medido en sentido retrógrado a partir del norte.

A.R.: Ascensión recta de la polar (anuario)

$\delta$ : declinación de la polar -- (anuario)

b: Inclinación eje secundario.

d: Valor angular 1 división del nivel.

Tiempo medio de observación (TMM90°WG)

= 20<sup>h</sup>34<sup>m</sup>12<sup>s</sup>

Hora sideral a las 0<sup>h</sup> (HSO<sup>h</sup>M90 WG) Anuario  
Página 26

= 7<sup>h</sup>12<sup>m</sup>50<sup>s</sup>.5

Diferencia de longitud con el 90°		=	0 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .1
Corrección aditiva (C <sub>2</sub> )	Anuario Pág. 177	=	0 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .7
Tiempo sideral local (TSL)	Fórmula 1	=	3 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .1
Ascensión recta de la Polar (α)	Anuario Pág. 112	=	2 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .02
Angulo Horario de Polar (AH)	Fórmula 2	=	0 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .08
Angulo Horario en grados de arco		=	13°57'31".2
Declinación de la Polar (δ)	Anuario Pág. 112	=	89°11'28".72
Distancia zenital de la polar (Z)	Z=90°-26°02'40"	=	63°57'20"
Coseno de la declinación	Cos δ	=	0.014113815
Senos del Angulo Horario	Sen AH	=	0.241221858
Cosecante de la distancia zenital de la Polar csc Z		=	1.113023371
Senos del azimut de la Polar	Fórmula 3 Sen U	=	0.003789355
Azimut de la Polar (negativo, por estar al W del meridiano) (U)		=	-13°01'16"
Azimut de la Polar	U	=	359°46'58".4
Inclinación del eje secundario	Fórmula 4	b =	-6".25
Corrección por nivel	Fórmula 5	c =	-3".05
Lectura círculo horizontal señal-Polar sin corregir K'	Fórmula 6	k' =	133°24'52"
Lectura círculo horizontal señal-Polar corregida por nivel	Fórmula 6	K =	133°24'48".9
Lectura inicial a la señal (M)		M =	15°20'19"
Angulo horizontal señal-polar	(K - M)	=	118°04'29".9
Azimut de la Base	Fórmula 7	AZ <sub>B</sub> =	241°42'28".5

\* El problema es supuesto, la finalidad del mismo como todos los de la serie es mostrar minuciosamente el proceso de cálculo.

AZIMUT

EJERCICIO No. 27

Determine la Hora en Tiempo del Centro, así como el Azimut de la Polar - en su Máxima Elongación Occidental para el día 17 de Marzo de 1983, en - un lugar localizado en el Municipio de Sombrerete, Zacatecas, cuyas coor - denadas geográficas son las siguientes: Latitud  $23^{\circ}37'53''N$ , Longitud --  $6^h54^m34^sW$ .

Al efectuar la observación se midió un ángulo horizontal en sentido retró - grado entre una base terrestre y dicha estrella, siendo éste de  $54^{\circ}27'41''$  Calcúle además el Azimut de la base.

DATOS:

Fecha de observación	17 Marz.83
Latitud del Lugar de Observación	$23^{\circ}37'53''N$
Longitud del Lugar de Observación	$6^h54^m34^sW$
Declinación de la Polar el 17-III-1983. Anuario Pág. 112	$\delta = 89^{\circ}11'23''.46$
Ascensión Recta de la Polar el 17-III-1983. Anuario Pág. 112 A.R.	$2^h13^m08^s.91$

SOLUCION

Cálculo de la Hora en Tiempo del Centro de la máxima elongación Occidental.

Cálculo del Angulo Horario  $\cos AH = \frac{\tan \phi}{\tan \delta}$

$\tan \phi = 0.43754182$

$\tan \delta = 70.71772019$

$\cos AH = 0.006187159$

Angulo Horario en Grados de Arco  $AH = 89^{\circ}38'43''.80$

Angulo Horario en Tiempo  $AH = 5^h58^m34^s.92$

Ascensión Recta de la Polar  $A.R. = 2^h13^m08^s.91$

Tiempo Sideral Local de la Elongación Occidental  $TSL_E = AR + AH^* = 8^h11^m43^s.83$

Tiempo del Centro de la Máxima Elongación Occidental

$$T_{M90^{\circ}WG} = T_{SL} - H_{SO}^{h}M_{90WG} \frac{W}{E} \Delta\lambda - C_3$$

Tiempo Sideral Local de la Máxima Elongación Occidental  $T_{SL_E} = 8^h 11^m 43^s.83$

Hora Sideral a las Cero Horas del  $M90^{\circ}WG$  -- (Anuario Página 26)  $H_{SO}^{h}M_{90WG} = 11^h 36^m 59^s.67$

Diferencia de Longitud con el  $M90^{\circ}WG$   $\Delta\lambda = 0^h 54^m 34^s.00$

$$T_{SL_E} - H_{SO}^{h}M_{90WG} + \Delta\lambda = -2^h 30^m 41^s.84$$

$$T_{SL_E} - H_{SO}^{h}M_{90WG} + \Delta\lambda = 21^h 29^m 18^s.16$$

$$C_3 = K_3 (T_{SL_E} - H_{SO}^{h}M_{90WG} + \Delta\lambda) = 0.0027304 \times (21^h 29^m 18^s.16) = 0^h 03^m 31^s.22$$

Hora en T.C. de la Máxima Elongación Occidental de la Polar  $T_{M90WG} = 21^h 25^m 46^s.94$

CALCULO DEL AZIMUT DE LA POLAR EN MAXIMA ELONGACION OCCIDENTAL

$$\text{Sen } U = \frac{\text{Cos } \delta}{\text{Cos } \epsilon}$$

$$\text{Cos } \delta = 0.014139313$$

$$\text{Cos } \epsilon = 0.916143265$$

$$\text{Sen } U = 0.015433518$$

$$U = 0^{\circ} 53' 03''.52$$

Azimet de la Polar en Elongación Occidental  $U_w = 360^{\circ} - U^{**} = 359^{\circ} 06' 56''.48$

CALCULO DEL AZIMUT DE LA BASE

Angulo Horizontal Señal-Polar  $\theta = 54^{\circ} 27' 41''.0$

Azimet de la Polar  $U_w = 359^{\circ} 06' 56''.48$

Azimet de la Base Terrestre  $Az = U_w - \theta = 304^{\circ} 39' 15''.48$

\* Para el caso de la Elongación Oriental, se toma el signo negativo (-)

\*\* Se tomó el ángulo suplementario por estar la Estrella al Oeste del Meridiano, en el caso de la Elongación Oriental el resultado es el arrojado directamente por la fórmula.

## EJERCICIO No. 28

El día 29 de enero de 1984 fueron observados con alturas iguales los bordes inferior y Oriental e Inferior y Occidental del Sol (tangencias en el 1o. y 2o. cuadrante).

Se pretende conocer el Azimut de la Línea 1-2, los resultados de la observación son los siguientes:

EST.	P.V.	CIRCULO HORIZONTAL	CIRCULO VERTICAL	H O R A	N O T A S
1	2	00° 00' 00"			$\phi = 19^{\circ}21'22''$ N. $\Delta T = + 22^s$ Temperatura 12°C El teodolito registra distancias zenitales. El Sol al sur -- del Zenit.
	X	235° 18' 15"	38° 38' 42"	12 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	
	X	263° 45' 30"	38° 38' 42"	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	
	2	00° 00' 00"			

Existen dos soluciones, dependiendo del empleo de la fórmula aproximada

$$U = 1/2 (L' - L) - \Delta^h \delta \text{ Sec } \phi \quad (0.587)$$

O la rigurosa

$$U = 1/2 (L' - L) - \frac{\Delta^h \delta (T_H - T'_H) \text{ Sec } \phi}{2 \text{ Sen } 1/2 (T' - T)}$$

Donde:

El suplemento de U es el Azimut referido al Norte.

L, L', son las lecturas del círculo horizontal.

$\Delta^h \delta$ , es la variación horaria en declinación.

$\phi$ , es la latitud del lugar de observación.

$T_H, T'_H$ , son los tiempos en horas

T, T', son los tiempos en grados de arco.



HORA DE OBSERVACION CORREGIDAS POR  $\Delta T$

Hora de observación cuando el Sol estaba al E	T	=	12 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>
Hora de observación cuando el Sol estaba al W	T'	=	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>
Diferencia de tiempos de observación en horas	(T' <sub>H</sub> - T <sub>H</sub> )	=	01 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>
Diferencia de tiempos de observación en grados de arco (T' - T)		=	17°54'15"
Variación Horaria en declinación	$\Delta^h \delta$	=	+00°00'39".7

CALCULO DEL AZIMUT

Fórmula aproximada	$1/2(L' - L)$	=	14°13'37".5	(1)
	$\Delta^h \delta$	=	+00°00'39".7	
	Sec $\phi$	=	1.059909455	
	$\Delta^h \delta$ Sec $\phi$ (0.587)	=	00°00'24".7	(2)
	U = (1) - (2)	=	14°13'12".8	
	180° - U	=	165°46'47".2	
	L	=	235°18'15"	
Azimuth de la Línea	Az = (180° - U) - L	=	-69°31'27".8	
	<u>Az</u>	=	<u>290°28'32".2</u>	

Por la fórmula rigurosa	$1/2(L' - L)$	=	14°13'37".5	(1)
	$\Delta^h \delta (T'_H - T_H)$ Sec $\phi$	=	0.013951458	(2)
	2 Sen $1/2(T' - T)$	=	0.311216806	(3)
	(2)/(3)	=	00°02'41".4	(4)
	U = (1) - (4)	=	14°10'56".1	

AZIMUT DE LA LINEA

Az = 290°30'48;9

Az = (180° - U) - L = -69°29'11;1

L = 235°18'15;4

180° - U = 165°49'03;9

AZIMUT

EJERCICIO No. 29

El día 7 de septiembre de 1983 se orientó la línea E21-E2, de la poligonal de apoyo para los trabajos periciales del Fundo Minero La Zacatecana II, en el Municipio de Chalchihuites, Zacs. Los resultados arrojados de la observación Soiar son los siguientes:

Hora de observación en Tiempo del Centro corregida por $\Delta T$		TMM90°WG 9 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .10
Angulo Horizontal señal-Sol	B	154°21'14".2
Altura del Sol (corregida)	A	39°19'19".6
Latitud de la Estación determinada previamente por observación Solar	$\phi$	23°28'58".6 N
Longitud de la Estación	$\lambda$	6 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .98W
CALCULO DE LA DECLINACION		
Hora de Observación		TMM90°WG = 9 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .10
12 horas T.C.		= 12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .00
Intervalo	I	= -2 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .90
Variación Horaria en Declinación	$\Delta^h \delta$	= -0°00'56".00
Corrección	C = I × $\Delta^h \delta$	= +0°02'15".59
Declinación a las 12 <sup>h</sup> de T.C.	$\delta$	= +6°05'15".60
Declinación al Observar	$\delta$	= +6°07'31".19

CALCULO DEL ANGULO HORARIO

Hora de paso del Sol por el Meridiano 90°WG  $(12^h + E) = 11^h 58^m 04^s.18$   
 Diferencia de Longitud con el Meridiano 90°WG  $\Delta\lambda = 0^h 54^m 51^s.98$   
 Hora de paso del Sol por el Meridiano del Lugar  $TML=(12^h+E)+\Delta\lambda = 12^h 52^m 56^s.16$   
 Hora de observación  $TMM90^\circ WG = 9^h 34^m 43^s.10$   
 Angulo Horario (AH, negativo por estar el Sol al E)  $AH=TML-TMM90^\circ WG = -3^h 18^m 13^s.06$   
 Angulo Horario en grados de arco  $AH = -49^\circ 33' 15.89''$

CALCULO DEL AZIMUT

$$\text{Cot } U = -\text{Tan } \delta \text{ Cos } \phi \text{ Csc } AH + \text{Sen } \phi \text{ Cot } AH$$

$\text{Tan } \delta = 0.107316342$   
 $\text{Cos } \phi = 0.917178731$   
 $\text{Csc } AH = -1.314021761$   
 $\text{Sen } \phi = 0.398476064$   
 $\text{Cot } AH = -0.852439551$   
 $-\text{Tan } \delta \text{ Cos } \phi \text{ Csc } AH = 0.129336884$   
 $+\text{Sen } \phi \text{ Cot } AH = -0.339676758$   
 $\text{Cot } U = -0.210339874$   
 $U = -78^\circ 07' 17.66''$   
 Azimut del Sol (U se resta de 180°, el Sol está al SE-  
 siendo - la Cot)  $U = 101^\circ 52' 42.34''$   
 Angulo Horizontal Señal-Sol  $B = 154^\circ 21' 14.2''$   
 Azimut de la Línea E21-E2  $Az = 307^\circ 31' 28.1''$   
 Rumbo de la Línea  $RAC = N52^\circ 28' 31.19'' W$

AZIMUT

EJERCICIO No. 30

Fecha de observación	10 Feb. 1983.
Línea orientada: Facultad de Ingeniería- Multifamiliar Cd. Univ.- México.	
Hora de observación en T.C.	TM90°WG = 16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .3
Angulo Horizontal señal-Sol (retrógrado)	$\beta = 6^{\circ}43'46''.9$
Longitud	$\lambda = 6^{\text{h}}36^{\text{m}}44^{\text{s}}.20$
Latitud del Lugar	$\phi = 19^{\circ}19'50''.0$

CALCULO DE LA DECLINACION	
Hora de observación	TM90°WG = 16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .3
12 horas T.C.	= 12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .0
Intervalo	$I = +4^{\text{h}}53^{\text{m}}16^{\text{s}}.3$
Variación horaria en declinación	$\Delta^{\text{h}}\delta = +0^{\circ}00'48''.4$
Corrección	$C = I \times \Delta^{\text{h}}\delta = 0^{\circ}03'56''.6$
Declinación a las 12 <sup>h</sup> de T.C.	$\delta = -14^{\circ}21'39''.0$
Declinación al observar	$\delta = -14^{\circ}17'42''.4$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO	
Hora de paso del Sol por el Meridiano 90°WG	$(12+E)^{\text{h}} = 12^{\text{h}}14^{\text{m}}15^{\text{s}}.77$
Diferencia de Longitud con el Meridiano 90°WG	$\Delta\lambda = 0^{\text{h}}36^{\text{m}}44^{\text{s}}.20$
Hora de paso del Sol por el Meridiano del Lugar	$TML = (12+E) + \Delta\lambda = 12^{\text{h}}50^{\text{m}}59^{\text{s}}.97$
Hora de observación	TM90°WG = 16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .30
Angulo Horario (positivo por estar el Sol al W)	$AH = TM90WG - TML = 4^{\text{h}}02^{\text{m}}16^{\text{s}}.33$
Angulo Horario en grados de Arco	= 60°34'04''.95



CALCULO DEL AZIMUT

$$\text{Cot } U = -\text{Tan } \delta \text{ Cos } \phi \text{ Csc } AH + \text{Sen } \phi \text{ Cot } AH$$

$$\text{Tan } \delta = -0.254805934$$

$$\text{Cos } \phi = 0.943624555$$

$$\text{csc } AH = 1.148184904$$

$$\text{Sen } \phi = 0.33101767$$

$$\text{Cot } AH = 0.564206145$$

$$- \text{Tan } \delta \text{ Cos } \phi \text{ csc } AH = 0.276070883$$

$$\text{Sen } \phi \text{ Cot } AH = 0.186762203$$

$$\text{Cot } U = 0.462833086$$

$$U = 65^{\circ}09'49''4$$

A U se le suman  $180^{\circ}$  ya que el Sol está al SW, siendo  $+ \text{Cot} = +180^{\circ}00'00''00$

$$\text{Azimut del Sol} \quad U = 245^{\circ}09'49''4$$

$$\text{Angulo Horizontal señal-Sol} \quad B = 6^{\circ}43'46''9$$

$$\text{Azimut de la Línea.} \quad \text{Az} = 238^{\circ}26'02''5$$

AZIMUT Y LATITUD

EJERCICIOS NOS. 31 Y 32,

El día 29 de diciembre de 1983 en la localidad denominada San Mateo Chipiltepec, Edo. de México, fue realizada la siguiente observación, con el objeto de conocer tanto el Azimut de una línea, así como la LATITUD DEL LUGAR. Determine lo anterior a través del Método conocido como La Polar y una Auxiliar.

EST.	P.V.	CIRCULO HORIZ.	CIRCULO VERT.	H O R A	N O T A S
1	2	00°00'00"			Observó: A. Padilla
	Sirio	90°26'59"	41°42'49"	23 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	Sirio al Este
	Polar	300°43'07"	69°50'04"	23 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>	ΔT = + 34 <sup>s</sup>
	2	00°00'00"			Temperatura 0°C °
					Az. Magn. 1-2 = 59°

FORMULAS:

$$\text{Sen AH}' = -\text{Sec. } \delta' \text{ Cos A}' \text{ Sen (B + U)} \quad (1)$$

$$\text{AH} = \text{AR}' - \text{AR} - i + \text{AH}' \quad (2)$$

$$\text{Sen U} = -\text{Cos } \delta \text{ Sec A Sen AH} \quad (3)$$

$$\phi = A - p \text{ cos Ah} \quad (4)$$

	P O L A R (α, Ursae Minoris)	S I R I O (α, Canis Majoris)
Alturas Corregidas (A y A')	20° 07' 11"	48° 16' 17"
Círculo Horizontal ( B )		+210° 16' 08"
Intervalo ( i )		- 0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>
Posición	Oeste	Este

Declinación	( $\delta$ y $\delta'$ )	+ 89°11'45.57	- 16°41'36.8
Ascensión Recta	(AR y AR')	2 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 42.516	6 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 27.0
Distancia Polar	(p)	0°48'14.43	

CALCULO DEL AH' (Fórmula 1), 1a. ITERACION

Sec  $\delta'$  = 1.04399956  
 Cos A' = 0.665603111  
 Sen B = -0.504058731  
 Sen AH' = -0.350265047

Angulo Horario de la Estrella Sirio AH' = -20°30'12.7  
 (negativo por estar al Este) AH' = -1<sup>h</sup>22<sup>m</sup>00.58

CALCULO DEL ANGULO HORARIO DE LA POLAR (Fórmula 2)

$$AH = AR' - AR - (-i) - AH'$$

	AR' - AR = 4 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 44.59
Intervalo positivo ya que se observó la	i = +0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 26.50
Estrella Auxiliar antes que la Polar	AH' = -1 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 00.58
Angulo Horario de la Polar	AH = 3 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 10.51
Angulo Horario de la Polar en grados de arco	AH = 51°17'31.5



CALCULO DEL AZIMUT (Fórmula 3)

$$\text{Cos } \delta = 0.014032132$$

$$\text{Sec } A = 1.064990057$$

$$\text{Sen } AH = 0.780344008$$

$$\text{Sen } U = 0.011661524$$

Azimut de la Polar

$$U = -0^{\circ}40'05''4$$

Angulo Horizontal Señal - Polar

$$\theta = 300^{\circ}43'07''0$$

Azimut de la Señal

$$\text{Az} = 360^{\circ} - \theta + U = \underline{58^{\circ}36'47.6}$$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO AH', SEGUNDA ITERACION

$$\text{Sen } \delta' = 1.04399956$$

$$\text{Cos } A' = 0.665603111$$

$$\text{Sen } (B+U) = -0.493952825$$

$$(B+U) = (210^{\circ}16'08'' + (-0^{\circ}40'05''4))$$

$$\text{Sen } AH' = -0.34324256$$

$$AH = -20^{\circ}04'28''4$$

$$AH = -1^{\text{h}}20^{\text{m}}17.9$$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO DE LA POLAR

$$AR' - AR = 4^{\text{h}}28^{\text{m}}44.9$$

$$i = +0^{\text{h}}18^{\text{m}}26.0$$

$$AH' = -1^{\text{h}}20^{\text{m}}17.9$$

En Horas

$$AH = 3^{\text{h}}26^{\text{m}}53.0$$

En grados de Arco

$$AH = 51^{\circ}43'15''0$$

CALCULO DEL AZIMUT DEFINITIVO

$$\text{Cos } \delta = 0.014032132$$

$$\text{Sec } A = 1.064990057$$

$$\text{Sen } A_1 = 0.785001676$$

$$\text{Sen } U = 0.011731126$$

Azimut de la Polar

$$U = -00^{\circ}40'19''.8$$

Círculo Horizontal Señal-Polar

$$\theta = 300^{\circ}43'07''.0$$

Azimut de la Señal (definitivo)

$$\underline{\text{Az}} = 360^{\circ} - \theta + U = \underline{58^{\circ}36'33''.2}$$

CALCULO DE LA LATITUD (Fórmula 4)

$$A = 20^{\circ}07'11''.0$$

(El AH es el calculado en la 1a. iteración)

$$P \text{ Cos } \underline{\text{AH}} = -00^{\circ}30'10''.0$$

LATITUD DEL LUGAR

$$\phi = \underline{19^{\circ}37'01''.0}$$

## AZIMUT Y LATITUD

### EJERCICIOS nos. 33 y 34.

Con los datos de la observación anterior, Calcule el AZIMUT Y LA LATITUD por medio de las Tablas del Anuario.

Fecha de observación: 29 diciembre 1983

	Polar	Sirio
Alturas A y A'	20°07'11"0	48°16'17"0
Círculo Horizontal		+210°16'08"0
Intervalo		- 0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> 0
Ascensión Recta	2 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .16	6 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .01
Posición	Oeste	Este
	Sen AH' = -Sec δ' Cos A' Sen B	
	AH = AR' - AR - i + AH'	
Declinación Sirio	δ' = -16°41'36"8	Sec δ' = 1.04399356
		Cos A' = 0.665603111
		Sen B = -0.504058731
		Sen AH' = -0.350265047
		AH' = -20°30'12"7
Angulo Horario de la auxiliar en horas		AH' = -1 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .8
Diferencia en Ascensiones Rectas		AR' - AR = 4 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .9
Diferencia		AR' - AR - AH' = 3 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .1
Intervalo		i = -0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .0
Angulo Horario de la Polar		AH = AR' - AR - AH' - (-i) = 3 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .1

Conocido el Angulo Horario y la Altura de la Polar,

calculamos su Azimut a través de la Tabla VI del Anuario:  $U = - 0^{\circ}40'29''2^*$

Angulo Horizontal Señal-Polar  $\theta = 300^{\circ}43'07''0$

Azimut de la Señal  $Az = 360^{\circ} - \theta + U = \underline{58^{\circ}36'23''8}$

Altura de la Polar  $A = 20^{\circ}07'11''0$

Reducción al Polo Tabla II  $c = \underline{-0^{\circ}30'40''3^{**}}$

Latitud del Lugar  $\phi = \underline{19^{\circ}36'30''7}$

\* De la Tabla VI (Azimutes de la Polar en función de la altura)

ALTURAS DE LA POLAR

Angulo Horario	20°	20°07'	22°	
3 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	39:7		40:3	
3 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	40:45	40:49 = 40:29:2	41:0	INTERPOLACION
3 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	41:2		41:7	

\*\* Tabla II, correcciones a las Alturas de la Polar (altura Polar = 45°)

Para un AH = 3<sup>h</sup>24<sup>m</sup> existe una corrección  $C' = -30:7 = -30'42''$

Para un AH = 3<sup>h</sup>30<sup>m</sup> existe una corrección  $C = -29.7 = -29'42''$

En AH = 6<sup>m</sup> existe una diferencia de = 1:0 60''

Para AH = 1<sup>m</sup> la corrección es de = 0:17 = 10''

De donde  $AH = 3^h 24^m$  la corrección es  $C' = -30.70 = -30' 42''$

$AH = 0^h 01^m$	$= + 0.17 = + 10''$
$AH = 3^h 25^m$	$C' = -30.53 = -30' 32''$

De la Tabla V-A correcciones a la Tabla II

ALTURAS	20°	
$AH = 3^h$	-7''	
$AH = 3^h 25^m$	-8.3	Finalmente la corrección es $C' = -30' 32.0$
$AH = 4^h$	-10''	<u>          - 8.3</u>
		$C = -30' 40.3$

### EJERCICIO No. 35

Calcúlese la variación del azimut del Sol que corresponde a 1' de variación en latitud, en declinación y en altura para la latitud de 19°20'N., declinación de 0° y alturas de 15° y 30°. Interprete los resultados.

#### SOLUCION:

El problema se resuelve a través de las fórmulas diferenciales para el azimut, las cuales serán presentadas en adelante. La discusión de las mismas, puede ser consultada en la obra: *Traité de Géodésie, Tome II, Astronomie Géodésique de Position, par Pierre Tardi et Georges Laclavère. Paris, 1855. Paragraphe 13, Applications des relations différentielles, Págs. 11-15.* Debido a que dichas fórmulas requieren del conocimiento tanto del ángulo horario como del ángulo paraláctico, serán estos los que se calculen en primera instancia.

CALCULO DEL ANGULO HORARIO PARA LAS ALTURAS DE 15° y 30° RESPECTIVAMENTE LATITUD 19°20' Y DECLINACION DE 0°.

$$\cos AH = \frac{\cos Z - \text{Sen } \phi \cdot \text{Sen } \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta}$$

Para una altura de 15°

$$\cos 75^\circ = 0.258819045$$

$$\text{Sen } 19^\circ 20' = 0.331063417$$

$$\text{Sen } 0^\circ = 0.$$

$$\cos 19^\circ 20' = 0.943608506$$

$$\cos 0^\circ = 1.$$

$$\cos AH = 0.274286468$$

Angulo Horario para la altura de 15°

$$AH = 74^{\circ}04'49''8$$

$$\cos 60^{\circ} = 0.5$$

$$\cos AH = 0.529880768$$

Angulo Horario para la altura de 30°

$$AH = 58^{\circ}00'09''3$$

#### CALCULO DEL ANGULO PARALACTICO PARA VALORES SIMILARES AL ANTERIOR

$$\cos Q = \frac{\sin \phi - \sin \delta \cos Z}{\cos \delta \sin Z}$$

$$\sin 19^{\circ}20' = 0.331063417$$

$$\sin 0^{\circ} = 0$$

$$\cos 75^{\circ} = 0.258819045$$

$$\cos 0^{\circ} = 1$$

$$\sin 75^{\circ} = 0.965925826$$

$$\cos Q = 0.342742069$$

Angulo Paraláctico para la altura de 15°

$$Q = 69^{\circ}57'21''5$$

$$\sin 60^{\circ} = 0.866025403$$

$$\cos Q = 0.382279105$$

Angulo Paraláctico para la altura de 30°

$$Q = 67^{\circ}31'30''2$$

#### CALCULO DE LA VARIACION DEL AZIMUT DEL SOL

10. Cuando la estrella es observada a una hora determinada, ( $dZ = 0$ ) una variación en declinación ( $d\delta = 1'$ ) hace variar el azimut ( $dAz$ ) de acuerdo a las relaciones:

$$dAz = \frac{-1}{\cos \phi \sin AH} \quad d\delta = \frac{1}{\sin Z \sin Q} d\delta$$

Para la Altura de 15°

$$d\phi \ 00^{\circ}01'00'' = 0^{\circ}01'00''$$

$$\text{Cos } 19^{\circ}20'00'' = 0.943608506$$

$$\text{Sen } 74^{\circ}04'49.8 = 0.961648014$$

$$d A_z = -00^{\circ}01'06''$$

Para la Altura de 30°

$$\text{Sen } 58^{\circ}00'09''.3$$

$$d A_z = -00^{\circ}01'15''$$

2o. Si la distancia zenital es fija ( $dz = 0$ ) y existe una variación en latitud igual a  $d\phi = 1'$ , el azimut varía ( $d A_z$ ) según las relaciones.

$$d A_z = \frac{1}{\text{Tan } AH \text{ Cos } \phi} \quad d\phi = \frac{\text{Cos } AH}{\text{Sen } Z \text{ Sen } Q} \quad d\phi$$

Para la Altura de 15°

$$d\phi \ 1' = 0^{\circ}01'00''$$

$$\text{Cos } 19^{\circ}20' = 0.943608506$$

$$\text{Tan } 74^{\circ}04'49''.8 = 3.505998075$$

$$d A_z = +0^{\circ}00'18''$$

Para la Altura de 30°

$$\text{Tan } 58^{\circ}00'09''.3 = 1.600495101$$

$$d A_z = +0^{\circ}00'39''.7$$



30. Para una estrella en un lugar determinado ( $d\delta = d\phi = 0$ ) las variaciones del azimut están dadas por las relaciones.

$$d A_z = + \frac{1}{\text{Sen } Z \text{ Tan } Q} \quad dZ = \frac{\text{Cos } Q}{\text{Cos } \phi \text{ Cos } AH} dZ$$

Para una Altura de  $15^\circ$

$$dZ \text{ 1' } = 0^\circ 01' 00''$$

$$\text{Sen } 75^\circ = 0.965925826$$

$$\text{Tan } 69^\circ 57' 21''.5 = 2.740922235$$

$$d Az = +0^\circ 00' 22''.6$$

Para la Altura de  $30^\circ$

$$\text{Sen } 60^\circ = 0.866025403$$

$$\text{Tan } 67^\circ 31' 30''.2 = 2.417202802$$

$$d Az = +0^\circ 00' 28''.6$$

Altitud	Declinación	Latitud	Distancia Zenital	Azimut del Sol	Variación en Azimut para 1' de variación en		
					Declinación	Latitud	Altitud
15°	00°00'	19°20'	75°00'	95°23'39"	-01' 06"	+00'18"	+00' 23"
30°	00°00'	19°20'	60°00'	101°41'12"	-01' 15"	+00'40"	+00' 29"

La tabla nos manifiesta el efecto de los errores en los lados del triángulo astronómico sobre la precisión del azimut calculado en el instante de la observación. La precisión depende tanto de la exactitud de las observaciones, correcciones en altura como también de la forma del triángulo astronómico, pues a medida que el Sol se acerca al meridiano combinado con errores en declinación y/o latitud, se pierde precisión, incrementándose los errores, tal como lo indica la tabla.

## LATITUD Y AZIMUT

EJERCICIOS Nos. 36 Y 37.

Observación Solar para la determinación de la LATITUD Y AZIMUT, -  
Método de Dos Posiciones (en función de la altura).

Fecha de observación: 18 de Marzo de 1983.					
Lugar: Municipio de Chalchihuites, Zacatecas.					
OBSERVACIONES					
EST.	P.V.	CIRC. HORIZ.	CIRC. VERT.	HORA T.C.	NOTAS
PP	Señal	00°00'00"0			
	Sol (1a)	335°02'17"7	21°26'52"7	8 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	La observación se realizó con teodolito Wild T2 y aditamento Solar de Roeloffs.
PP	Sol (2a)	337°30'11"9	26°00'05"8	9 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup>	
	Señal	00°00'01"1			
CALCULOS					
$h' = 337^{\circ}30'11''9$ $h = 335^{\circ}02'17''7$ $B = 2^{\circ}27'54''2 \quad B = (h' - h)$ $B_m = 336^{\circ}16'14''8 \quad B_m = 1/2 (h' + h)$					
$\text{1a. altura observ.} = 21^{\circ}26'52''7 \quad \text{2a. altura observ.} = 26^{\circ}00'05''8$ $\text{correcc. x refracc.} = 2'27''1 \quad \text{correcc. x refrac.} = 1'58''8$					
$A = 21^{\circ}24'25''6 \quad A = 25^{\circ}58'07''0$					
$A' - A = 4^{\circ}33'41''4 \quad A_m = 1/2 (A + A') = 23^{\circ}41'16''3$					

CALCULO DE LA DECLINACION

$$\begin{aligned} \text{Hora promedio de observación T.C.} &= 8^{\text{h}}51^{\text{m}}47.5^{\text{s}} \\ &= \underline{12^{\text{h}}00^{\text{m}}00.5^{\text{s}}} \\ \text{Intervalo (i)} &= -3^{\text{h}}08^{\text{m}}13.5^{\text{s}} \\ \text{Variación Horaria en Declinación } \Delta^{\text{h}}\delta &= +0^{\circ}00'59.3'' \\ \text{Corrección } C = i \times \Delta^{\text{h}}\delta &= -0^{\circ}03'06.0'' \\ \text{Declinación a las 12 h. T.C. } (\delta^{12\text{h}}) &= \underline{-0^{\circ}58'00.7''} \\ \text{Declinación al observar } \delta = C + \delta^{12\text{h}} &= -1^{\circ}01'06.7'' \end{aligned}$$

Nota: La observación al Sol se efectuó directamente al centro del mismo, por medio de un Prisma Solar de Roeloffs.

CALCULO DE LA LATITUD

$$\text{Tan } M = \frac{B \text{ Cos } Am}{A' - A}$$

$$\text{Sen } L = \text{Sen } Am \text{ Sen } \delta + \text{Cos } Am \text{ Cos } \delta \text{ Sen } M$$

$$\text{Cos } Am = 0.91574773$$

$$B \text{ Cos } Am = 2.257369031$$

$$A' - A = 4.5615$$

$$\text{Tan } M = 0.49487428$$

$$M = 26^{\circ}19'46.6''$$

$$\text{Sen } Am = 0.401753772$$

$$\text{Sen } \delta = -0.017775726$$

$$\text{Sen } Am \text{ Sen } \delta = -0.007141465$$

Cos Am = 0.91574773  
 Cos δ = 0.999841999  
 Sen M = 0.443534446  
 Cos Am Cos δ Sen M = 0.406101488  
 Sen L = 0.398960023  
L = 23°30'47.45N

LATITUD

Nota: La corrección por refracción se obtuvo de la Tabla XVI del Anuario, (Págs. 187 y 188).

CALCULO DEL AZIMUT

$$\text{Cot } U = \text{Cos Am Tan } \delta \text{ sec } M - \text{Tan } M \text{ Sen Am}$$

Cos Am = 0.91574773  
 Tan δ = 0.017778536  
 sec M = 1.115750991  
 Cos Am Tan δ sec M = -0.018165155  
 Tan M = 0.494873997  
 Sen Am = 0.401753772  
 Tan M Sen Am = 0.198817495  
 U = -0.21698265  
 U = -77°45'27.31  
 U = 102°14'32.69  
 Bm = 336°16'14.80  
Az = U - Bm = 125°58'17.9

Azímüt del Sol

Angulo horizontal señal-Sol

Azímüt de la Línea

LATITUD Y AZIMUT

EJERCICIOS Nos. 38 y 39.

Observación Solar, Método de Dos Posiciones (en función del intervalo de tiempo), para la determinación de la LATITUD y AZIMUT.

Fecha de Observación: Marzo 10 de 1983.

PRIMERA OBSERVACION				
Instrumento	Punto Visado	Angulo Horizontal H	Angulo Vertical A	Hora T.C. Hs
Posición directa	Señal	0°00'00"		
Posición directa	Sol	258°49'30"	19°49'30"	17 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>
Posición Inversa	Sol	79°31'00"	19°05'00"	17 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup>
Posición inversa	Señal	180°00'00"		
Promedios		259°10'15"	19°27'15"	17 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup>
SEGUNDA OBSERVACION				
		H'	A'	Hs'
Posición directa	Señal	0°00'00"		
Posición directa	Sol	260°41'00"	14°49'30"	17 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup>
Posición inversa	Sol	81°24'00"	14°00'00"	17 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>
Posición inversa	Señal	180°00'00"		
Promedios		261°02'30"	14°24'45"	17 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup>

CALCULOS:

1a. altura observada 19°27'15"0

2a. altura observada 14°24'45"0

Correc. x refracción 2'43".3

Correcc. x refracción 3'42".7

A = 19°24'31".7

A = 14°21'02".3

$$A_m = 1/2 (A + A') = 16^{\circ}52'47''$$

$$B = H' - H = 1^{\circ}52'15''$$

$$I = H's - Hs = 0^h21^m38^s = 5^{\circ}24'30''$$

$$BN = (H + H')/2 = 260^{\circ}06'22''.5$$

#### CALCULO DE LA DECLINACION

$$\text{Hora promedio de observación (T.C.)} = 17^h20^m10^s.0$$

$$12^h \text{ de T.C.} = \frac{12^h00^m00^s.0}{5^h20^m10^s.0}$$

$$\text{Intervalo (I)} = 5^h20^m10^s.0$$

$$\text{Variación Horaria en Declinación } \Delta^h\delta = 58''.7$$

$$\text{Corrección (I} \times \Delta^h\delta) = (C) = 0^{\circ}05'13''.2$$

$$\text{Declinación a las } 12^h \text{ T.C. } (\delta^{12h}) = -4^{\circ}07'16''.6$$

$$\text{Declinación al observar } (\delta = C + \delta^{12h}) = -4^{\circ}02'03''.4$$

#### CALCULO DE LA LATITUD

$$\text{Sen } \phi = \text{Sen } A_m \text{ Sen } \delta + \text{Cos}^2 A_m \left(\frac{B}{I}\right)$$

$$\text{Sen } A_m = 0.290363545$$

$$\text{Sen } \delta = -0.070353263$$

$$\text{Sen } A_m \text{ Sen } \delta = -0.020428023$$

$$\text{Cos}^2 A_m = 0.915689011$$

$$B/I = 0.345916795$$

$$\text{Cos}^2 A_m (B/I) = 0.316752208$$

$$\text{Sen } \phi = 0.296324185$$

Latitud del Lugar:

$$\phi = \underline{17^{\circ}14'13''.0 \text{ N}}$$

NOTA: La corrección por refracción se obtuvo de la Tabla XVI Págs. 187 y 188. del Anuario del Observatorio Astronómico Nacional. La corrección por paralaje se omitió debido a la precisión del método.

CALCULO DEL AZIMUT (EN FUNCION DEL INTERVALO DE TIEMPO ENTRE -  
LAS DOS OBSERVACIONES

$$\text{Cot} (U + \frac{1}{2} B) = \text{Tan } \delta \text{ Cos } A_m \text{ csc } Q - \text{Cot } Q \text{ Sen } A_m$$

$$\text{Cos } Q = \frac{B \text{ Cos } A_m}{1 \text{ Cos } \delta}$$

Cálculo del ángulo auxiliar Q

Cos $A_m$	= 0.956916407
Cos $\delta$	= 0.997522139
B Cos $A_m$	= 1.790231113
1 Cos $\delta$	= 5.394932236
Cos Q	= 0.331835699
Q	= 70°37'11"16

Cálculo del Azimut

Tan $\delta$	= -0.070528022
Cos $A_m$	= 0.956916407
csc Q	= 1.060066332
Cot Q	= 0.35176786
Sen $A_m$	= 0.290363545
Tan $\delta$ Cos $A_m$ csc Q	= -0.071543264
Cot Q Sen $A_m$	= 0.102140563
Cot $(U + \frac{1}{2} B)$	= -0.173683827

El resultado es un ángulo suplementario

$$(U + \frac{1}{2} B) = -80^{\circ}08'49''0$$

Este es el complemento de aquel

$$(U + \frac{1}{2} B) = 180^{\circ} - 80^{\circ}08'49'' = 99^{\circ}51'11''0$$

Azimut del Sol, posición media

$$U + \frac{1}{2} B = 260^{\circ}08'49''0$$

Angulo horizontal promedio

$$B_m = 260^{\circ}06'22''5$$

Azimut de la Línea

$$\text{Diferencia Az} = 00^{\circ}02'26''5$$



LATITUD Y AZIMUT

EJERCICIOS Nos. 40 y 41.

(El problema siguiente fue tomado del Primer Examen Final, Semestre 1983-1, de la materia Astronomía de Posición y Prácticas).

El 26 de Enero de 1983 se observó a la Polar al Oeste del meridiano de un lugar a las  $19^{\text{h}}26^{\text{m}}14.54$  TMM90WG, habiéndose medido su altura:  $17^{\circ}26'45''$ , y un ángulo horizontal retrógrado entre la señal y dicha Estrella de  $49^{\circ}27'35''$ . La longitud del Lugar de observación era  $6^{\text{h}}26^{\text{m}}40^{\text{s}}$  W.G., la temperatura  $10^{\circ}\text{C}$  y la presión 743 mmHg. Calcule:

- 1.- La Latitud del Lugar.
- 2.- El Azimut de la Estrella.
- 3.- El Azimut de la Señal.

NOTA. Para calcular los dos primeros incisos haga uso exclusivamente de las Tablas del Anuario Astronómico Nacional.

DATOS:

Fecha de observación	26 Enero 1983
Hora de observación en	TMM90WG = $19^{\text{h}}26^{\text{m}}14.54$
Altura observada	$a' = 17^{\circ}26'45''$
Angulo horizontal Señal - Polar (retrógrado)	$\theta = 49^{\circ}27'35''$
Longitud del Lugar al W.G.	$\lambda = 6^{\text{h}}26^{\text{m}}40^{\text{s}}$
Temperatura	$t = 10^{\circ}\text{C}$
Presión	$P = 743$ mm de Hg.

CALCULO DE LA ALTURA CORREGIDA POR REFRACCION

Altura observada	$a' = 17^{\circ}26'45''.0$
------------------	----------------------------

Refracción Media	$r = 60''6 \cot a' = 0^{\circ}03'12''83$
Factor Termométrico	$t = \frac{1}{1+0.004 \times t} = 0.961538461$
Factor Barométrico	$B = \frac{P}{P_0} = \frac{743}{762} = 0.975065616$
Corrección por Refracción Atmosférica	$R = r \times t \times B = 0^{\circ}03'00''79$
Altura de la Polar corregida	$A = a' - R = 17^{\circ}23'44''2$

TRANSFORMACION DE TMM90°WG A TSL

$$TSL = TMM90^{\circ}WG + HSO^hM90^{\circ}WG \frac{W}{E} \Delta\lambda + C_2$$

$$TMM90^{\circ}WG = 19^h26^m14^s.40$$

$$HSO^hM90^{\circ}WG = 8^h19^m51^s.98$$

$$\Delta\lambda = -0^h26^m40^s.00$$

$$C_2 = 0^h03^m11^s.58$$

---


$$27^h22^m37^s.96$$

$$-24^h00^m00^s.00$$


---

Tiempo Sideral Local

$$TSL = 3^h22^m37^s.96$$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO

$$TSL = AR \frac{W}{E} AH \quad ; \quad AH = TSL - AR$$

Tiempo Sideral Local

$$TSL = 3^h22^m37^s.96$$

Ascensión Recta de la Polar (26-I-1983)

$$AR = 2^h14^m17^s.58$$

Angulo Horario en Tiempo

---


$$AH = 1^h08^m20^s.38$$

CALCULO DE LA CORRECCION A LA ALTURA DE LA POLAR

Con el AH calculado, se entra a la Tabla II (Pág. 170) donde

para un valor del:

AH =  $1^{\text{h}}08^{\text{m}}20.538$ , le corresponde una corrección (por interpolación) de  $-46.97 =$   
 (la interpolación se muestra en la siguiente hoja)  $-46'58''0$

Más como la Tabla II fue calculada para una altura de  $45^{\circ}$ , se aplica  
 otra corrección de acuerdo a la altura considerada para esta ob-  
 servación ( $A = 17^{\circ}23'44''.21$ ), tal corrección se tomará de la Tabla V-A

(Pág. 174). (la interpolación se muestra en la siguiente hoja)  $= -0'01''.3$

Finalmente, la corrección a las alturas de la Polar es  $\Sigma = -46'59''.3$

CALCULO DE LA LATITUD

Altura de la Polar corregida por Refracción  $A = 17^{\circ}23'44''.2$

Corrección  $\Sigma = -0^{\circ}46'59''.3$

Latitud del Lugar de observación  $\phi = 16^{\circ}36'44''.9$

CALCULO DEL AZIMUT

De la Tabla VI (Pág. 175) y por interpolación \*\*\*  $U = -0^{\circ}14'94$

Azímüt de la Polar  $U = -0^{\circ}14'56''.2^{**}$

Azímüt de la Polar  $U = 359^{\circ}45'03''.8$

Angulo Horizontal Señal-Polar (retrógrado)  $\theta = 49^{\circ}27'35''.0$

\* Nota. Por la fórmula  $p \cos Ah$ , la corrección es de  $-46'21''.39$

\*\* Nota. Por la fórmula  $\text{Sen } U = \text{Cos } \delta \text{ Sen } AH \text{ csc } Z$ , el azímüt  $U = -14'55''.8$



**FACULTAD INGENIERIA**

Azimet de la Señal

$$Az = U - \theta = 310^{\circ}17'28''8$$

De la Tabla II (Las Tablas están calculadas al minuto)

Para un  $AH = 1^h06^m$  existe una corrección  $C = 47''1 = 47'06''$

Para un  $AH = 1^h12^m$  existe una corrección  $C' = 46''7 = -46'42''$

En  $AH = 6^m$  existe una diferencia de  $= 0.4 = 00'24''$

Para  $AH = 2^m$  la corrección es de  $= 0.13 = 00'08''$

De lo Anterior  $AH = 1^h06^m$  la corrección es  $C' = -47'10 = -47'06''$

$+9^h02^m$   $0.13 = 00'08''$

$AH = 1^h08^m$   $C' = -46'97 = -46'58''$

DE LA TABLA V-A CORRECCIONES A LA TABLA II

AH	ALTURAS DE LA POLAR			
	10°	17°24'	20''	
1 <sup>h</sup>	-1''		-1''	
1 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	-1''4	-1''3	-1''27	INTERPOLACION
2 <sup>h</sup>	-4''		-3''	

Finalmente, la corrección es:

$$C' = -46'58''0$$

$$- 1.3$$

$$C = -46'59''3$$

G.- 600102

\*\*\* DE LA TABLA VI.

AH	ALTURAS DE LA POLAR		
	16°	17°24'	18°
h m 1 00	13:1		13:3
h m 1 08	14:8	14:94 = 14:56:2	15:0
h m 1 10 <sup>m</sup>	15:2		15:4

INTERPOLACION

## EJERCICIOS Nos. 42 y 43.

Por una serie de observaciones, se determinó en cierta estación la Altura verdadera ( $24^{\circ}38'42''$ ) del centro del Sol, a las  $16^{\text{h}}15^{\text{m}}27^{\text{s}}$  (hora de México) el 25 de abril de 1979. El ángulo horizontal entre la base y el Sol, medido en el sentido retrógrado, es  $249^{\circ}24'36''$ , y la latitud del lugar  $21^{\circ}36'41''$  Norte. Calcule el ángulo horario y el azimut del Sol en el instante dado, determínese el azimut de la base y la longitud del lugar.

## DATOS:

Fecha de observación	25 abril 1979
Latitud del lugar	$21^{\circ}36'41''$ N
Altura verdadera del Sol	$24^{\circ}38'42''$
Hora de observación	$16^{\text{h}}15^{\text{m}}27^{\text{s}}$
Angulo horiz. (retrógrado)	$249^{\circ}24'36''$

## SOLUCION:

El triángulo astronómico puede ser resuelto, ya que están dados sus tres lados (se requerirá reducir la declinación al instante de la observación).

Distancia Zenital	$Z = 90^{\circ} - a$	$65^{\circ}21'18''$
-------------------	----------------------	---------------------

REDUCCION DE LA DECLINACION

Hora de observación	Dato	=	16 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>
Hora de paso del Sol M90WG	Anuario "Efemerides del Sol"	=	11 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> .51
Intervalo	Hora observ.-Hora de paso	=	4 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .49
Variac. Hor. en Declinac.	Anuario "Efemerides del Sol"	=	+00°00'49".45
Corrección	Intervalo x Variac. Horaria	=	00°03'32".19
Declinación hora de paso	Anuario "Efemerides del Sol"	=	+13°10'07".54
Declinación al observar	Declin. M90WG + Corrección	=	+13°13'39".73

CALCULO DEL AZIMUT

$$\cos Az = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Cos } Z \text{ Sen } \phi}{\text{Sen } Z \text{ Cos } \phi}$$

$$\text{Sen } \delta = 0.228821573$$

$$\text{Cos } Z = 0.416994776$$

$$\text{Sen } \phi = 0.36830936$$

$$\text{Sen } Z = 0.908908882$$

$$\text{Cos } \phi = 0.929703294$$

$$\text{Cos } (360 - Az) = 0.089037994$$

$$360 - Az = 84°53'30".24$$

Azimuth del Sol (se toma el Angulo Suplementario por haberse efectuado la observación por la tarde)  $Az = 275°06'29".76$

$$\text{Azimut de la base (M)} = 275°06'29".76 - 249°24'36". = 25°41'53".76$$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO DEL SOL

$$\cos AH = \frac{\cos Z - \text{Sen } \phi \text{ Sen } \delta}{\cos \phi \cos \delta}$$

Cos Z = 0.416994776

Sen  $\phi$  = 0.36830936

Sen  $\delta$  = 0.228821573

Cos  $\phi$  = 0.929703294

Cos  $\delta$  = 0.97346838

Cos AH = 0.367628877

Angulo Horario del Sol en grados de Arco AH = 68°25'49".95

Angulo Horario del Sol en tiempo AH = 4<sup>h</sup>33<sup>m</sup>43<sup>s</sup>.33

CALCULO DE LA LONGITUD

Ecuación del Tiempo E Anuario "Efemerides del Sol" = -00<sup>h</sup>02<sup>m</sup>00<sup>s</sup>.49

Tiempo Medio Local TML = 12 + E + AH = 16<sup>h</sup>31<sup>m</sup>42<sup>s</sup>.8

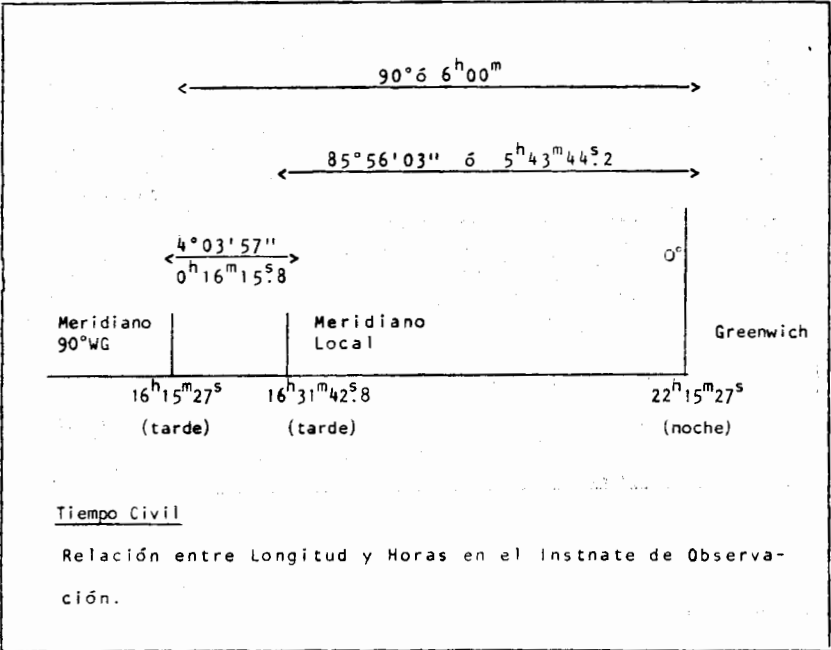
Tiempo de M90°WG = 16<sup>h</sup>15<sup>m</sup>27<sup>s</sup>.0

Diferencia de Longitud en Horas  $\Delta\lambda^h = \text{TM90°WG} - \text{TML} = -00<sup>h</sup>16<sup>m</sup>15<sup>s</sup>.8$

Diferencia de Longitud en grados de Arco  $\Delta\lambda^\circ = \Delta\lambda^h \times 15 = 04^\circ 03' 57''$

Longitud del Lugar  $\lambda = 90^\circ - 04^\circ 03' 57'' = 85^\circ 56' 03''$





Tiempo Civil

Relación entre Longitud y Horas en el Instnate de Observación.

## AZIMUT Y LONGITUD

### EJERCICIOS Nos. 44 y 45,

El 21 de Julio de 1983, en San José de Ranchos, Zacatecas, fué observado el Sol con el objeto de orientar una línea de poligonal, así como determinar la LONGITUD del lugar. El registro es el siguiente:

Nota: Efectúe los cálculos a través de las fórmulas logarítmicas, haciendo uso de ellos.

**DATOS:**

Altura Promedio corregida	Am = 30°26'36"
Angulo horizontal señal-Sol	θ = 69°01'03"
Hora promedio de observación (corregida)	= 8 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>
Latitud del Lugar	φ = 23°28'03"
Declinación al observar	δ = +20°27'19"

Las fórmulas a emplear son las siguientes:

Azímüt

$$\text{Sen}^2 \frac{1}{2} U = \frac{\text{Sen} \frac{1}{2} (Z + \phi - \delta) \text{Cos} \frac{1}{2} (Z + \phi + \delta)}{\text{Cos} \phi \text{ Sen} Z}$$

$$Z = 59^{\circ}33'24''$$

$$\phi = 23^{\circ}28'03''$$

$$\delta = 20^{\circ}27'19''$$

$$(Z + \phi - \delta) = 62^{\circ}34'08''$$

$$(Z + \phi + \delta) = 103^{\circ}28'46''$$

$$m = \frac{1}{2} (Z + \phi - \delta) = 31^{\circ}17'04''$$

$$n = \frac{1}{2} (Z + \phi + \delta) = 51^{\circ}44'23''$$

Aplicando la 1a. Ley de los logaritmos;

$$\log (AxB) = \log A + \log B$$

$$\text{Log Sen } m = 9.71541$$

$$\text{Log Cos } n = \underline{9.79186}$$

$$\text{Sumas} = 19.50727$$

$$\text{Log Cos } \delta = 9.96251$$

$$\text{Log Sen } Z = \underline{9.93557}$$

$$\text{Sumas} = 19.89808$$

$$\underline{10.00000}$$

$$\text{Diferencia} = 9.89808$$

$$19.50727$$

$$\underline{9.89808}$$

$$\text{Diferencia} = 9.60919$$

Aplicando la 2a. Ley

$$\log \frac{A}{B} = \log A - \log B$$

Aplicando la 3a. Ley

$$\underline{10.000000}$$

$$\text{Log Sen}^2 \frac{1}{2} U = \text{Sumas} = 19.60919$$

$$\text{Log } N^p = p \text{ Log } N \quad \text{Log Sen } \frac{1}{2} U = 19.60919/2 = 9.80459$$

$$\frac{1}{2} U = = 39^\circ 37' 03''.5$$

$$\text{Azimut del Sol} \quad U = = 79^\circ 14' 07''.0$$

$$\text{Angulo horizontal lseñal-Sol} \quad \delta = \underline{= 69^\circ 01' 03''}$$

$$\text{Azimut de la señal} \quad \underline{\text{Az} = \text{Diferencia} = 10^\circ 13' 04''.0}$$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO

$$\text{Sen}^2 \frac{1}{2} AH = \frac{\text{Sen } \frac{1}{2} (Z + \delta - \phi) \text{ Sen } \frac{1}{2} (Z + \phi - \delta)}{\text{Cos } \phi \text{ Cos } \delta}$$

	$(Z + \delta - \phi) = 56^{\circ}32'40''$
	$(Z + \phi - \delta) = 62^{\circ}34'08''$
	$m = 1/2(Z + \delta - \phi) = 28^{\circ}16'20''$
	$n = 1/2(Z + \phi - \delta) = 31^{\circ}17'04''$
De la 1a. Ley de los Logaritmos	Log Sen m = 9.67548
	Log Sen n = <u>9.71541</u>
Log (A x B) = log A + log B	Suma = 19.39089
<hr/>	
	Log Cos $\phi$ = 9.96250
	Log Cos $\delta$ = <u>9.97171</u>
Similar a la anterior	Sumas = 19.93421
	<u>10.00000</u>
	Diferencia = 9.93421
De la 2a. Ley	19.39089
	<u>9.93421</u>
Log $\frac{A}{B} = \text{Log A} - \text{Log B}$	Diferencia = 9.45668
De la tercera Ley	<u>-10.00000</u>
	Log Sen <sup>2</sup> 1/2 AH = Sumas = 19.45668
Log N <sup>p</sup> = p log N	Log Sen 1/2 AH = 19.45668/2 = 9.72834
	1/2 AH = = 32^{\circ}20'30''
	AH = = 64^{\circ}41'00''
ANGULO HORARIO DEL SOL (en Horas)	AH = = 4 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>

CALCULO DE LA LONGITUD

$$12^h + E = 12^h 06^m 20^s.3$$

$$\underline{AH = 4^h 18^m 44^s.0}$$

$$TML = \text{Diferencia} = 7^h 47^m 36^s.3$$

Tiempo de observación

$$TMM90 \text{ WG} = 8^h 32^m 29^s.0$$

$$\underline{TML = 7^h 47^m 36^s.3}$$

Diferencia de Longitud respecto  
al Meridiano 90 W. Greenwich.

$$\Delta\lambda = \text{Diferencia} = 0^h 44^m 52^s.7$$

## EJERCICIOS Nos. 46 y 47.

En un campamento minero de exploración se efectuaron observaciones Solares, con objeto de determinar el AZIMUT DE UNA LINEA BASE Y LA LONGITUD DEL LUGAR. La observación se efectuó el día 10 de septiembre de 1983, la latitud del lugar es de 23°28'42"5N y los datos arrojados son los siguientes:

Lectura inicial a la señal	00°00'00"0
Círculo horizontal al observar el Sol	C.H. = 205°58'52"5
Círculo Vertical	Z' = 67°05'12"2
Hora de observación en tiempo del M90°WG corregida	TMM90WG 8 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 47. <sup>s</sup> 47
Temperatura	18°C
Presión Atmosférica	603 mm Hg

SOLUCION:

El problema se resolverá simultáneamente a través del método cuyas fórmulas son:

$$\tan^2 \frac{1}{2} U = \frac{\text{Sen } (S - \delta) \text{ Cos } S}{\text{Sen } (S - \phi) \text{ cos } (S - Z)}$$

$$\cot \frac{1}{2} h = \frac{\text{Cos } S \text{ csc } (S - \phi)}{\tan \frac{1}{2} U}$$

$$S = \frac{Z + \phi + \delta}{2}$$

CALCULO DE LA DECLINACION:

Hora de observación	=	8 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .47
12 <sup>h</sup> de T.C.	=	12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .00
Intervalo	=	-3 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .53
Variación Horaria en Declinación	$\delta^h$ = -	56 <sup>''</sup> .80
Corrección	$C = (I \times \delta^h)$ =	0°03'24 <sup>''</sup> .68
Declinación a las 12 <sup>h</sup> de T.C.	=	4°57'26 <sup>''</sup> .40
Declinación al observar	$\delta$ =	<u>5°00'51<sup>''</sup>.08</u>

CALCULO DE LA DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA POR REFRACCION Y PARALAJE:

Distancia Zenital sin corregir	$Z'$ =	67°05'12 <sup>''</sup> .20
Refracción Media	$r = 60''6 \tan Z'$ =	0°02'23 <sup>''</sup> .36
Factor Termométrico	$T = 1/(1+0.004 \times 18)$ =	0.93283582
Factor Barométrico	$B = 603/762$ =	0.791338582
Corrección por Refracción Atmosférica	$R = r \times T \times B$ =	0°01'45 <sup>''</sup> .83
Corrección por Paralaje	$P = 8''8 \text{ Sen } Z'$ =	0°00'08 <sup>''</sup> .10
<u>Distancia Zenital Corregida</u>	$Z = Z' + R - P$ =	<u>67°06'49<sup>''</sup>.93</u>
Cálculo de:	$S = \frac{Z + \phi + \delta}{2}$ =	<u>47°48'11<sup>''</sup>.75</u>

CALCULO DEL AZIMUT:

$$\begin{aligned}
 (S - \delta) &= 42^{\circ}47'20''.67 \\
 (S - \phi) &= 24^{\circ}19'29''.25 \\
 (S - Z) &= -19^{\circ}18'38''.18 \\
 \text{Sen } (S - \delta) &= 0.679301386 \\
 \text{Cos } S &= 0.671678388 \\
 \text{Sen } (S - \delta) \text{ Cos } S &= 0.456272059 \\
 \text{Sen } (S - \phi) &= 0.41190868 \\
 \text{Cos } (S - Z) &= 0.943739756 \\
 \text{Sen}(S - \phi) \text{ Cos } (S - Z) &= 0.388734597 \\
 \text{Tan}^2 \frac{1}{2} U &= 1.173736688 \\
 U &= 94^{\circ}35'03''.39 \\
 \text{Azimut del Sol} & \\
 \text{Azimut de la Línea} & \quad A_z = U - C.H. = -111^{\circ}23'49''.11 \\
 \text{Azimut de la Línea} & \quad A_z = 248^{\circ}36'10''.89
 \end{aligned}$$

CALCULO DEL ANGULO HORARIO:

$$\begin{aligned}
 \text{Cos } S &= 0.671678388 \\
 \text{csc}(S - \phi) &= 2.427722568 \\
 \text{Cos } S \text{ csc}(S - \phi) &= 1.630648781 \\
 \text{Tan } \frac{1}{2} U &= 1.083391282 \\
 \text{Cot } \frac{1}{2} AH &= 1.505133748 \\
 \text{Angulo Horario en Grados de Arco} & \quad AH = 67^{\circ}11'58''.39 \\
 \text{Angulo Horario en Horas} & \quad AH = 4^h 28^m 47^s.89
 \end{aligned}$$



CALCULO DE LA LONGITUD:

Hora del Paso del Sol por el ML	12 + E	11 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> .39
Tiempo Medio Local	TML = 12 + E + AH*	7 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .50
Hora de observación	TMM90°WG	8 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .47
Diferencia de longitud respecto al M90WG	$\Delta\lambda = TMM90WG - TML$	0 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .97
Longitud respecto al Meridiano de Greenwich	$\lambda = 6^h + \Delta\lambda$	6 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .97**

Notas:

\* El signo aplicado al AH fue el negativo, ya que la observación se realizó por la mañana (el Sol no había pasado por la rama superior del Meridiano del Lugar).

\*\* El campamento minero se encuentra localizado en el Municipio de Chalchihuites, Zacs., cuya longitud es de 6<sup>h</sup>55<sup>m</sup>33<sup>s</sup> según el Anuario Astronómico Nacional, la diferencia entre ambas determinaciones es debida entre otras a las siguientes causas: El campamento no se encuentra exactamente en el sitio donde la Dirección de Geografía y Meteorología, realizó la observación; el método de observación y número de series realizado; la corrección del reloj.

EJERCICIOS Nos. 48, 49 y 50.

AZIMUT, LATITUD Y LONGITUD

FECHA DE OBSERVACION: 29 de Diciembre de 1993

H O R A			
EST.	P.V.	⊙	♄
1	2	00°00'00"	
	Sirio	90°26'59"	41°42'49" 23 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>
	Shedir	265°34'07"	63°32'17" 23 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>
ΔT = +34 <sup>s</sup>			

LUGAR DE OBSERVACION: SAN MATED CHIPILTEPEC, EDO. DE MEXICO

ESTRELLAS OBSERVADAS:	SIRIO AL ESTE, SHEDIR AL OESTE
HORA DE OBSERV. TIEMPO LEGAL:	23 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> .00    23 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .00
TIEMPO SIDERAL A LAS 0 <sup>h</sup> DE M90°WG:	6 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> .11    6 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> .11
CONVERSION DE TIEMPO MEDIO EN SIDEREO C <sub>2</sub>	3 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> .63    3 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .45
SUMAS	29 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .74    30 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .56
HORA SIDEREA DE OBSERVACION:	5 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .74    6 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .56

	T y T'	α y α'	δ y δ'	A y A'	A y δ	A' y δ'
Sirio (E)	5 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .74	6 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .0	-16°41' 36".8	48°16'17"	48°16'17"	26°25'41".3
Shedir (W)	6 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .53	0 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> .23	+56°27'10.00	26°25'41".3	-16°41' 36".8	+56°27'10".00
Semi sumas			19°52'46".6	37°20'59".1	15°47'20".1	41°26' 25".6
Semi difs.	0 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> .4	3 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .4	-36°34'23".4	10°55'17".9	32°28'56".9	-15°00'44".3
$\frac{1}{2} P = \frac{1}{2} (T' - T) + \frac{1}{2} (\alpha - \alpha') = 3^h 04^m 50^s.8 = 46^\circ 12' 42''$		$B = 175^\circ 07' 08''$		$1/2 B = 87^\circ 33' 34''$		
Cot 1/2 P = 0.958574725	Cot 1/2 P = 0.958574725	Cot 1/2 B = 0.04262151	Cot 1/2 B = 0.04262151			
Cos 1/2 (δ - δ') = 0.803096617	Sen 1/2 (δ - δ') = -0.595848826	Cos 1/2 (A - A') = 0.981887227	Sen 1/2 (A - A') = 0.189466285			
Sen 1/2 (δ + δ') = 0.340044924	Cos 1/2 (δ + δ') = 0.940409192	Sen 1/2 (A + A') = 0.606678882	Cos 1/2 (A + A') = 0.794947			
Tan 1/2 (M + M') = 2.263901221	Tan 1/2 (M - M') = -0.607358614	Tan 1/2 (N + N') = 0.068981331	Tan 1/2 (N - N') = 0.010158336			
1/2 (M + M') = 66°10'05".6	1/2 (M - M') = -31°16'21".9	1/2 (N + N') = 03°56'45".9	1/2 (N - N') = 00°34'55".2			
M = 34°53'43".7	M' = 97°26'27".5	N = 04°31'41".1	N' = 03°21'50".7			

CALCULO DE LA LATITUD

$Q = M - N = 30^{\circ}22'02''.6$

$Q' = N' - M' = -94^{\circ}04'36''.8$

Cot  $\delta = -3.334536199$   
 Cos Q = 0.862801549  
 Tan B = -2.877042999  
 B = -70°50'01''.0  
 (A+B) = -22°33'44''.0  
 Sen (A+B) = -0.383686523  
 Sec B = 3.045877656  
 Sen  $\delta = -0.287252785$   
 Sen  $\phi = 0.335701474$   
 $\phi = 19^{\circ}36'54''.7$

Cot  $\delta' = 0.66307146$   
 Cos Q' = -0.071095105  
 Tan B' = -0.047141135  
 B' = -02°41'56''.4  
 (A'+B') = 23°43'44''.9  
 Sen (A'+B') = 0.402413402  
 Sec B' = 1.001110535  
 Sen  $\delta' = 0.833430641$   
 Sen  $\phi = 0.335756115$   
 $\phi = 19^{\circ}37'06''.7$

LATITUD ACEPTADA  $\phi = 19^{\circ}37'00''.7$

CALCULO DEL AZIMUT

SIRIO  
 1/2 Q = 15°11'01''.3

Cot 1/2 Q = 3.684755637  
 Cos 1/2 (A -  $\delta$ ) = 0.843555776  
 Csc 1/2 (A +  $\delta$ ) = 3.675199002  
 Tan 1/2 (U + AH) = 11.42360966  
 1/2 (U + AH) = 84°59'49''.9  
 Azimut Sirio U = 149°03'53''.2  
 Angulo Hor.  $\theta = 90^{\circ}26'59''.0$   
 Señal - Sirio  
 Az. de = U -  $\theta = 58^{\circ}36'54''.2$   
 la Línea

SHEDIR

1/2 Q' = -47°02'18''.4  
 Cot 1/2 Q' = 0.931261413  
 Cos 1/2 (A' -  $\delta'$ ) = 0.965870216  
 Csc 1/2 (A' +  $\delta'$ ) = 1.510936471  
 Tan 1/2 (U' + AH') = -1.359053606  
 1/2 (U' + AH') = -53°39'14''.9  
 Azimut Shedir U' = -35°49'01''.0  
 U' = 324°10'59''.0  
 Ang. Horiz. -  $\theta' = 265^{\circ}34'07''.0$   
 Az. de = U' -  $\theta' = 58^{\circ}36'52''.0$   
 la Línea

AZIMUT ACEPTADO = 58°36'53''.1

CALCULO DE LA LONGITUD

Cot 1/2 Q = 3.684755637  
 Sen 1/2 (A -  $\delta$ ) = 0.537041575  
 Sec 1/2 (A +  $\delta$ ) = 1.039208672  
 Tan 1/2 (U - AH) = 2.056455717  
 1/2 (U - AH) = 64°04'03''.3  
 AH = 20°55'46''.6

Cot 1/2 Q' = -0.931261412  
 Sen 1/2 (A' -  $\delta'$ ) = -0.259026493  
 Sec 1/2 (A' +  $\delta'$ ) = 1.333966398  
 Tan 1/2 (U' - AH') = 0.321781212  
 1/2 (U' - AH') = 17°50'13''.9  
 AH' = 71°29'28''.8

Asc. Recta  $\alpha = 06^h 44^m 27^s.0$   
 AH en tiempo AH = 01<sup>h</sup>23<sup>m</sup>43<sup>s.1</sup>  
 TSL =  $\alpha - AH = 05^h 20^m 43^s.9$   
 Hora Sideral de Observación = 05<sup>h</sup>56<sup>m</sup>19<sup>s.7</sup>  
 Dif. de Long. = 00<sup>h</sup>35<sup>m</sup>35<sup>s.8</sup>

Asc. Recta  $\alpha' = 00^h 39^m 34^s.2$   
 AH en tiempo AH' = 04<sup>h</sup>45<sup>m</sup>57<sup>s.9</sup>  
 TSL =  $\alpha' + AH' = 05^h 25^m 32^s.1$   
 Hora Sideral de Observación = 06<sup>h</sup>01<sup>m</sup>08<sup>s.5</sup>  
 Dif. de Longitud = 00<sup>h</sup>35<sup>m</sup>36<sup>s.4</sup>

DIFERENCIA DE LONGITUD ACEPTADA =  $\Delta\lambda = 00^h 35^m 36^s.1$

FORMULAS

$$P = (T' - T) + (\alpha - \alpha')$$

$$\tan \frac{1}{2} (M + M') = \cot \frac{1}{2} P \frac{\cos \frac{1}{2} (\delta - \delta')}{\sin \frac{1}{2} (\delta + \delta')}$$

$$\tan \frac{1}{2} (M - M') = \cot \frac{1}{2} P \frac{\sin \frac{1}{2} (\delta - \delta')}{\cos \frac{1}{2} (\delta + \delta')}$$

$$\tan \frac{1}{2} (N + N') = \cot \frac{1}{2} B \frac{\cos \frac{1}{2} (A - A')}{\sin \frac{1}{2} (A + A')}$$

$$\tan \frac{1}{2} (N - N') = \cot \frac{1}{2} B \frac{\sin \frac{1}{2} (A - A')}{\cos \frac{1}{2} (A + A')}$$

$$Q = M - N \quad ; \quad Q' = N' - M'$$

$$\tan B = \cot \delta \cos Q$$

$$\sin \phi = \sec B \sin \delta \sin (A + B)$$

$$\tan B' = \cot \delta' \cos Q'$$

$$\sin \phi = \sec B' \sin \delta' \sin (A' + B')$$

$$\tan \frac{1}{2} (U + 4H) = \cot \frac{1}{2} Q \cos \frac{1}{2} (A - \delta) \csc \frac{1}{2} (A + \delta)$$

$$\tan \frac{1}{2} (U - 4H) = \cot \frac{1}{2} Q \sin \frac{1}{2} (A - \delta) \sec \frac{1}{2} (A + \delta)$$

T, T' = Son los tiempos de observación

$\alpha, \alpha'$  = Son las ascensiones rectas

$\delta, \delta'$  = Son las declinaciones

A, A' = Son las alturas observadas

B = Es el ángulo Horizontal entre ambos astros.

## BIBLIOGRAFIA

1. "METODOS TOPOGRAFICOS"  
Ing. Ricardo Toscano.  
Editorial Porrúa, 1955.
2. "ELEMENTOS DE ASTRONOMIA D. POSICION"  
Ing. Manuel Medina Peralta,  
Editorial Limusa, 1979.
3. "TRATADO DE TOPOGRAFIA"  
Davis R. E. & Foot F.S.  
Editorial Aguilar.
4. "TOPOGRAFIA"  
Ing. Miguel Montes de Oca.  
Representaciones y Servicios de Ingenierfa.
5. "ASTRONOMIA"  
Dr. Fernando Assín,  
Editorial Paraninfo, 1976.
6. "TRAITE DE GEODESIE, TOME II, ASTRONOMIE GEODESIQUE  
DE POSITION"  
Pierre Tardi et Georges Laclavere,  
Gauthier Villards, 1955.
7. "ANUARIO ASTRONOMICO NACIONAL AÑOS 1971, 1979, 1983, 1984"  
Instituto de Astronomía, UNAM.
8. "PRACTICAL ASTRONOMY"  
Nassau John.  
Editorial Mc. Graw Hill Book Co., 1948.