<u>Examen de Capitán de Yate, Valencia 31 Mayo de 2009</u>
Autor: Pablo González de Villaumbrosia Garcia. 10.11.2009

El 15-05-2009 navegando al Ra = N60ºE, dm = 2º NE, desvío = 0º, velocidad 14 nudos, en situación estimada lat: 55º 30'S y Long.: 35º 6' W, al ser HRB 1217 se observó altura instrumental meridiana del Sol limbo inferior = 15º 18,2' y Za = 356º.
Se continua navegando en las mismas condiciones y en el siguiente crepúsculo, con cielo parcialmente cubierto, a Hcr = 04h-21m-03s, se tomó altura instrumental de una astro desconocido = 56º 5,2' y Za = 129º.

Una vez situados, se da rumbo loxodrómico a un punto en situación lat: 37º 20'S y Long.:20º 45' E.

Durante la noche de la misma singladura, con 2 millas de visibilidad, se toman con el radar los siguientes datos de un eco:

HRB	Marcación	Distancia
2300	110,0º Er.	10 Mn
2306	110,5º Er.	8 Mn
2312	111,0º Er.	6 Mn

La velocidad propia sigue siendo 14 nudos.

EA a 1000 UT de fecha 15/05/2009 = 02h-15m-12s. mto = 3 sg. en atraso. Elevación del observador 4 mts. Error instrumental = 2 minutos derecha.

Se pide:
1º) Latitud verdadera al producirse la meridiana (1,5 puntos)

2º) Rv a HRB 1217 (0,5 puntos)

3º) Astro desconocido (1 punto)

4º) HRB a Hcr. 04h-21m-03s (0,5 puntos)

5º) Diferencia de alturas y Zv del astro desconocido (1,5 puntos)

6º) Situación verdadera a Hcr. 04h-21m-03s (2 puntos)

7º) Situación estimada al producirse el orto del Sol el 16/05/09 y HRB en ese momento (1 punto).

8º) Indicar si existe riesgo de colisión o no con el eco (1 punto).

9º) Cambio de rumbo a efectuar por nuestro barco para que, actuando de acuerdo con el RIPA, el eco no se acerque a menos de 1,5 millas. Efectuándose la maniobra al tener el eco a 4 millas (1,5 puntos).

Resolución:

1º) Latitud verdadera al producirse la meridiana

Cálculo Tiempo Universal TU de la observación del Sol
HRB = 12h 17m
Le = 35º 6'W → Huso nº 2 → TU = Hz + Z = HRB + 2 = 14h 17m día 15 de Mayo de 2009

Cálculo altura verdadera de la observación

ai☼ limbo inferior = 15º 18,2'

Ei = error de índice del sextante = +2'

ao = altura observada = ai + Ei = 15º 18,2'+ 2'= 15º 20,2'

Cd = Corrección por depresión (para eo = 4 mts.) = – 3,6'

aa = altura aparente = ao + Cd = 15º 20,2'− 3,6'= 15º 16,6'

Csd + refr + par = corrección por semidiámetro-refracción-paralaje (para aa = 15º 16,6) =
= +12,6' – 0,2' = +12,4'

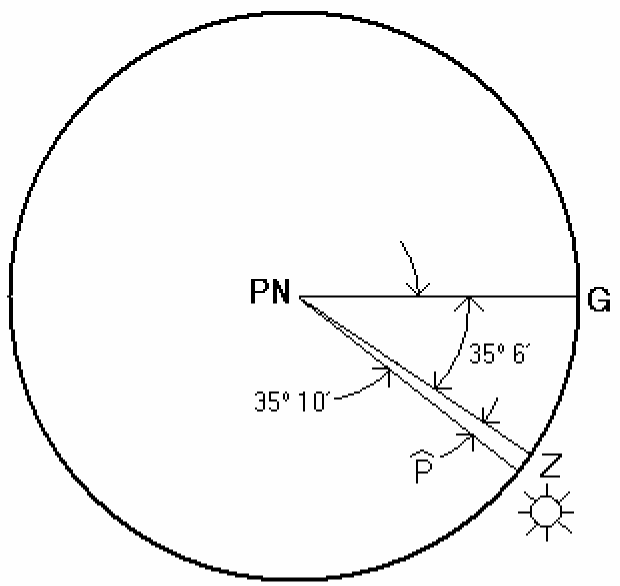
av = altura verdadera = aa + Csd + refr + par = 15º 16,6'+ 12,4'= 15º 29'

Cálculo latitud verdadera por medición altura Sol a HRB=12 17
En tablas diarias del AN para el día 15 de Mayo de 2009

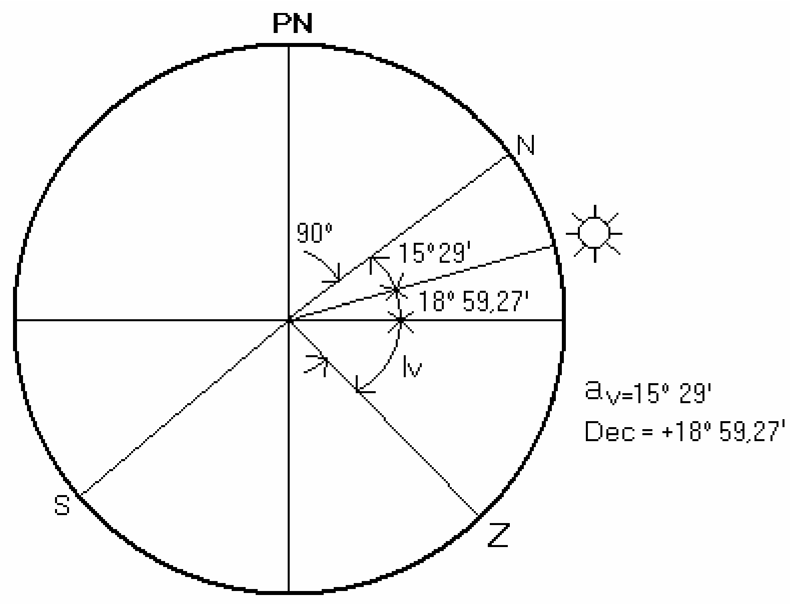
TU	**hG☼**	**Dec**
14h	30º 55'	+18º 59,1'
15h	45º 55'	+18º 59,7'

Interpolando para TU = 14h 17m sale:

hG☼ = 35º 10'
Dec = +18º 59,27'

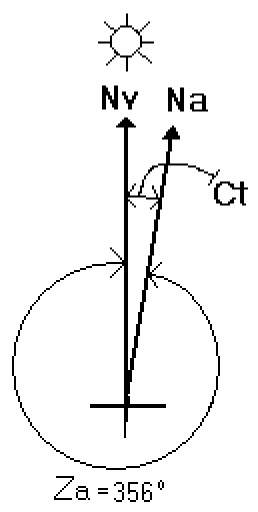


P=ángulo horario en el Polo = 35º 10' – 35º 6'= 4'
Vemos que el ángulo horario en el polo es muy pequeño, como debería corresponder a cuando el Sol está en la meridiana, es decir, están alineados el Sol, el Polo Norte y al cenit Z.



De la figura anterior se deduce:
90º = 15º 29' + 18º 59,27º + lv → lv = latitud verdadera = 55º 31,7'S

Zv Sol =0º (El Sol está en la meridiana superior del lugar)



Ct = corrección total aparato medición azimutes astros = 360º – Za = 360º – 356º = + 4º

Respuesta 1ª pregunta
lv = latitud verdadera = 55º 31,7'S

2º) Rv a HRB 12 17

Ct = corrección total (del compás de gobierno del buque) = dm + Δ = 2º + 0º = 2º
Rv = Ra + Ct = 60º + 2º = 62º

Respuesta 2ª pregunta
Rv = 62º

3º) Astro desconocido

Cálculo del TU de la medición
Hcro = 4h 21m 3s
EA (a TU = 10:00) = 2h 15m 12s → TU = Hcro + EA = 6h 36m 15s

Se trata del crepúsculo vespertino (por la tarde-noche, que es cuando se pueden ver las estrellas), por lo que el cronómetro está afectado por el error de 12 horas ya que no es lógico el horario del TU anterior. Por lo tanto:
TU = 6h 36m 15s +12 h = 18h 36m 15s

L = 35º 6' W → Huso horario nº 2 → HRB medición = 18h 36m 15s − 2 h = 16h 36m 15s, que es una hora lógica para el crepúsculo vespertino del Sol pensando que el Sol ese día tiene declinaciones del orden de +18º y que estamos bien dentro del hemisferio Sur en pleno invierno austral.

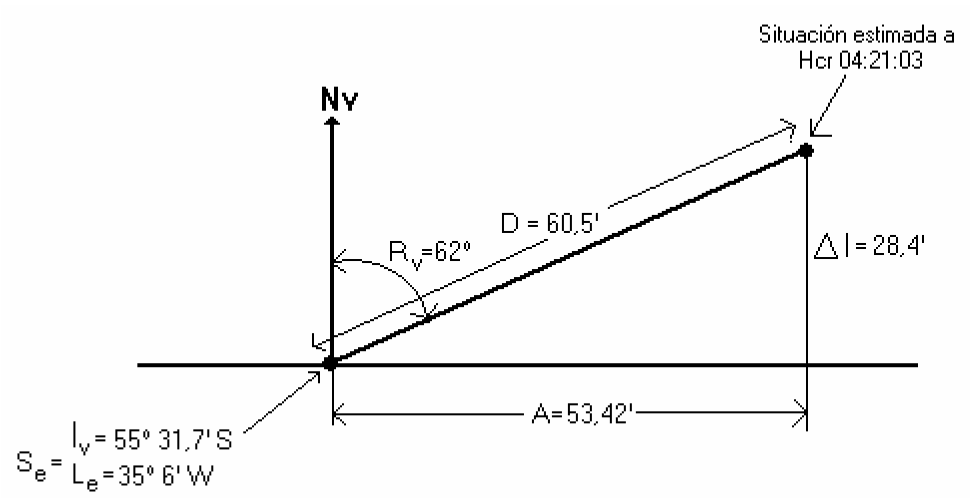
Ahora hay que corregir el cronómetro por el atraso diario de 3 seg. sumándole una cantidad de segundos proporcional al tiempo transcurrido desde la última medición:

$$\text{ppm} = \text{parte proporcional del movimiento} = 3 \text{ seg} \times \frac{(18h\ 36m\ 15s - 10h)}{24h} \approx 1 \text{ seg.}$$

TU = 18h 36m 15s + 1 s = 18h 36m 16s

Cálculo del tiempo y distancia navegados desde HRB 12:17 hasta Hcr 04:21:03
Δt = intervalo de tiempo navegado = 18h 36m 16s − 14h 17m = 4h 19m 16s = 4,3211 horas
D = distancia navega = Vb x Δt =14 x 4,3211 = 60,5 millas

Cálculo de la situación estimada a Hcr = 4h 21m 3s



Δl = D x cos Rv = 60,5 x cos 62º = 28,4' N

le = 55º 31,7’ S − 28,4’= 55º 3,3’ S

$$lm = 55º\ 3{,}3’ + \frac{28{,}4'}{2} = 55º\ 17{,}5’$$

A = D x sen Rv = 60,5 x sen 62º = 53,42’

$$L = \frac{A}{\cos lm} = \frac{53{,}42'}{\cos 55º\ 17{,}5'} = 93{,}82’$$

Luego situación estimada a Hcr 4h 21m 3s es:
le = 55º 3,3’ S
Le = 35º 6’ W − 93,82’E = 33º 32,18’ W

Cálculo altura verdadera estrella desconocida

ai = altura instrumental = 56º 5,2'

Ei = error de índice del sextante = +2’

ao = altura observada = ai + Ei = 56º 5,2' + 2’= 56º 7,2'

Cd = Corrección por depresión (para eo = 4 mts.) = – 3,6’

aa =altura aparente = ao + Cd = 56º 7,2' – 3,6’ = 56º 3,6’

Cr = Corrección por refracción (para aa = 56º 3,6’) = – 0,7’

av = aa + Cr = 56º 3,6’ – 0,7’ = 56º 2,9’

av = altura verdadera estrella desconocida = 56º 2,9'

Cálculo Zv estrella desconocida

Zv = Za + Ct =129º + 4º = 133º

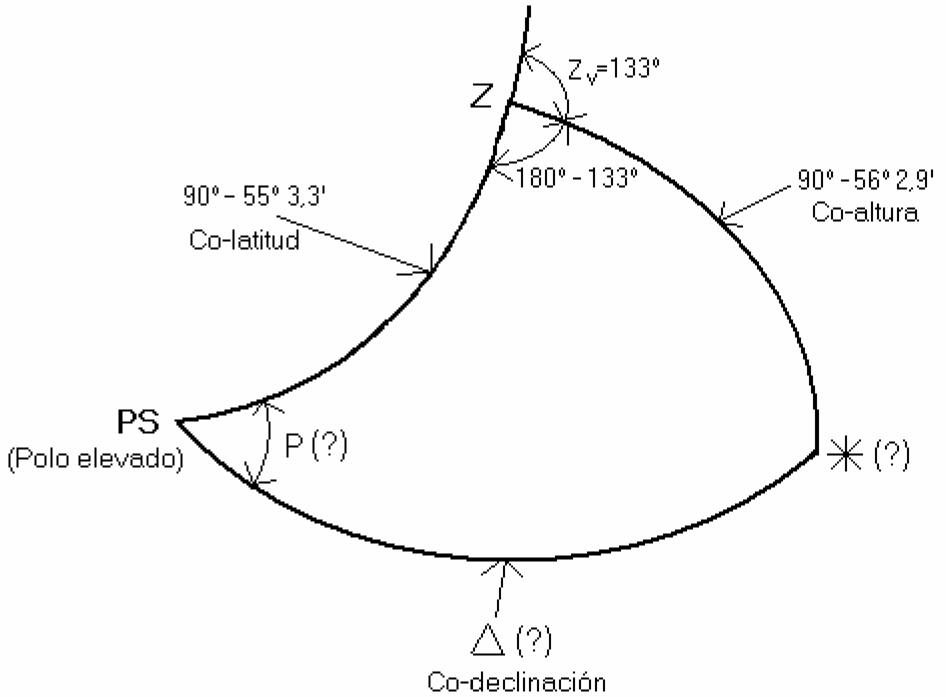
Cálculo hGγ

En el AN para el día 15 de Mayo de 2009

TU	hGγ
18	143º 35,7’
19	158º 38,2’

Luego para TU = 18h 36m 16s, hGγ = 152º 41,21’

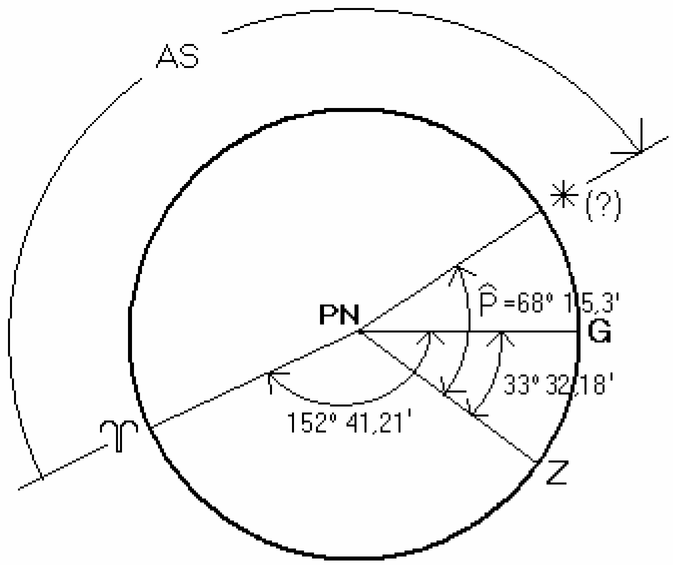
Cálculo ángulo en el polo P y declinación del astro desconocido



Dibujamos el triángulo esférico de posición según la figura anterior, poniendo los lados correspondientes a la co-latitud (90º − 55º 3,3') y co-altura (90º − 56º 2,9'), así como el ángulo diedro que forman dichos lados que es 180º − Zv = 180º − 133º.

Resolviendo dicho triángulo sale:
P = Angulo en el polo de la estrella desconocida = 68º 15,3'
Dec = Declinación astro = − (90º −Δ) = − 63º 54,7'

Cálculo ángulo sidéreo AS del astro desconocido



De la figura anterior: AS = ángulo sidéreo = 360º − (152º 41,21' + 68º 15,3' − 33º 32,18') =
= 172º 35,7'

Averiguación estrella desconocida
Con los datos de:
AS = 172º 35,7'

Dec= −63º 54,7’
En el AN aparece la estrella nº 57 Acrux

Respuesta 3ª pregunta
Estrella desconocida = **Acrux**

4º) HRB a Hcr. 04h-21m-03s

Como hemos visto anteriormente, el tiempo navegado desde HRB 12:17 a Hcr 04:21:03 es:
Δt = 4h 19m 16s

Por lo tanto HRB a Hcr 04:21:03 = 12h 17m + 4h 19m 16s = 16h 36m 16s

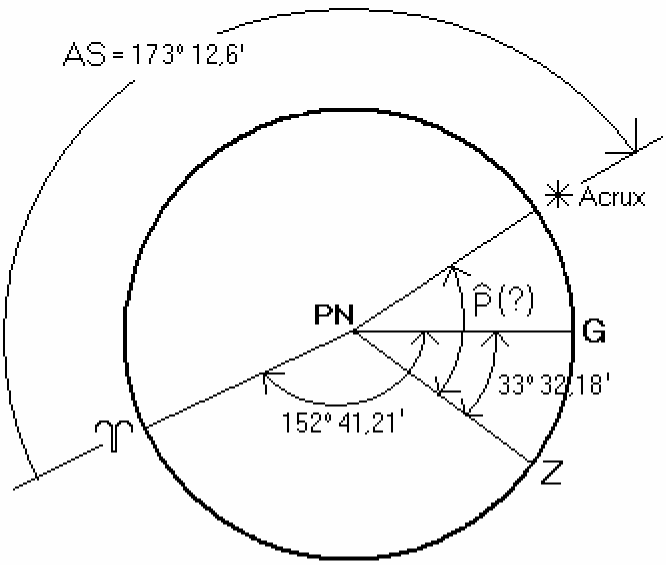
Respuesta 4ª pregunta
HRB = 16h 36m 16s día 15 de Mayo de 2009

5º) Diferencia de alturas y Zv del astro desconocido

Cálculo del nuevo triángulo de posición según los AS y Dec reales de Acrux

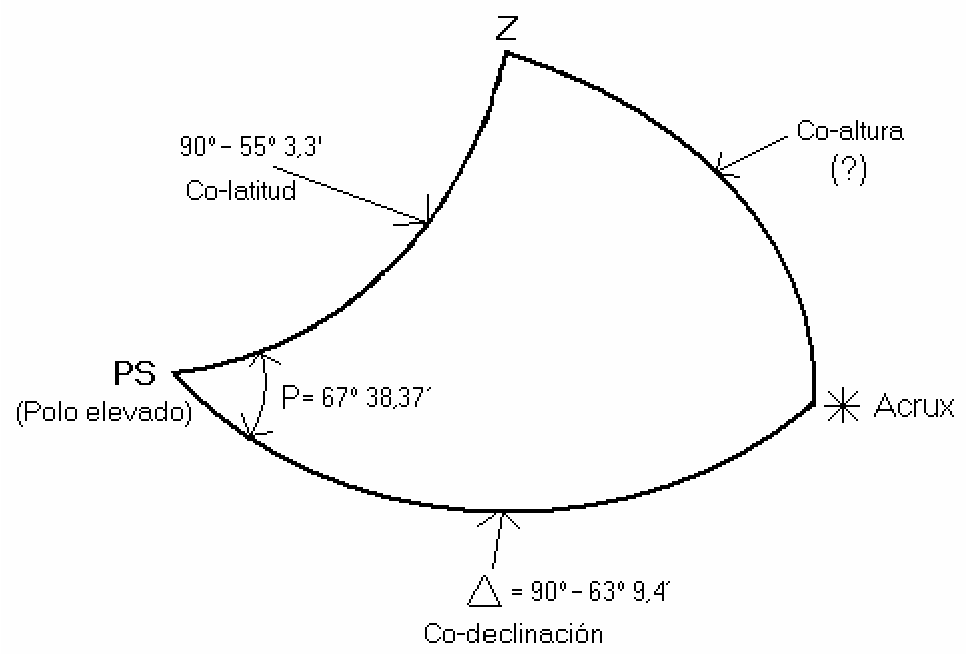
Datos de Acrux:
AS = 173º 12,6’
Dec = −63º 9,4’

Actualizamos el círculo horario con los datos del AS de Acrux y calculamos el nuevo ángulo horario en el polo P.



De la figura anterior: P = ángulo horario en el polo =
= 360º − 173º 12,6’ − 152º 41,21’ + 33º 32,18’) = 67º 38,37’

Actualizamos ahora el triángulo de posición con los datos de P = 67º 38,37’ y de
Dec = − 63º 9,4’



Del triángulo de posición de la figura anterior se saca:

Co_altura estimada = 90º − ae = 33,9247º → ae = 56º 4,52'

Δa = diferencia de alturas = av − ae = 56º 2,9' − 56º 4,52' = −1,62'

La Zv es la medida realmente con el aparato de medir acimuts, o sea, 133º

Respuesta 5ª pregunta

Zv = 133º

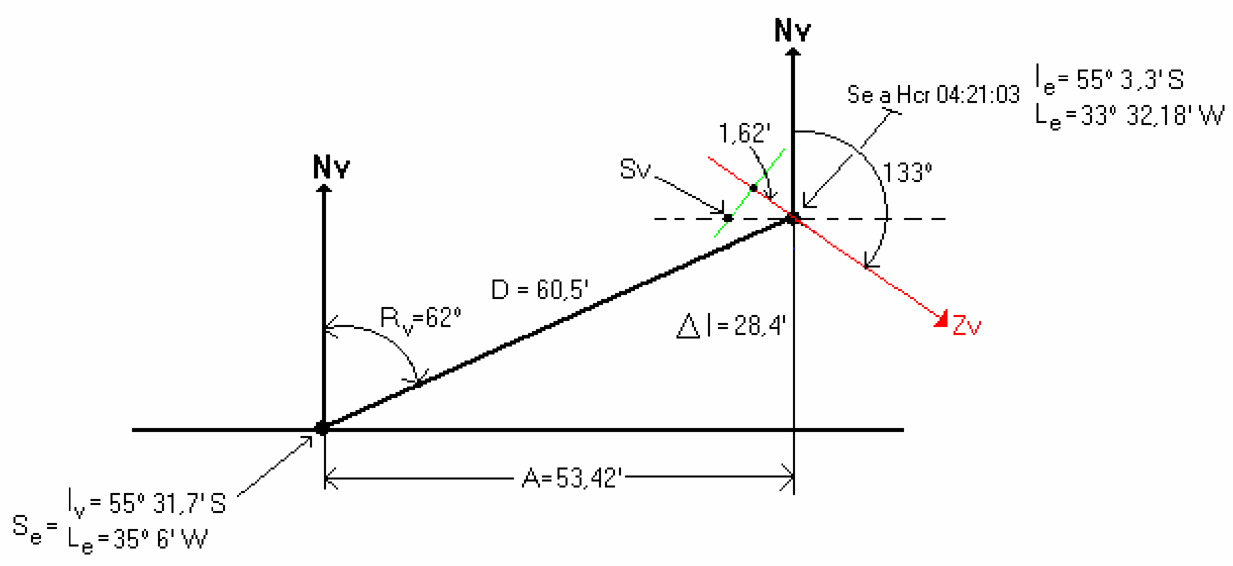
Δa = − 1,62'

6º) Situación verdadera a Hcr 04h 21m 03s

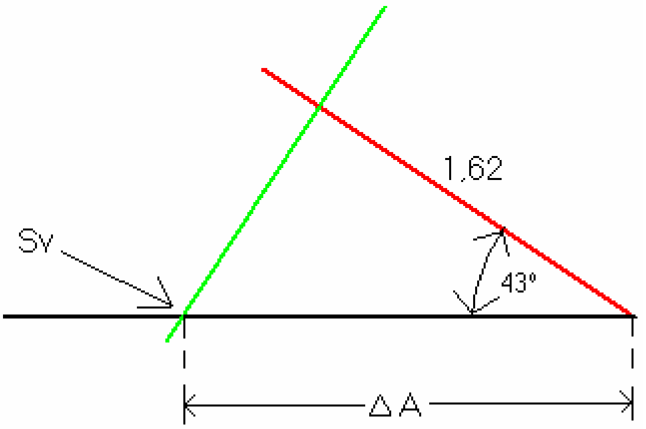
Dibujamos el determinante de la estrella Acrux en el punto de la situación estimada a Hcr 04:21:03

La latitud verdadera es la traslada desde la situación verdadera al producirse la meridiana, ya que éste se considera el método más exacto de medición de la latitud.

La situación verdadera Sv viene dada por el cruce de la perpendicular a Zv y a una distancia de −1,62' , con la latitud verdadera trasladada desde la situación verdadera a Hcr 04:21:03



Calculemos ahora el ΔL desde la Se a Hcr 04:21:03 al punto determinante (cruce de la recta verde con la latitud 55° 3,3'S en la figura anterior).



Por simple trigonometría se ve en la figura anterior que:

ΔA = 1,62 x cos 43º + (1,62 x tang 43º) x sen (90º − 43º) = 2,29' W

$$\Delta L = \frac{\Delta A}{\cos lm} = \frac{2{,}29'}{\cos 55^{\circ}\ 3{,}3'} = 4' \text{ W}$$

Luego situación verdadera a Hcr 4h 21m 3s es:
lv = 55º 3,3' S
Lv = 33º 32,18' W + 4' W = 33º 36,18' W

Respuesta 6ª pregunta
lv = 55º 3,3' S
Lv = 33º 36,18' W

7º) Situación estimada al producirse el orto del Sol el 16/05/09 y HRB en ese momento

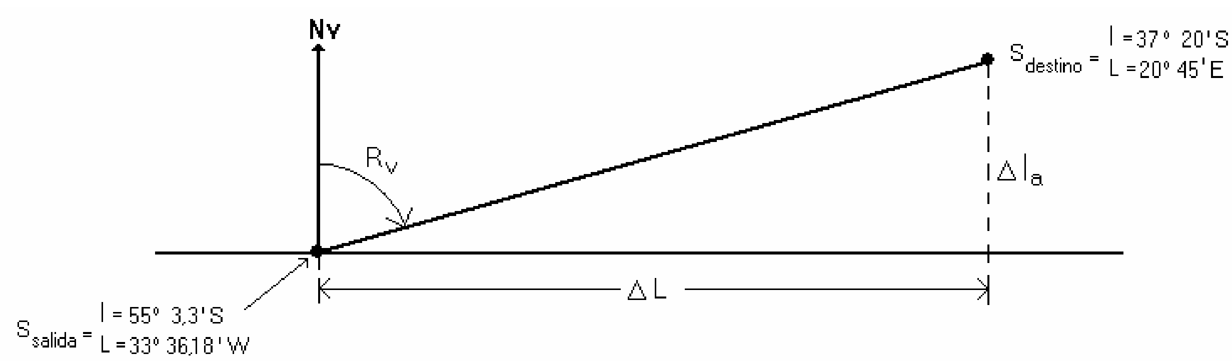
Cálculo del rumbo Rv

Salida:
l = 55º 3,3' S
L = 33º 36,18' W

Destino:
l = 37º 20' S
L = 20º 45' E

Al ser la distancia salida-destino mayor de 300 millas, hay que calcular la loxodrómica utilizando latitudes aumentadas.

$$l_a = \text{latitud aumentada} = 7915{,}7 \times \log[\tan(45^\circ + \frac{l}{2})] - 23 \times \operatorname{sen} l$$



ΔL = 33º 36,18' + 20º 45' (se cruza el meridiano de Greenwich) = 54º 21,18'

$$l_{a\_salida} = 7915{,}7 \times \log[\tan(45^\circ + \frac{55^\circ 3{,}3'}{2})] - 23 \times \operatorname{sen}(55^\circ 3{,}3') = 3954{,}87 \text{ millas}$$

$$l_{a\_destino} = 7915{,}7 \times \log[\tan(45^\circ + \frac{37^\circ 20'}{2})] - 23 \times \operatorname{sen}(37^\circ 20') = 2403{,}78 \text{ millas}$$

$\Delta l_a = l_{a\_salida} - l_{a\_destino}$ = 3954,87' − 2403,78 '= 1551,09'

$$Rv = \text{rumbo verdadero} = \text{arc tang}\ \frac{54^\circ\ 21{,}18'}{1551{,}09'} = 64{,}56^\circ$$

Cálculo distancia y tiempo navegados

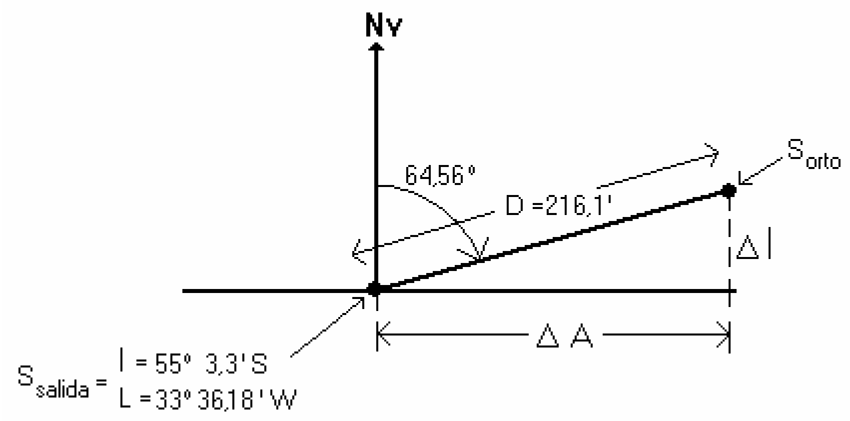
TU hora salida barco: 18h 36m 16s → HcL salida barco = 18h 36m 16s $- \frac{33^\circ\ 36{,}18'}{15^\circ}$ =
= 16h 21m 51s día 15 Mayo de 2009.

Llegada (salida Sol=orto) día 16-5-2009:
HcL orto día 15 Mayo 2009 (para l = 55º S)→ HcL = 7h 46m
HcL orto día 17 Mayo 2009 (para l = 55º S)→ HcL = 7h 50m

Nota: la hora de la salida del Sol (orto) depende de la latitud del observador, y ésta varía según el barco navega. Suponemos que la latitud es la inicial (55º 3,3’) y que en el tiempo transcurrido desde Hcr 04-21-03 hasta la salida del Sol, permanece aproximadamente constante.

Promediando:
HcL orto día 16 Mayo 2009 (para l = 55º S)→ HcL = 7h 48m
Δt = intervalo de tiempo navegado = 24h (cambio de día) − 16h 21m 51s + 7h 48m =
= 15h 26m 9s = 15,4358 horas

1ª aproximación al tiempo navegado hasta el orto
D = distancia navega = Vb x Δt =14 x 15,4358 = 216,1 millas



ΔA = 216,1’ x sen 64,56º = 195,15’ E

Δl = 216,1’ x cos 64,56º = 92,83’ N

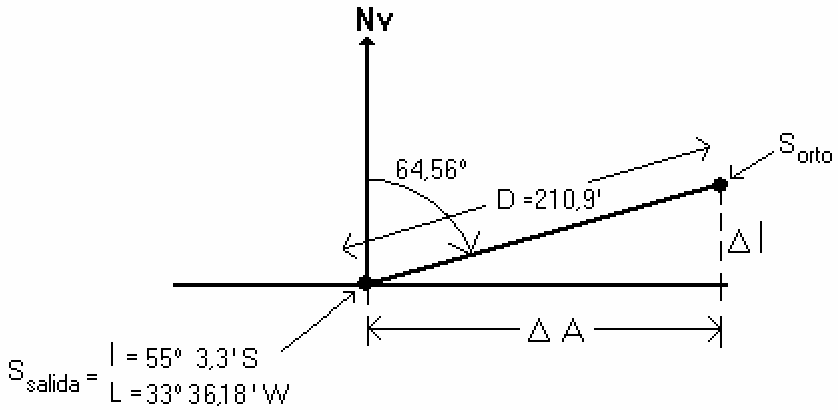
$$lm = 55^{\circ}\ 3{,}3' - \frac{92{,}83'}{2} = 54^{\circ}\ 16{,}88'$$

$$\Delta L = \frac{\Delta A}{\cos lm} = \frac{195{,}15'}{\cos 54^{\circ}\ 16{,}88'} = 334{,}27'\ E$$

Si nuestro barco hubiese permanecido estático en el punto de salida, el orto se produciría a HcL = 7h 48m como hemos indicado anteriormente. Sin embargo hemos navegado hacia el Este, hacia el encuentro con el Sol una cantidad ΔL = 334,27’ E. En éste tiempo el Sol, que se desplaza hacia el Oeste a una velocidad de 15º por hora, nos ha acortado el tiempo de navegación hasta el orto una cantidad de tiempo $\frac{334,27'}{15^{\circ} \text{ x } 60}$ horas = 22 m 17s. Este tiempo lo hemos de restar al tiempo anterior de 15h 26m 9s para encontrar el tiempo real navegado.

Δt = intervalo de tiempo navegado = 15h 26m 9s – 22m 17s = 15h 3m 52s =
15,0644 horas

2ª aproximación al tiempo navegado hasta el orto
D = distancia navega = Vb x Δt =14 x 15,0644 = 210,9 millas



ΔA = 210,9’ x sen 64,56º = 190,45’ E

Δl = 210,9’ x cos 64,56º = 90,59’ N

$$lm = 55º\ 3{,}3' - \frac{90{,}59'}{2} = 54º\ 18'$$

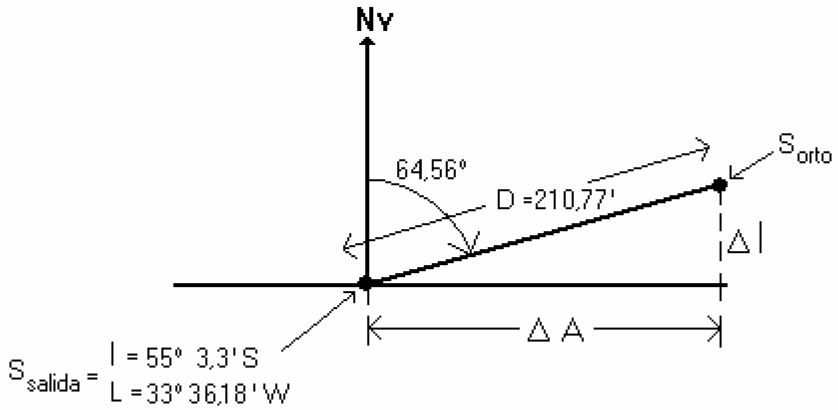
$$\Delta L = \frac{\Delta A}{\cos lm} = \frac{190{,}45'}{\cos 54º\ 18'} = 326{,}37'\ E$$

3ª aproximación al tiempo navegado hasta el orto

La tercera aproximación sería corregir el tiempo navegado en una cantidad de $\frac{334{,}27' - 326{,}37'}{15º \times 60}$ horas = 32 segundos, que es lo que tardaría el Sol en recorrer 334,27’ – 326,37’= 7,9’ de Longitud.

El tiempo navegado sería: 15h 3m 52s − 32s = 15h 3m 20s = 15,0555h, y la distancia navegada sería:

D = distancia navega = Vb x Δt =14 x 15,0555 = 210,77 millas



ΔA = 210,77’ x sen 64,56º = 190,33’ E

Δl = 210,77’ x cos 64,56º = 90,54’ N → lorto = 55º 3,3’ S − 90,54’ N = 53º 32,76’ S

$$lm = 55º\ 3{,}3' - \frac{90{,}54'}{2} = 54º\ 18{,}03'$$

$$\Delta L = \frac{\Delta A}{\cos lm} = \frac{190{,}33'}{\cos 54º\ 18{,}03'} = 326{,}17'\ E$$

Lorto = 33º 36,18’ W − 326,17’E = 28º 10’ W

Cálculo HRB al orto (salida del Sol)
HcL orto = 7h 48m

Lorto = 28º 10’ W → TU orto = 7h 38m + $\frac{28^{\circ}\ 10'}{15^{\circ}}$ = 9h 30m 40s

Lorto = 28º 9,28’ W → Huso nº 2 → HRB orto = 9h 30m 40s − 2h = 7h 30m 40s

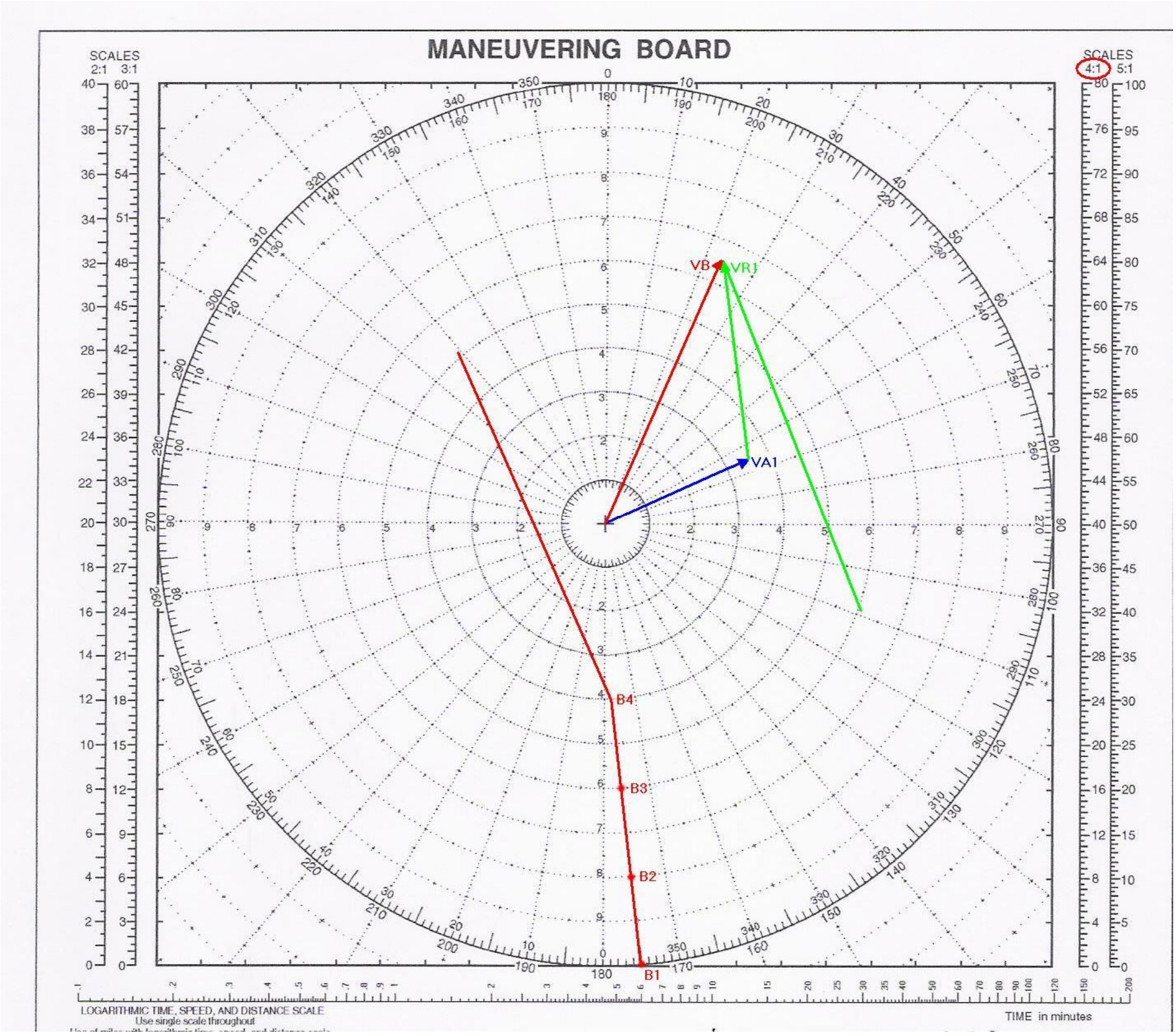
Respuesta 7ª pregunta
HRB orto = 7h 30m 40s
lorto = 53º 32,76’ S
Lorto = 28º 10’ W

8º) Indicar si existe riesgo de colisión o no con el eco

Habría riesgo de colisión si la marcación del buque "B" fuese constante. Puesto que varía ligeramente con el tiempo, no habría técnicamente rumbo de colisión, aunque el buque "B" pasaría muy de nuestro barco.

9º) Cambio de rumbo a efectuar por nuestro barco para que, actuando con el RIPA, el eco no se acerque a menos de 1,5 millas, efectuándose la maniobra al tener el eco a 4 millas

- La velocidad de nuestro barco (barco "A") es de 14 nudos, Rv = 64,56º

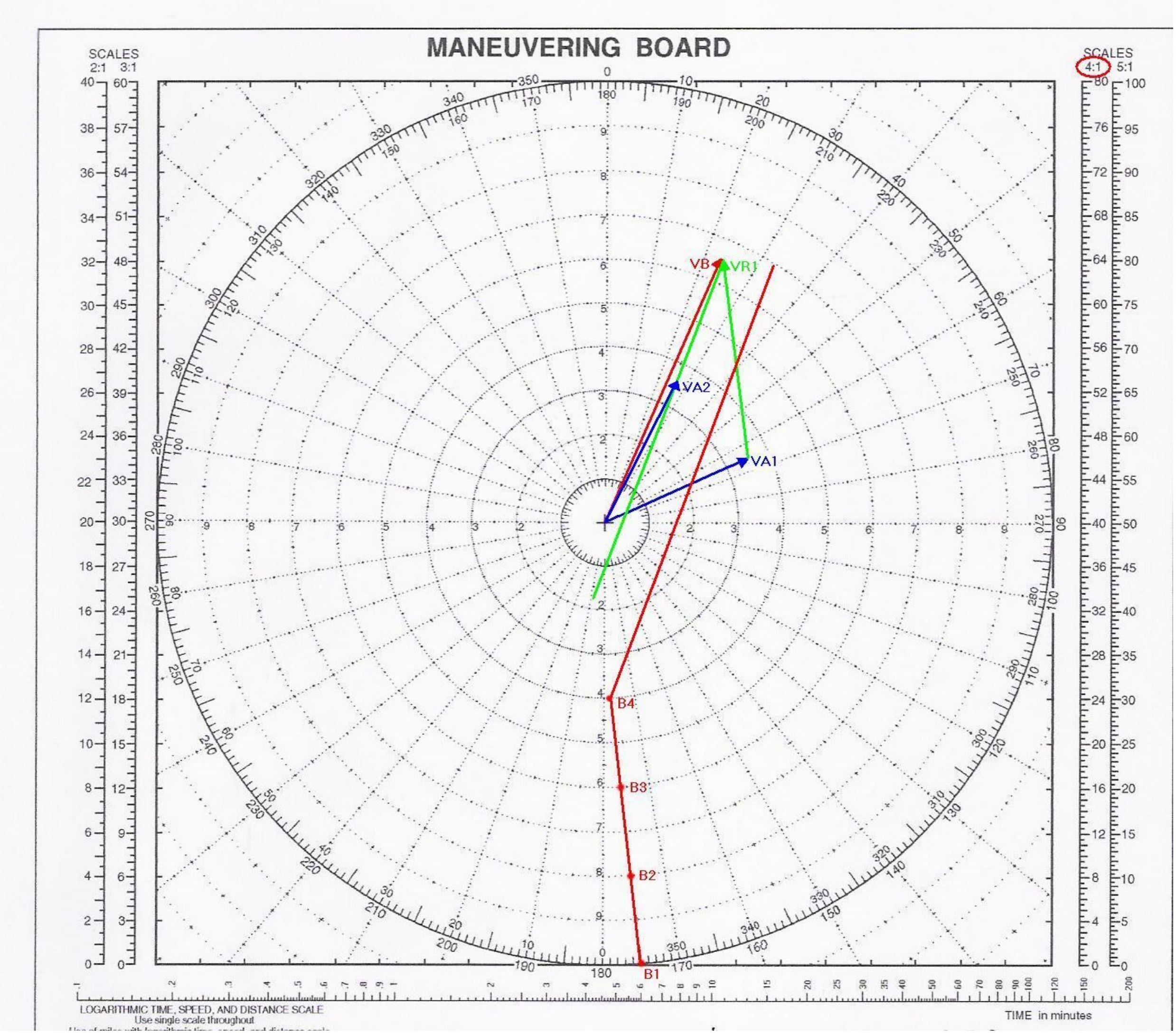


- La figura superior muestra la indicatriz del movimiento B1-B2-B3. La velocidad relativa del barco "B" respecto al nuestro (barco "A") es de 2 x 10 = 20 nudos.
- Dibujamos el vector VA1 (14 nudos, rumbo 64,79º)
- Dibujamos desde el extremos de VA1 el vector VR1, paralelo a la indicatriz B1-B2-B3 y de magnitud 20 nudos.
- El vector VB velocidad-rumbo de "B" es el vector desde el centro de la rosa de maniobras al extremo de VR1.

Existen dos posibilidades, que el barco “B” nos pase por la popa o por la proa. La figura anterior muestra el caso de que nos pase a 1,5 millas por la popa. Sin embargo, si no alteramos la velocidad de nuestro barco, ésta solución es inviable ya que si trazamos desde el extremo de VB una paralela a la nueva indicatriz del movimiento (desde B4 en adelante), línea de color verde en la figura, dicha recta no corta al círculo VA1, lo que indica que no hay rumbo que podamos tomar para seguir ésta alternativa.

Paso de B por nuestra proa

La figura inferior muestra ésta posibilidad. Al igual que en el caso anterior, trazamos desde el extremo del vector VB una paralela a la nueva indicatriz del movimiento (B4 en adelante). El corte de dicha línea con el círculo de VA1 = 14 nudos indicará el nuevo rumbo a seguir, que en éste caso es de 27º aproximadamente.



Respuesta a 9ª pregunta: Rumbo de 27º (caer 64,78º − 27º ≈ 38º a babor)