

### Ejercicio nº 3 para Almanaque Náutico de 2010

**Autor: Pablo González de Villaumbrosia Garcia. 25.11.2009**

El día 14 de Septiembre de 2010 al ser Hcro = 01-37-10 un yate se halla en situación estimada  $le = 42^{\circ}-32'N$  y  $Le = 176^{\circ}-30'W$ , simultaneamente observa  $ai^*Menkar = 35^{\circ}-8'$ ;  $ai^*Markab = 60^{\circ} 2,5'$  y  $ai^*? = 36^{\circ}-23,5'$  y  $Zv^*? = 058^{\circ}$ .

Al HRB = 05-00 navegando al  $Rv = 020^{\circ}$  y  $Vb = 15$  nudos, se tiene en la pantalla del radar el eco de un buque B que nos demora al  $230^{\circ}$ ; a HRB = 05-12 el eco del mismo buque demora al  $180^{\circ}$ ; a HRB = 05-27 el eco nos demora al  $140^{\circ}$ , velocidad de B = 20 nudos.

Después de navegar a distintos rumbos y velocidades, al ser Hcro = 11-10-10, en situación estimada  $le = 44^{\circ}N$  y  $Le = 177^{\circ}-42'W$ ,  $Rv = 040^{\circ}$ ,  $Vb = 16$  nudos, entrando en zona de corriente de  $Rc = S15E$  e  $Ihc = 2,5$  millas y al mismo tiempo tenemos un viento del N que nos produce un abatimiento de  $3^{\circ}$ ; a esta misma hora observa  $ai^{\odot}limbo inferior = 41^{\circ}-44,5'$  y  $Za^{\odot} = S45,4^{\circ}E$ . Navega en estas condiciones hasta el mediodía verdadero en que obtiene  $ai^{\odot}limbo inferior = 48^{\circ}-51,8'$ .

Estado absoluto a 0h de TU = 10h-40m-00s; m = 0; ei = 2' izquierda; eo = 2,9 metros

Se pide:

- 1.- Situación por bisectrices.
- 2.- Calcular el rumbo de B.
- 3.- Situación por Marcq y meridiana con Pagel

#### Resolución:

##### 1.- Situación por bisectrices.

Hcro = 1h 37m 10s

EA = 10h 40m 0s

TU = Hcro + EA = 12h 17m 10s

$Le = 176^{\circ} 30' \rightarrow$  Huso horario nº 12

HRB = 12h 17m 10s - 12h = 0h 17m 10s

Es una hora lógica para ver estrellas, luego nuestro cronómetro no está afectado por el error de 12h.

##### **Menkar (nº 14)**

$ai = 35^{\circ} 8'$

$ao =$  altura observada =  $ai + ei = 35^{\circ} 8' - 2' = 35^{\circ} 6'$

$aa =$  altura aparente =  $ao + Cd$

$Cd =$  corrección por depresión (para  $eo = 2,9m$ ) =  $-3,1'$

$aa = 35^{\circ} 6' - 3,1' = 35^{\circ} 2,9'$

$Crefrac. =$  corrección por refracción =  $-1,4'$

$av =$  altura verdadera =  $aa + Crefrac = 35^{\circ} 2,9' - 1,4' = 35^{\circ} 1,5'$

### Markab (n° 99)

$$a_i = 60^\circ 2,5'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 60^\circ 2,5' - 2' = 60^\circ 0,5'$$

$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d$$

$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 2,9\text{m)} = -3,1'$$

$$a_a = 60^\circ 0,5' - 3,1' = 59^\circ 57,4'$$

$$C_{\text{refrac.}} = \text{corrección por refracción} = -0,6'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = a_a + C_{\text{refrac.}} = 59^\circ 57,4' - 0,6' = 59^\circ 56,8'$$

### Estrella (?)

$$a_i = 36^\circ 23,5'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 36^\circ 23,5' - 2' = 36^\circ 21,5'$$

$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d$$

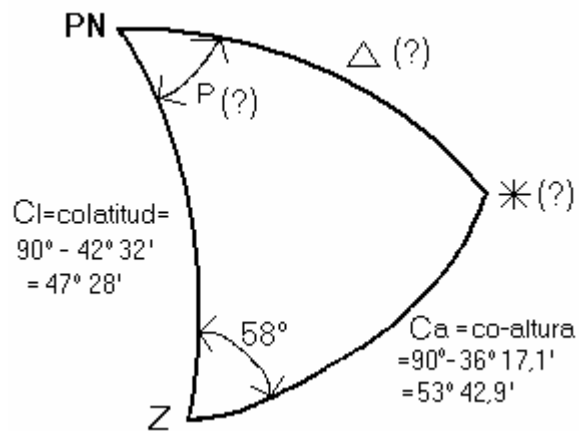
$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 2,9\text{m)} = -3,1'$$

$$a_a = 36^\circ 21,5' - 3,1' = 36^\circ 18,4'$$

$$C_{\text{refrac.}} = \text{corrección por refracción} = -1,3'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = a_a + C_{\text{refrac.}} = 36^\circ 18,4' - 1,3' = 36^\circ 17,1'$$

### Averiguación estrella desconocida



Del triángulo esférico de la figura sale:

$$P = \text{ángulo horario} = 77^\circ 50,3'$$

$$\Delta = \text{co-declinación} = 44,37^\circ$$

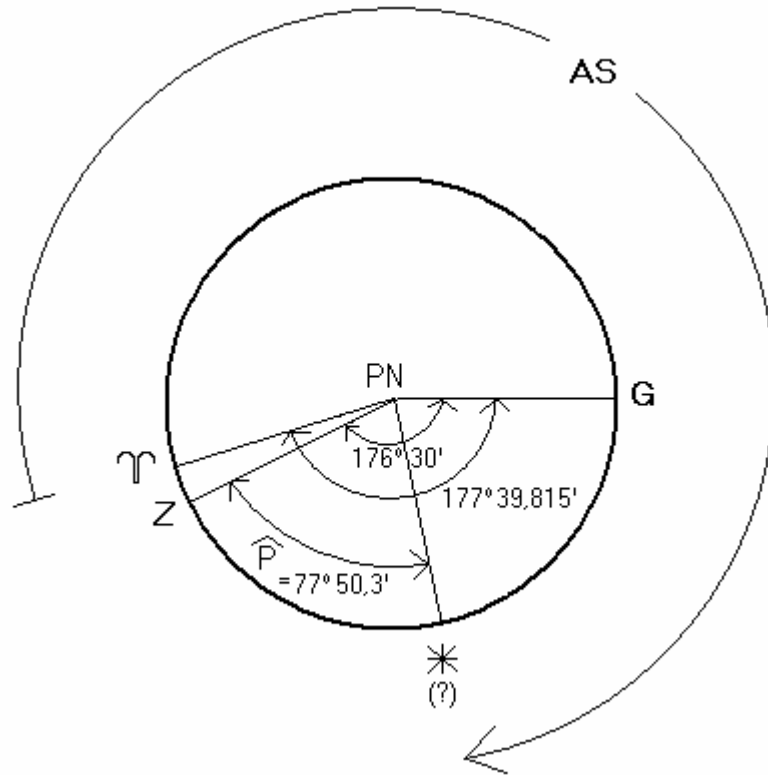
$$\text{Dec} = \text{declinación de la estrella} = 90^\circ - \Delta = +45^\circ 37,8'$$

En tablas AN para el día 14 de Setiembre de 2010

<u>TU</u>	<u>hGy</u>
12h	173° 21,6'
13h	188° 24,1'

Interpolanto para TU=12h 17m 10s

$$hG\gamma = 177^\circ 39,815'$$



Del círculo horario de la figura se desprende:

$$AS = 360^\circ - (77^\circ 50,3' + 177^\circ 39,815' - 176^\circ 30') = 280^\circ 59,9'$$

Con los datos:

$$AS = 280^\circ 59,9'$$

$$Dec = +45^\circ 37,8'$$

En tablas AN aparece la estrella nº 21 **Capella**

### **Cálculo determinante estrella Capella**

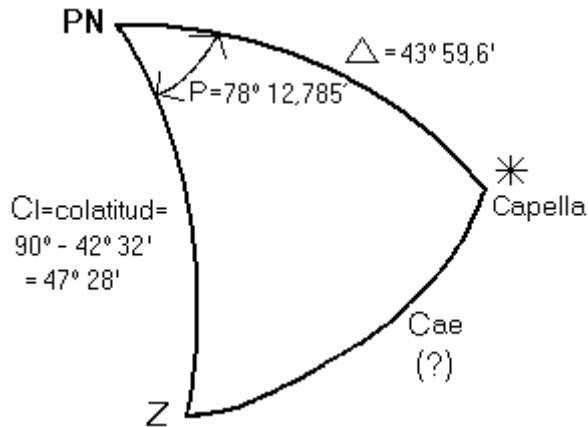
Datos estrella Capella en AN

$$AS = 280^\circ 37,4'$$

$$Dec = +46^\circ 0,4'$$

$$P = \text{ángulo en el polo} = 360^\circ - 280^\circ 37,4' - 177^\circ 39,815' + 176^\circ 30' = 78^\circ 12,785'$$

$$\Delta = \text{co-declinación} = 90^\circ - 46^\circ 0,4' = 43^\circ 59,6'$$



Del triángulo esférico de la figura sale:

$$Cae = \text{co-altura estimada} = 90^\circ - ae = 53,7796^\circ \rightarrow ae = 36^\circ 13,2'$$

Nota: La  $Z_v$  de Capella es la medida =  $58^\circ$

Determinante estrella Capella:

$$Z_v = 58^\circ$$

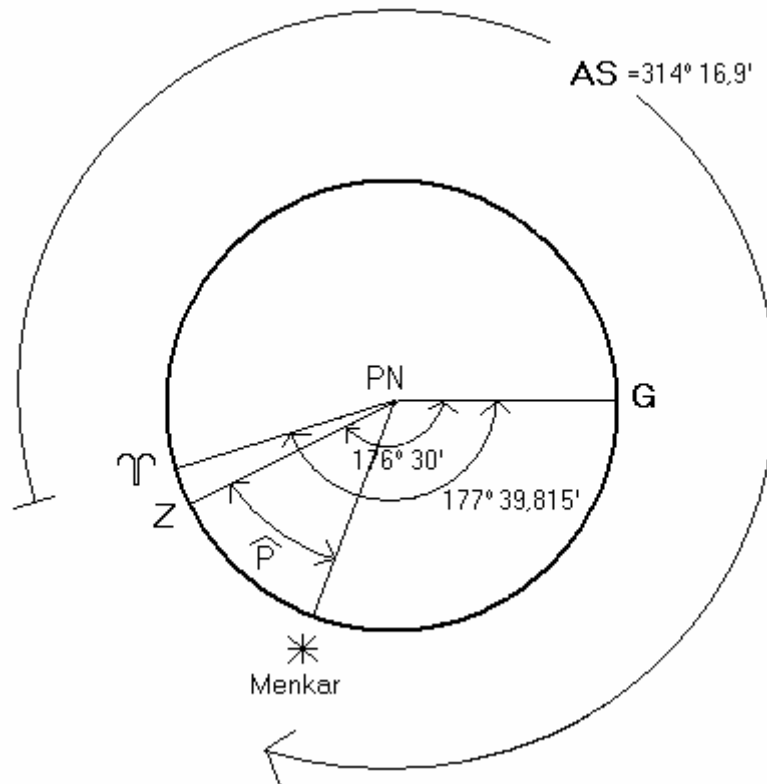
$$\Delta a = a_v - ae = 36^\circ 17,1' - 36^\circ 13,2' = +3,9'$$

**Cálculo determinante estrella Menkar (nº 14)**

Datos estrella Menkar en AN

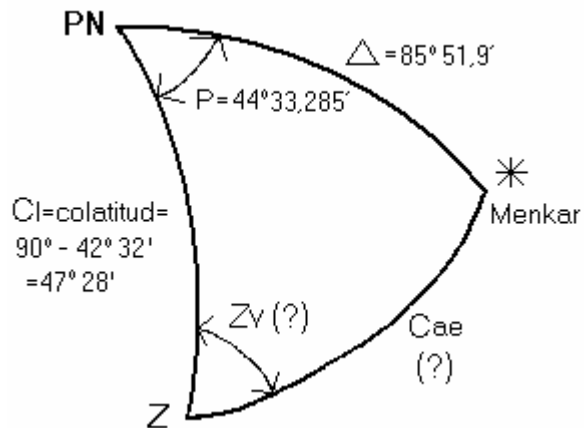
$$AS = 314^\circ 16,9'$$

$$Dec = +4^\circ 8,1'$$



$$P = \text{ángulo en el polo} = 360^\circ - 314^\circ 16,9' - 177^\circ 39,815' + 176^\circ 30' = 44^\circ 33,285'$$

$$\Delta = \text{co-declinación} = 90^\circ - 4^\circ 8,1' = 85^\circ 51,9'$$



Del triángulo esférico de la figura sale:

$$Z_v = 121^\circ 24,685'$$

$$C_{ae} = \text{co-altura estimada} = 90^\circ - a_e = 55,0775^\circ \rightarrow a_e = 34^\circ 55,35'$$

Determinante estrella Menkar:

$$Z_v = 121^\circ 24,685'$$

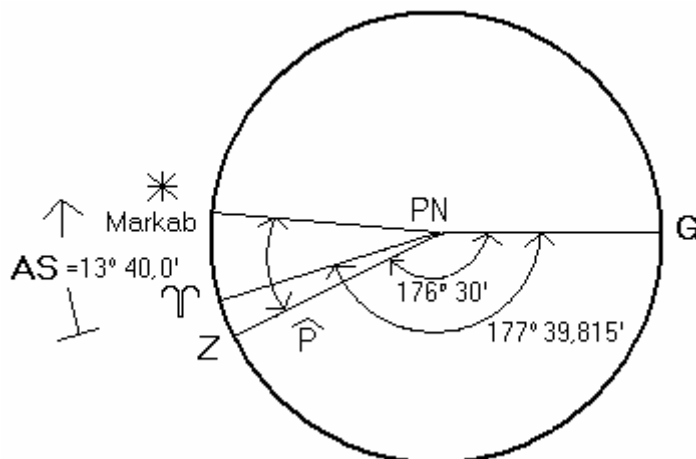
$$\Delta a = a_v - a_e = 35^\circ 1,5' - 34^\circ 55,35' = +6,15'$$

### Cálculo determinante estrella Markab (nº 99)

Datos estrella Markab en AN

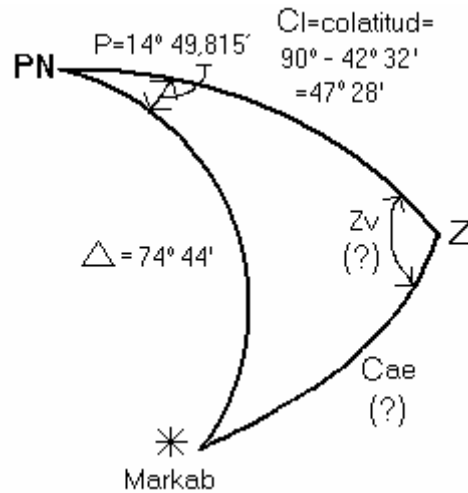
$$AS = 13^\circ 40,0'$$

$$Dec = +15^\circ 16,0'$$



$$P = \text{ángulo en el polo} = 13^\circ 40,0' + 177^\circ 39,815' - 176^\circ 30' = 14^\circ 49,815'$$

$$\Delta = \text{co-declinación} = 90^\circ - 15^\circ 16,0' = 74^\circ 44'$$



Del triángulo esférico de la figura sale:

$$Z_v = N150^\circ 29,9' W = 209^\circ 30,1'$$

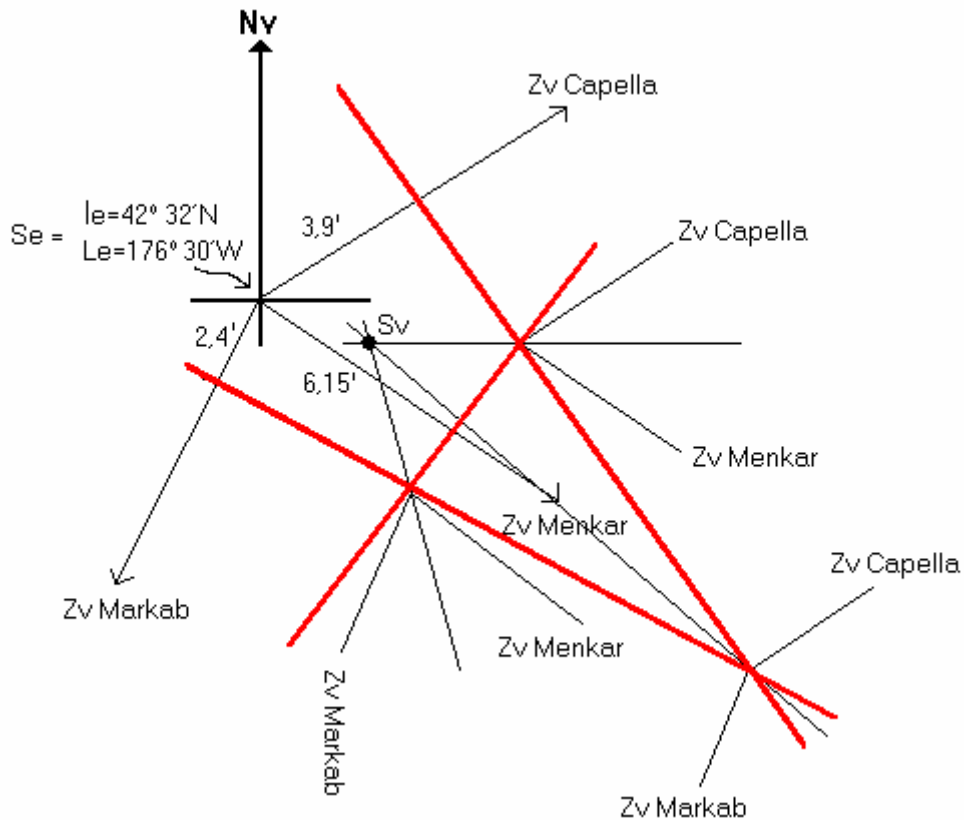
$$Cae = \text{co-altura estimada} = 90^\circ - ae = 30,094^\circ \rightarrow ae = 59^\circ 54,356'$$

Determinante estrella Markab:

$$Z_v = 209^\circ 30,1'$$

$$\Delta a = a_v - ae = 59^\circ 56,8' - 59^\circ 54,356' = +2,4'$$

**Cálculo gráfico situación verdadera**



Se obtiene:

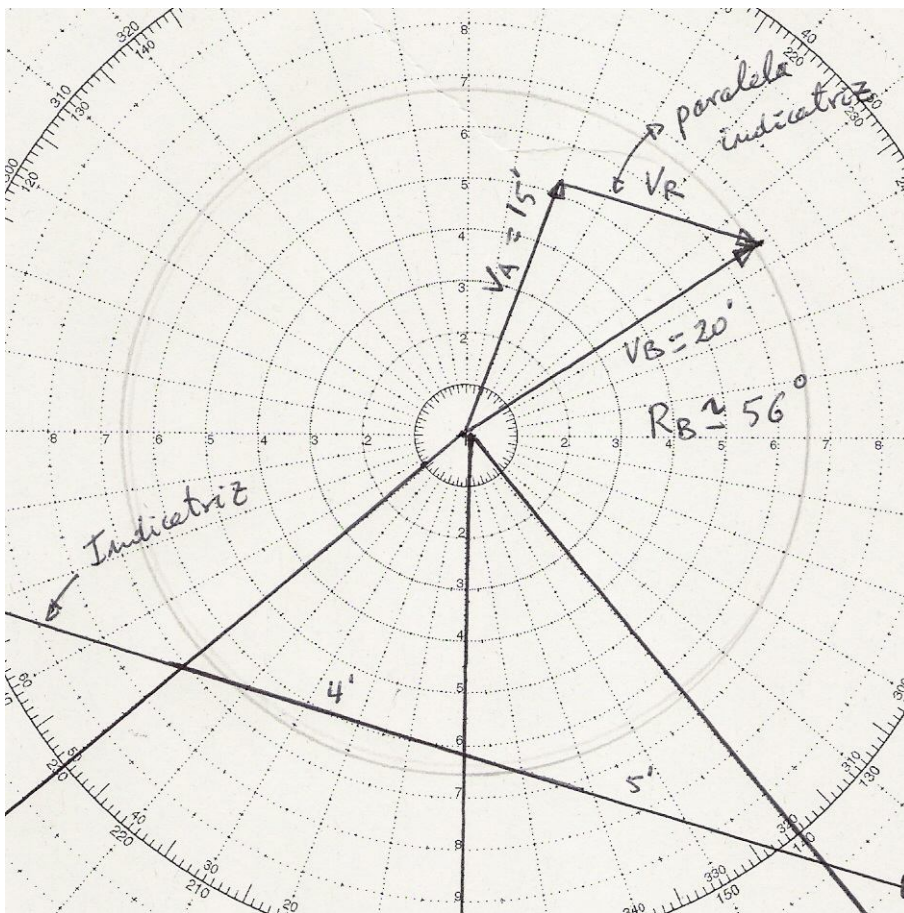
$$l_v = 42^\circ 32' N - 2,1' S = 42^\circ 29,9' N$$

$$L_v = 176^\circ 30' W - 4,3' E = 176^\circ 25,7 E$$

**Consejo:** hacer pequeña la escala de longitudes para que entre bien el dibujo en la hoja.

## 2.- Calcular el rumbo de B.

- Tiempo de "B" desde demora 230° a demora 180° = 5h 12m – 5h 0m = 12m
  - Tiempo de "B" desde demora 180° a demora 140° = 5h 27m – 5h 12m = 15m
- Trazar recta desde demora de 230° a 140° de forma que la distancia de corte con la demora de 180° esté en la relación  $\frac{12\text{ m}}{15\text{ m}} = \frac{4}{5}$ , según indica la figura. Esta recta es la indicatriz del movimiento del buque "B" respecto del "A".



## 3.- Situación por Marcq y meridiana con Pagel

Hcro = 11:10:10

EA = 10:40:00

TU = 11h 10m 10s + 10h 40m 00s = 21h 50m 10s

ppm = parte proporcional del movimiento = 0s

TU = 21h 50m 10s

Le = 177° 42' W → Huso nº 12 → HRB observación = 21h 50m 10s – 12h = 9h 50m 10s que es una hora lógica para ver el Sol, por lo tanto el cronómetro no está afectado del error de 12h.

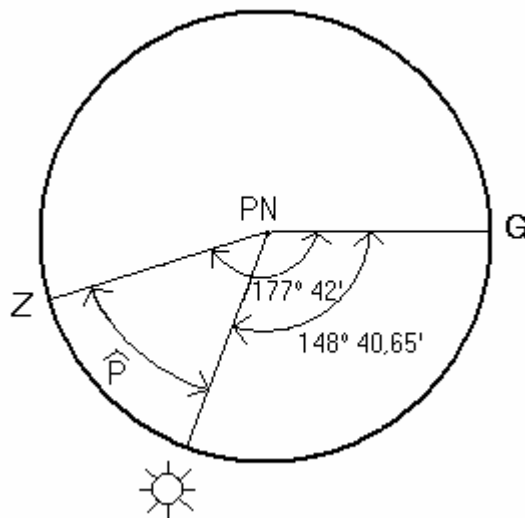
En tablas AN para el día 14 de Setiembre de 2010

<u>TU</u>	<u>hG☀</u>	<u>Dec</u>
21h	136° 7,9'	+3° 11,8'
22h	151° 8,2'	+3° 10,9'

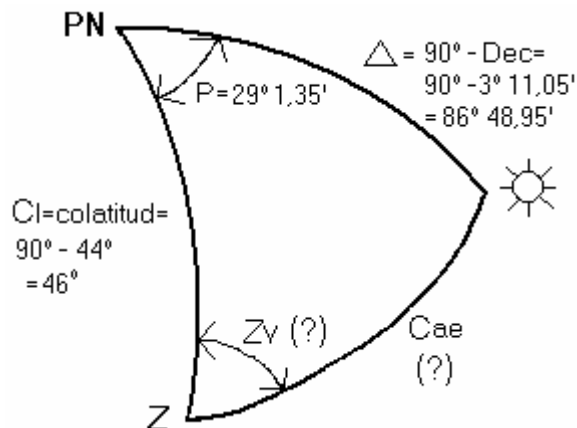
Interpolando para TU = 21h 50m 10s

$hG☀ = 148° 40,65'$

$Dec = +3° 11,05'$



$P = \text{ángulo horario en el Polo} = 177° 42' - 148° 40,65' = 29° 1,35'$



Del triángulo esférico de la figura anterior se deduce  $Z_v$  y  $C_{ae}$ :

$Z_v = 139,47° = S40,53°E$

$C_{ae} = \text{co-altura estimada} = 48,1928° \rightarrow a_e = 90° - 48,1928° = 41° 48,43'$

$Z_a = S45,4°E = 180° - 45,4° = 134,6°$

$C_t = \text{corrección total} = Z_v - Z_a = 139,47° - 134,6° = +4,87° \approx +5°$

Nota: El cálculo de  $C_t$  no se utiliza posteriormente



Calculemos ahora el coeficiente de Pagel Q, que nos será útil posteriormente:

$$Q = \text{coeficiente de Pagel} = \frac{1}{\text{tang } \Delta \times \text{sen } P} - \frac{\text{cotg } Cl}{\text{tang } P} = -1,6259$$

Aunque salga negativo, el coeficiente de Pagel que se utiliza es siempre positivo, o sea,  $Q = 1,6259$

### Cálculo altura verdadera del Sol por la mañana:

$$a_i \odot \text{ limbo inferior} = 41^\circ 44,5'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 41^\circ 44,5' - 2' = 41^\circ 42,5'$$

$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d$$

$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 2,9\text{m)} = -3,1'$$

$$a_a = 41^\circ 42,5' - 3,1' = 41^\circ 39,4'$$

$$C_{sd+refr+par} = \text{corrección por semidiámetro-refracción y paralaje} = +15' - 0,1' = +14,9'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = a_a + C_{sd+refr+par} = 41^\circ 39,4' + 14,9' = 41^\circ 54,3'$$

$$\Delta a = a_v - a_e = 41^\circ 54,3' - 41^\circ 48,43' = +5,87'$$

### Determinante Sol por la mañana:

$$Z_v = S40,53^\circ E$$

$$\Delta a = +5,87'$$

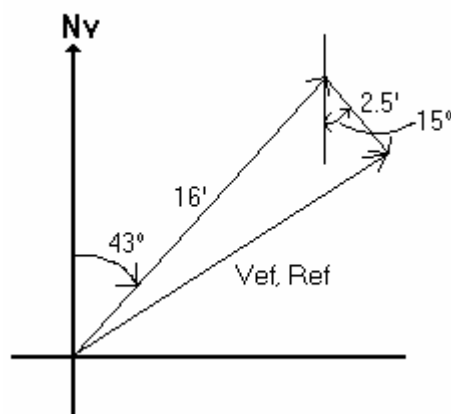
### Cálculo velocidad efectiva y rumbo efectivo

$$R_s = \text{Rumbo superficie} = R_v + \text{abatimiento} = 40^\circ + 3^\circ = 43^\circ$$

$$V_b = 16'$$

$$R_c = S15^\circ E$$

$$I_{hc} = 2,5'$$



$$V_{ef\_x} = 16 \times \text{sen } 43^\circ + 2,5 \times \text{sen } 15^\circ = 11,56 \text{ nudos}$$

$$V_{ef\_y} = 16 \times \text{cos } 43^\circ - 2,5 \times \text{cos } 15^\circ = 9,29 \text{ nudos}$$

$$V_{ef} = \sqrt{V_{ef\_x}^2 + V_{ef\_y}^2} = 14,83 \text{ nudos}$$

$$\text{Ref} = \text{arc tg } \frac{V_{ef\_x}}{V_{ef\_y}} = 51,21^\circ$$

### Cálculo tiempo exacto navegado y distancia navegada

$$\Delta t = \text{tiempo exacto navegado} = \frac{h_e}{15^\circ + \frac{V_{ef} \times \text{sen Ref}}{60 \times \cos l_m}} = \frac{29^\circ 1,35'}{15^\circ + \frac{14,83 \times \text{sen } 51,21^\circ}{60 \times \cos 44^\circ}} =$$

$$= 1\text{h } 54\text{m } 3,22\text{s} = 1,9\text{h}$$

$$D = \text{distancia navegada} = V_{ef} \times \Delta t = 14,83 \times 1,9 = 28,18 \text{ millas}$$

### Traslado del punto determinante

$$\text{Ref} = \text{N}51,21^\circ\text{E}$$

$$D = \text{distancia navegada} = 28,18 \text{ millas}$$

$$Z_v = \text{S}40,53^\circ\text{E}$$

$$\Delta a = +5,87'$$

$$l_e = 44^\circ\text{N}$$

$$L_e = 177^\circ 42'\text{W}$$

Ref	D	$\Delta l$		A	
		N	S	E	W
N51,21°E	28,18'	17,65'	—	21,96'	—
S40,53°E	5,87'	—	4,46'	3,81'	—
		13,19'		25,77'	

$$\Delta l = 13,19'\text{N}$$

$$l_m = \text{latitud media} = l_{\text{origen}} + \frac{\Delta l}{2} = 44^\circ\text{N} + \frac{13,19'}{2} = 44^\circ 6,6'$$

$$\Delta L = \frac{A}{\cos l_m} = \frac{25,77'}{\cos 44^\circ 6,6'} = 35,89'\text{E}$$

Situación observada del punto determinante:

$$l_o = 44^\circ 00'\text{N} + 13,19'\text{N} = 44^\circ 13,19'\text{N}$$

$$L_o = 177^\circ 42'\text{W} - 35,89'\text{E} = 177^\circ 6,11'\text{W}$$

### Cálculo de la meridiana del Sol

$$a_i \odot \text{ limbo inferior} = 48^\circ 51,8'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 48^\circ 51,8' - 2' = 48^\circ 49,8'$$

$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d$$

$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 2,9\text{m)} = -3,1'$$

$$a_a = 48^\circ 49,8' - 3,1' = 48^\circ 46,7'$$

$$C_{sd+refr+par} = \text{corrección por semidiámetro-refracción y paralaje} = +15,2' - 0,1' = +15,1'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = a_a - C_{sd+refr+par} = 48^\circ 46,7' + 15,1' = 48^\circ 61,8'$$

### Cálculo Tiempo Universal del paso del Sol por el meridiano

$$TU_{p^\circ \odot mS/L} = TU_{\text{origen}} + \text{tiempo navegado} = 21\text{h } 50\text{m } 10\text{s} + 1\text{h } 54\text{m } 3,22\text{s} = 23\text{h } 44\text{m } 13,22\text{s}$$

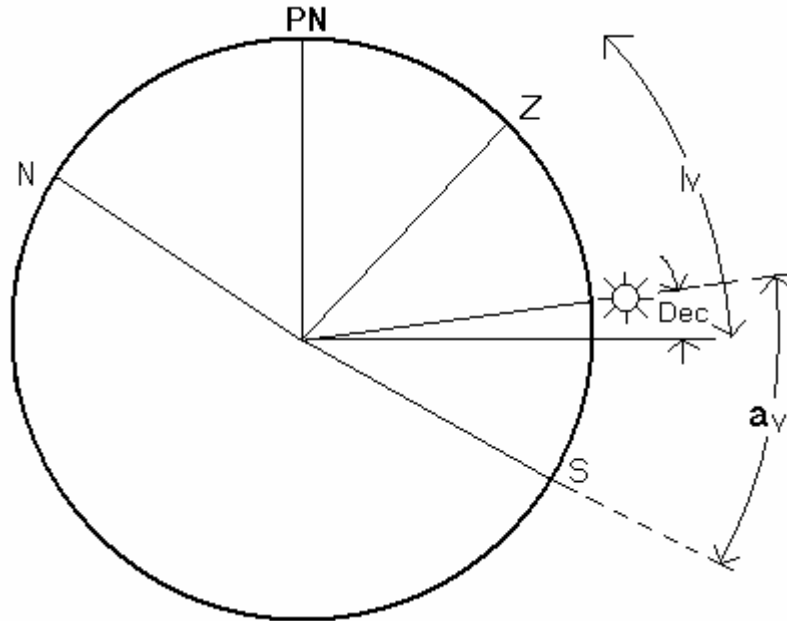
Nota:

En tablas Almanaque Náutico, PMG = Paso por Meridiano de Greenwich = 11h 55,6m

$$\text{HcL } p^\circ \odot \text{ mS/L} = 11\text{h } 55,6\text{m} \rightarrow \text{TU } p^\circ \odot \text{ mS/L} = 11\text{h } 55,6\text{m} + \frac{177^\circ 6,11'}{15^\circ} = 23\text{h } 44\text{m}, \text{ que}$$

coincide bastante bien con el resultado de 23h 44m 13s calculado anteriormente según el tiempo navegado.

### Cálculo latitud verdadera



$$90^\circ = lv + av - Dec \rightarrow lv = Dec + 90^\circ - av$$

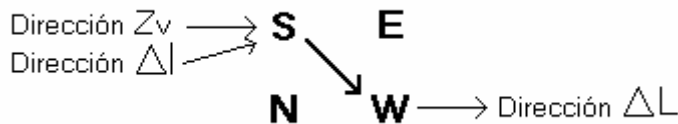
En tablas AN para el día 14 de Set. de 2010

TU	Dec☉
23h	+3° 9,9'
24h	+3° 8,9'

Para TU = 23h 44m 13,22s  $\rightarrow$  Dec = +3° 9,16'

$$lv = Dec + 90^\circ - av = +3^\circ 9,16' + 90^\circ - 48^\circ 61,8' = 44^\circ 7,36'N$$

$$\Delta l = lv - lo = 44^\circ 7,36'N - 44^\circ 13,12'N = -5,76'S$$



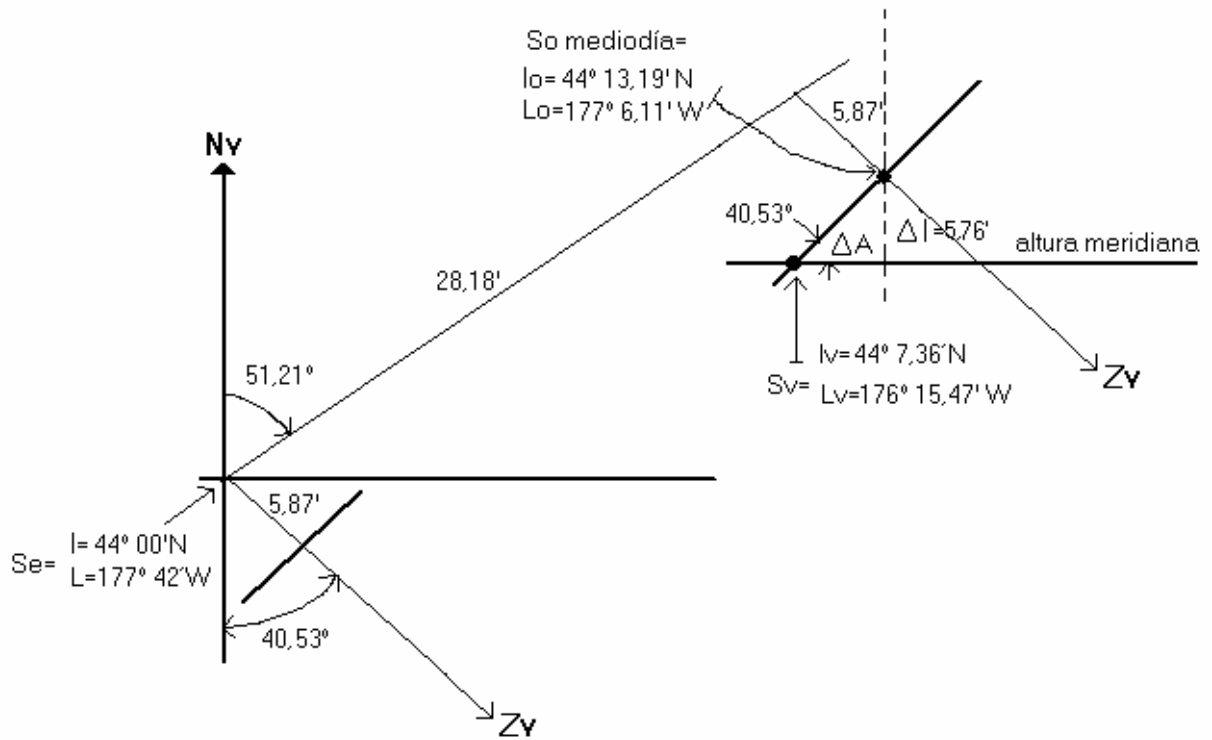
$$\Delta L = Q \times \Delta l = 1,6259 \times 5,76' = 9,36'W$$

Situación final al paso del Sol por el meridiano superior:

$$lv = 44^\circ 7,36'N$$

$$Lv = Lo + \Delta L = 177^\circ 6,11'W + 9,36'W = 176^\circ 15,47'W$$

$$TU = 23\text{h } 44\text{m } 13,22\text{s}$$



### Comprobación coeficiente Pagel

$$\tan 40,53^\circ = \frac{\Delta l}{\Delta A} \rightarrow \Delta A = \text{apartamiento} = \frac{5,76'}{\tan 40,53^\circ} = 6,74'$$

$$\Delta L = \frac{\Delta A}{\cos i} = \frac{6,74'}{\cos 44^\circ 13,19'} = 9,4'E$$

$Q = \text{coeficiente de Pagel} = \frac{\Delta L}{\Delta l} = \frac{9,4'}{5,76'} = 1,6319$  que coincide bastante bien con el coeficiente de Pagel calculado por la mañana.