

Ejercicio Cálculos Náuticos Capitán de Yate tipo Vigo para Almanaque Náutico 2010
Autor: Pablo González de Villaumbrosia García 18.12.2009

El día 27 de Mayo de 2010, en el momento de la puesta del Sol, un buque que se encuentra en situación estimada: $l_e = 42^\circ 36'N$ y $l_e = 60^\circ 50'W$, decide navegar por ortodrómica con una velocidad = 12 nudos, hacia un punto "P" en las proximidades del puerto de La Coruña cuya situación es $l_p = 43^\circ 30'N$ y $l_p = 09^\circ 13'W$, teniendo en cuenta que navegará afectado de una corriente de $R_c = 343^\circ$ e $I_c = 1,5$ nudos y un viento del Noroeste (NW) que produce 8° de abatimiento.

Navega en estas condiciones y más tarde, durante el crepúsculo vespertino, al ser HcG = 00-47-38, observa simultáneamente los siguientes astros:

ai de la * Polar = $41^\circ 56,7'$

ai de la * Rashalague = $25^\circ 25,3'$

ai de un * ? = $14^\circ 58,6'$ y Z_v del * ? = 048°

Al día siguiente, sin viento ni corriente y encontrándose en situación estimada $l_e = 45^\circ 13,5'N$ y $l_e = 57^\circ 44,7'W$, al ser HcG = 10-47-28 observa ai del Sol limbo inferior = $25^\circ 13,3'$ y toma Z_a del Sol = $90,5^\circ$.

Navega al $R_a = 093^\circ$ con velocidad = 12 nudos y al pasar el Sol por el meridiano superior observa de nuevo ai meridiana del Sol limbo inferior = $65^\circ 53,7'$

Al día siguiente se cierra de niebla y navega al $R_v = 090^\circ$ con $V_b = 12$ nudos y de un blanco "B" obtiene con el radar la siguiente información:

Al ser Hrb = 05-00 Marcación de "B" = 45° Er, d = 12 millas

Al ser Hrb = 05-06 Marcación de "B" = 45° Er, d = 11 millas

Al ser Hrb = 05-12 Marcación de "B" = 45° Er, d = 10 millas

Al ser Hrb = 05-24 y para evitar el abordaje, gobierna cayendo a estribor para pasar a 4 millas de "B".

Al tener la seguridad de no pasar a menos de 2 millas del buque "B" vuelve a su rumbo anterior. Al estar "B" a 12 millas, da rumbo para situarse a 3 millas por su proa en el menor tiempo posible.

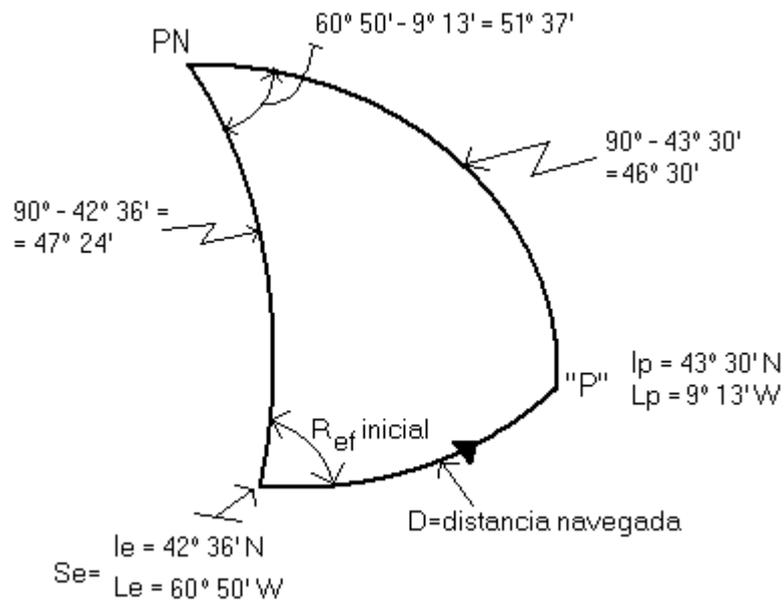
La elevación del observador = 5 metros. El error de índice = $-1'$

Se pide:

- 1.- Rumbo inicial y distancia ortodrómica hacia el punto "P"
- 2.- Situación observada por los tres astros
- 3.- Situación observada en el momento de pasar el Sol por el meridiano
- 4.- Rumbo y velocidad del buque "B"
- 5.- Rumbo de maniobra para pasar a 4 millas de "B" y Hrb de vuelta al rumbo anterior
- 6.- Rumbo para situarse a 3 millas por la proa del "B" y Hrb de llegada a esa posición

Resolución:

1.- Rumbo inicial y distancia ortodrómica hacia el punto "P"



Del triángulo esférico de la figura:

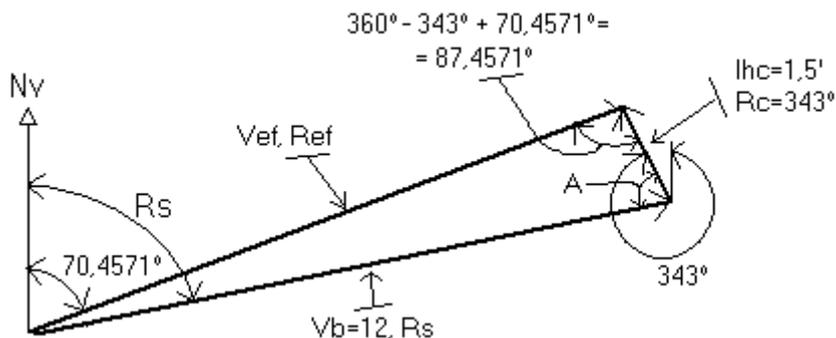
$$\cotg 46^{\circ} 30' \times \sen 47^{\circ} 24' = \cos 47^{\circ} 24' \times \cos 51^{\circ} 37' + \sen 51^{\circ} 37' \times \cotg \text{Ref inicial}$$

Ref inicial = rumbo eficaz inicial = $70,4571^{\circ}$

$$\cos D = \cos 46^{\circ} 30' \times \cos 47^{\circ} 24' + \sen 46^{\circ} 30' \times \sen 47^{\circ} 24' \times \cos 51^{\circ} 37'$$

$$D = \text{distancia navegada} = 37,111^{\circ} = 2226,66' = 2226,66 \text{ millas}$$

La composición vectorial del triángulo de velocidades queda así:



R_s = Rumbo superficie

V_b = velocidad del barco = 12 nudos

R_c = rumbo corriente = 343°

I_{hc} = intensidad horaria corriente = 1,5 nudos

Ref = rumbo eficaz inicial = $70,4571^{\circ}$

Vef = velocidad eficaz

Aplicamos las fórmulas del triángulo

$$\frac{1,5}{\text{sen}(R_s - 70,4571^\circ)} = \frac{12}{\text{sen } 87,4571^\circ} \rightarrow R_s = 77,63^\circ$$

Ri = rumbo barco inicial = $R_s + \text{Abatimiento} = 77,63^\circ - 6^\circ = 71,63^\circ$

La suma de los ángulos de un triángulo es 180°

$$A + (77,63^\circ - 70,4571^\circ) + 87,4571^\circ = 180^\circ \rightarrow A = 85,37^\circ$$

$$\frac{V_{ef}}{\text{sen } A} = \frac{12}{\text{sen } 87,4571^\circ} \rightarrow V_{ef} = \text{velocidad eficaz} = 11,97 \text{ nudos}$$

Respuesta 1ª pregunta

- Ri = rumbo inicial = $71,63^\circ$
- D = distancia navegada = 2226,66 millas

2.- Situación observada por los 3 astros

Cálculo del tiempo navegado

Salida: Puesta del Sol día 27 Mayo 2010

En tablas AN

Puesta Sol día 26 Mayo de 2010 ($l_e = 42^\circ 36'N$) HcL = 19h 26,32m

Puesta Sol día 28 Mayo de 2010 ($l_e = 42^\circ 36'N$) HcL = 19h 28,32m

Promediando para el día 27 Mayo 2010

$$\begin{aligned} \text{HcL puesta del Sol} &= 19h 27,32m \rightarrow \text{HcG} = \text{UTC} = 19h 27,32m + \frac{60^\circ 50'}{15^\circ} = \\ &= 23h 30,65m \text{ día 27 Mayo de 2010} \end{aligned}$$

Medición estrellas: HcG = 0h 47m 38s día 28 Mayo de 2010

$$\Delta t = \text{tiempo navegado} = 24h - 23h 30,65m + 0h 47m 38s = 1h 16m 59s = 1,283 \text{ h}$$

$$D = \text{distancia navegada} = V_{ef} \times \Delta t = 11,97 \times 1,283 = 15,358 \text{ millas}$$

Cálculo posición estimada a HcG = 0h 47m 38s día 28 Mayo de 2010

Ref inicial = $70,4571^\circ$

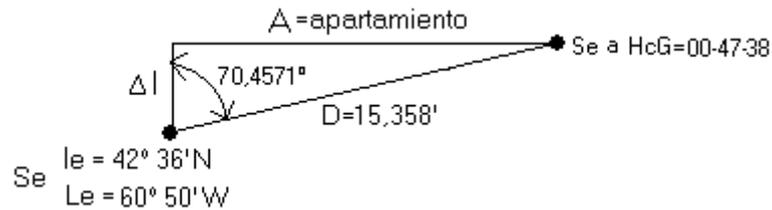
Origen:

$l_e = 42^\circ 36'N$

$l_e = 60^\circ 50'W$

D = distancia navegada = 15,358 millas

Puesto que es una distancia pequeña, aunque la derrota del barco es ortodrómica, podemos considerar que podemos utilizar una loxodrómica (rumbo constante), ya que en ese pequeño intervalo el rumbo se habrá mantenido aproximadamente constante.



$$\Delta l = 15,358' \times \cos 70,4571^\circ = 5,14' \text{ N}$$

$$A = 15,358' \times \sin 70,4571^\circ = 14,47' \text{ E}$$

$$l_m = \text{latitud media} = 42^\circ 36' + \frac{\Delta l}{2} = 42^\circ 38,57'$$

$$\Delta L = \frac{A}{\cos l_m} = \frac{14,47'}{\cos 42^\circ 38,57'} = 19,67' \text{ W}$$

Posición a HcG = 00-47-38

$$l_e = 42^\circ 36' \text{ N} + 5,14' \text{ N} = 42^\circ 41,14' \text{ N}$$

$$L_e = 60^\circ 50' \text{ W} - 19,67' \text{ E} = 60^\circ 30,33' \text{ W}$$

Cálculo altura verdadera estrella Polar

$$a_i = 41^\circ 56,7'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 41^\circ 56,7' - 1' = 41^\circ 55,7'$$

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

$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 5 \text{ m)} = -4,0'$$

$$a_a = 41^\circ 55,7' - 4,0' = 41^\circ 51,7'$$

$$\text{Crefrac.} = \text{corrección por refracción} = -1,1'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = a_a + \text{Crefrac} = 41^\circ 51,7' - 1,1' = 41^\circ 50,6'$$

Cálculo latitud por la Polar

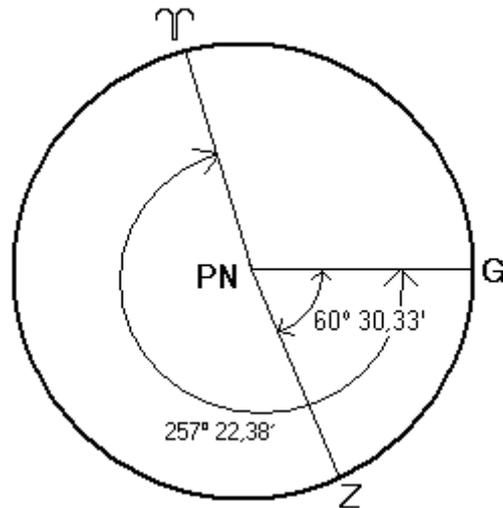
HcG crepúsculo vespertino = 0h 47m 38s día 28 Mayo de 2010

En tablas AN para el día 28 de Mayo de 2010

<u>TU</u>	<u>hGγ</u>
0h	245° 25,9'
1h	260° 28,4'

Interpolante para TU = 0h 47m 38s

$$hG\gamma = 257^\circ 22,38'$$



$$hL\gamma = 257^{\circ} 22,38' - 60^{\circ} 30,33' = 196^{\circ} 52,05'$$

Determinación de la latitud por la Polar

En tablas AN de determinación de la latitud por la observación de la altura de la Polar:

$$\text{Correc.1 (} hL\gamma = 196^{\circ} 52,05') = +37,7'$$

$$\text{Correc.2 (} hL\gamma = 196^{\circ} 52,05', a_v = 41^{\circ} 50,6') = +0,0'$$

$$\text{Correc.3 (} hL\gamma = 196^{\circ} 52,05', \text{ Mayo)} = +0,3'$$

$$l_v = \text{latitud verdadera} = a_v + \text{Correc.1} + \text{Correc.2} + \text{Correc.3} = \\ = 41^{\circ} 50,6' + 37,7' + 0,0' + 0,3' = 42^{\circ} 28,6' \text{ N}$$

Cálculo altura verdadera estrella Rashalague

$$a_i = 25^{\circ} 25,3'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 25^{\circ} 25,3' - 1' = 25^{\circ} 24,3'$$

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

$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 5 \text{ m)} = -4'$$

$$a_a = 25^{\circ} 24,3' - 4,0' = 25^{\circ} 20,3'$$

$$C_{\text{refrac.}} = \text{corrección por refracción} = -2,1'$$

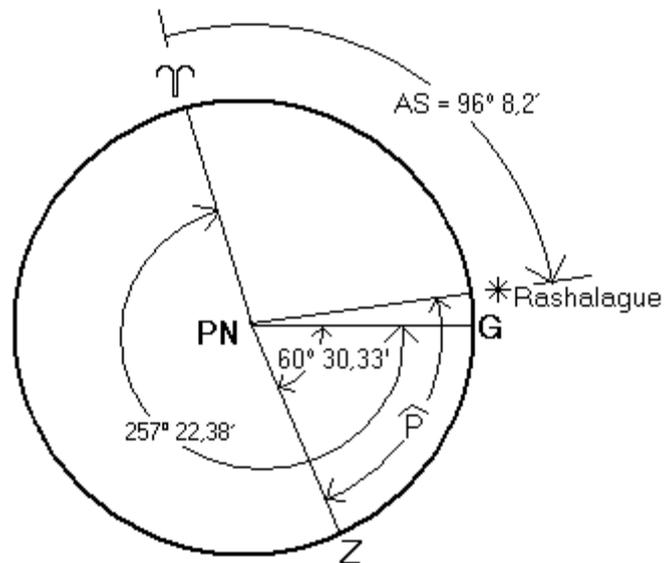
$$a_v = \text{altura verdadera} = a_a + C_{\text{refrac.}} = 25^{\circ} 20,3' - 2,1' = 25^{\circ} 18,2'$$

Cálculo determinante estrella Rashalague

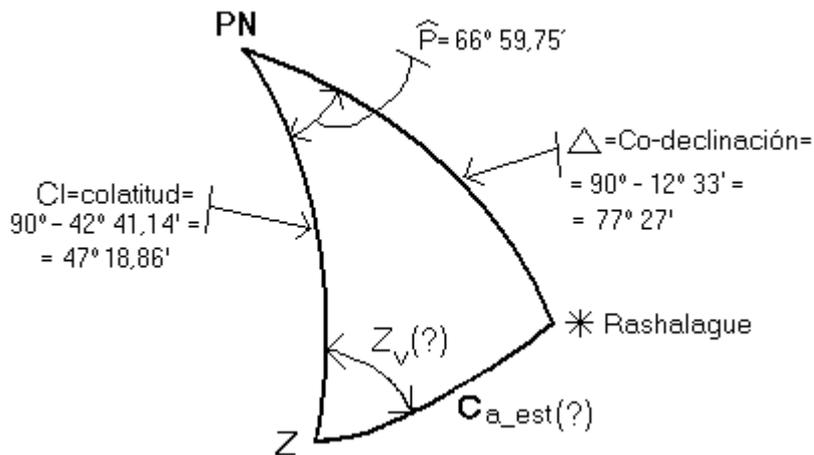
Datos Rashalague (n° 82):

$$AS = 96^{\circ} 8,2'$$

$$\text{Dec} = +12^{\circ} 33'$$



$$P = \text{ángulo en el Polo} = 360^\circ - 96^\circ 8,2' - 257^\circ 22,38' + 60^\circ 30,33' = 66^\circ 59,75'$$



$$\cotg 77^\circ 27' \times \text{sen } 47^\circ 18,86' = \cos 47^\circ 18,86' \times \cos 66^\circ 59,75' + \text{sen } 66^\circ 59,75' \times \cotg Z_v$$

$$Z_v = \text{azimut verdadero} = 96,28^\circ$$

$$\cos C_{a_est} = \cos 47^\circ 18,86' \times \cos 77^\circ 27' + \text{sen } 47^\circ 18,86' \times \text{sen } 77^\circ 27' \times \cos 66^\circ 59,75'$$

$$C_{a_est} = 64,6768^\circ \rightarrow a_e = \text{altura estimada} = 90^\circ - 64,6768^\circ = 25^\circ 19,39'$$

$$\Delta a = a_v - a_e = 25^\circ 18,2' - 25^\circ 19,39' = -1,19'$$

Determinante estrella Rashalague:

$$Z_v = 96,28^\circ$$

$$\Delta a = -1,19'$$

Medición altura astro desconocido

$$a_i^*? = 14^\circ 58,6'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + e_i = 14^\circ 58,6' - 1' = 14^\circ 57,6'$$

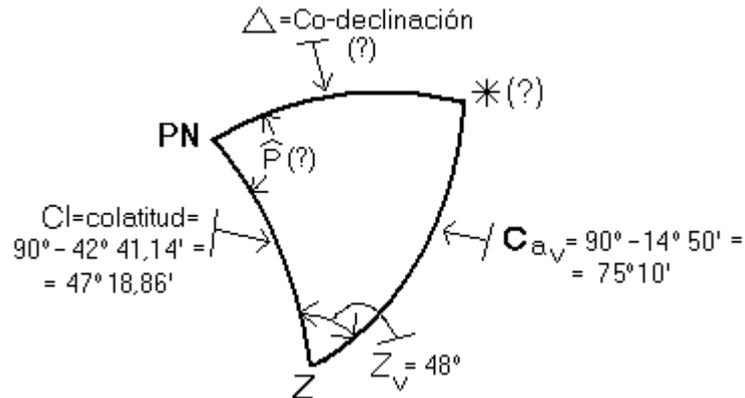
$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d$$

$$C_d = \text{corrección por depresión (para } e_o = 5 \text{ m)} = -4'$$

$$aa = 14^{\circ} 57,6' - 4' = 14^{\circ} 53,6'$$

Crefrac. = corrección por refracción = $-3,6'$

$$av = \text{altura verdadera} = aa + \text{Crefrac.} = 14^{\circ} 53,6' - 3,6' = 14^{\circ} 50'$$



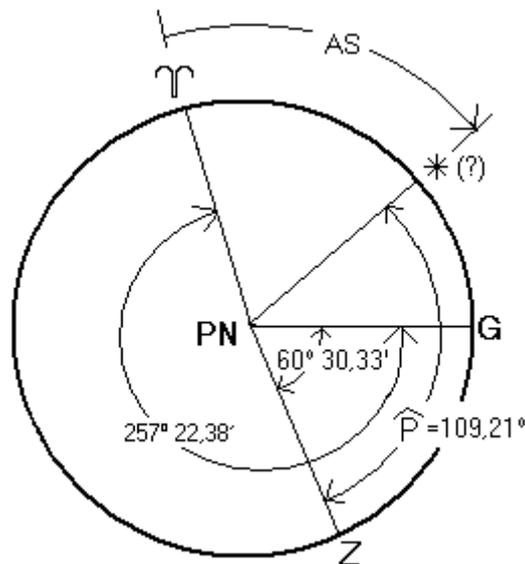
Del triángulo esférico de posición, aplicando las conocidas fórmulas de la cotangente y el coseno, vistas anteriormente, sale:

$$\cotg 75^{\circ} 10' \times \text{sen } 47^{\circ} 18,86' = \cos 47^{\circ} 18,86' \times \cos 48^{\circ} + \text{sen } 48^{\circ} \times \cotg P$$

$P = \text{ángulo horario en el Polo del astro desconocido} = 109,21^{\circ}$

$$\cos \Delta = \cos 47^{\circ} 18,86' \times \cos 75^{\circ} 10' + \text{sen } 47^{\circ} 18,86' \times \text{sen } 75^{\circ} 10' \times \cos 48^{\circ}$$

$$\Delta = \text{co-declinación} = 90^{\circ} - \text{Dec} = 49,5305^{\circ} \rightarrow \text{Dec} = \text{declinación del astro} = +40^{\circ} 28,17'$$



$$AS = \text{ángulo sidéreo} * ? = 360^{\circ} - 257^{\circ} 22,38' - 109,21^{\circ} + 60^{\circ} 30,33' = 53^{\circ} 55,35'$$

Con los datos de:

$$AS = 53^{\circ} 55,35'$$

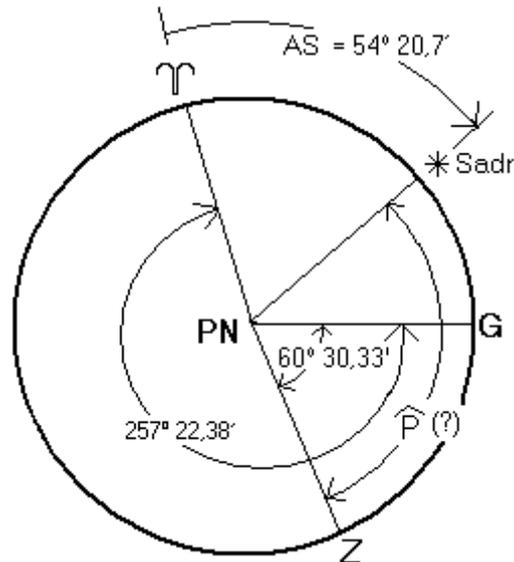
$$\text{Dec} = +40^{\circ} 28,17'$$

En el AN aparece la estrella n° 89 Sadr

Cálculo determinante estrella Sadr

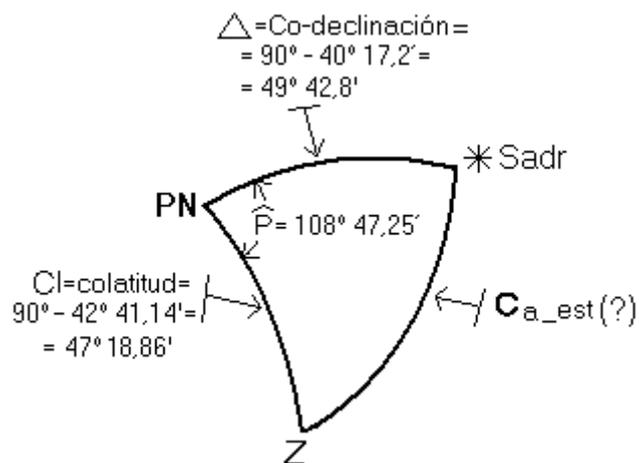
En el Almanaque Náutico, el AS y Dec de Sadr son los siguientes:

$$\begin{aligned} AS &= 54^\circ 20,7' \\ Dec &= +40^\circ 17,2' \end{aligned}$$



De la figura anterior:

$$P = \text{ángulo en el polo estrella Sadr} = 360^\circ - 257^\circ 22,38' - 54^\circ 20,7' + 60^\circ 30,33' = 108^\circ 47,25'$$



Del triángulo esférico de posición de la figura:

$$\cos Ca_est = \cos 47^\circ 18,86' \times \cos 49^\circ 42,8' + \sin 47^\circ 18,86' \times \sin 49^\circ 42,8' \times \cos 108^\circ 47,25'$$

$$Cae = 75,0606^\circ \rightarrow ae = 90^\circ - 75,0606^\circ = 14^\circ 56,36'$$

$$\Delta a = av - ae = 14^\circ 50' - 14^\circ 56,36' = -6,16'$$

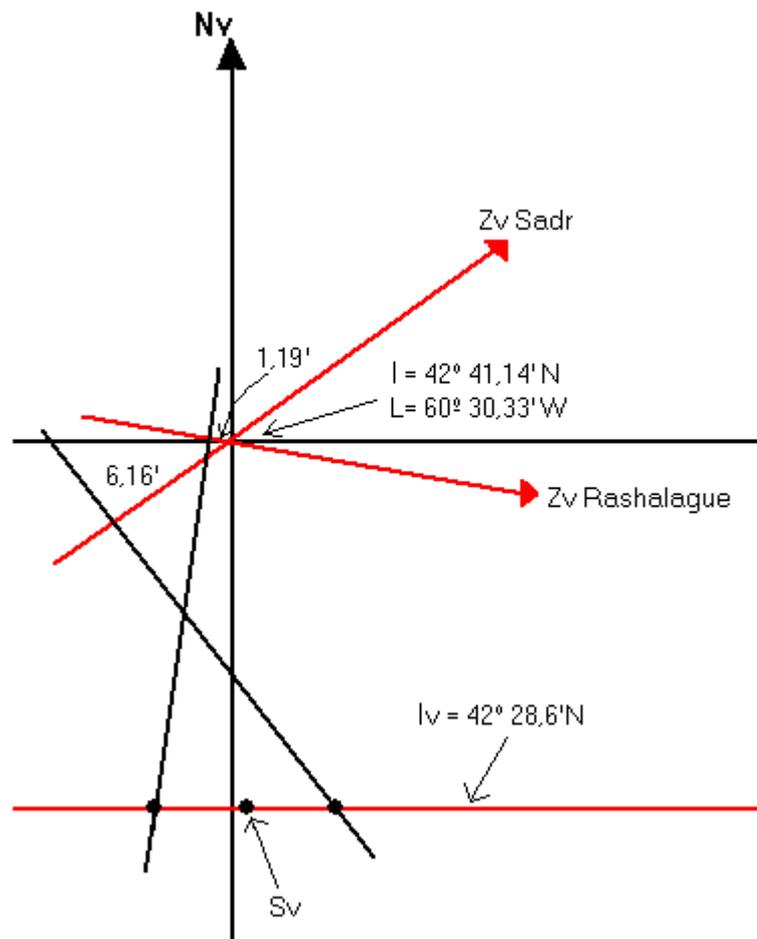
Determinante estrella Sadr:

$$Zv = 48^\circ$$

$$\Delta a = -6,16'$$

Resumen datos para resolución gráfica

- Posición estimada a HcG = 00-47-38
 $l_e = 42^\circ 41,14'N$
 $L_e = 60^\circ 30,33'W$
- $l_v =$ latitud verdadera = $42^\circ 28,6'N$
- Determinante estrella Rashalague
 $Z_v = 96,28^\circ$
 $\Delta a = -1,19'$
- Determinante estrella Sadr
 $Z_v = 48^\circ$
 $\Delta a = -6,16'$



Se toma el punto medio del cruce de las dos rectas de altura con la latitud verdadera. De la gráfica se desprende que:

Respuesta 2ª pregunta

$l_v = 42^\circ 28,6'N$
 $L_v = 60^\circ 30,32'W$

3.- Situación observada en el momento de pasar el Sol por el meridiano

Datos de partida

- HcG = 10-47-28 día 28 Mayo 2010
- $le = 45^\circ 13,5'N$, $Le = 57^\circ 44,7'W$
- ai del Sol limbo inferior = $25^\circ 13,3'$
- Za del Sol = $90,5^\circ$

Cálculo ángulo horario del Sol por la mañana

UTC = 10h 47m 28s día 28 Mayo de 2010

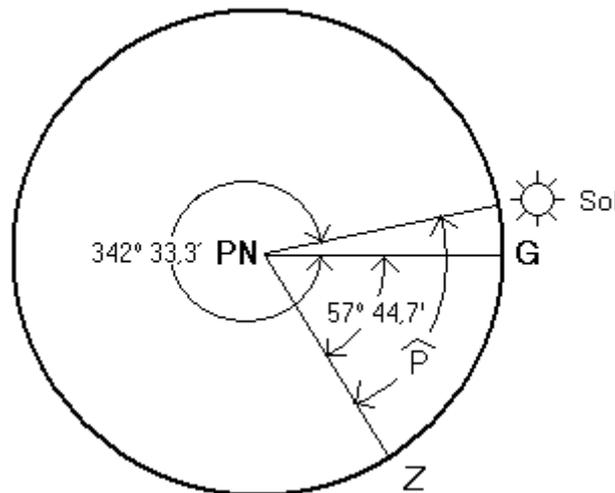
En tablas Almanaque Náutico para dicho día:

<u>TU</u>	<u>hG</u> ☀	<u>Dec</u>
10h	$330^\circ 41,3'$	$+21^\circ 28,5'$
11h	$345^\circ 41,3'$	$+21^\circ 28,9'$

Interpolando para TU = 10h 47m 28s sale:

$$hG_{\text{☀}} = 342^\circ 33,3'$$

$$\text{Dec} = +21^\circ 28,82'$$



$$P = he = \text{ángulo horario en el Polo entre el Sol y el barco} = 360^\circ - 342^\circ 33,3' + 57^\circ 44,7' = 75^\circ 11,4'$$

Cálculo altura verdadera del Sol por la mañana

$$ai_{\text{☀}} \text{ limbo inferior} = 25^\circ 13,3'$$

$$ao = \text{altura observada} = ai + ei = 25^\circ 13,3' - 1' = 25^\circ 12,3'$$

$$aa = \text{altura aparente} = ao + Cd$$

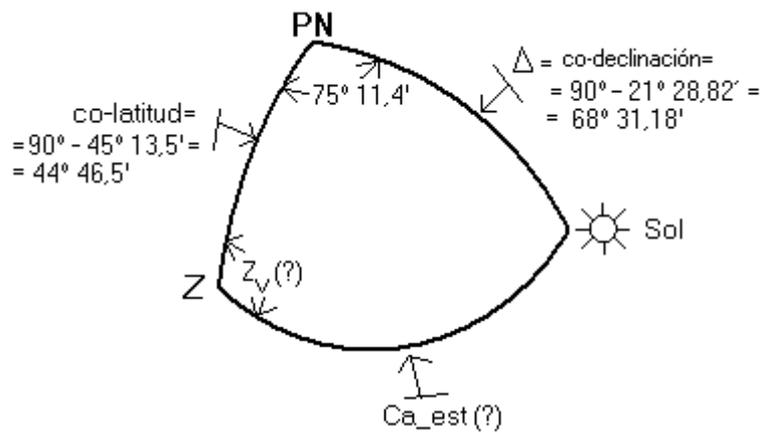
$$Cd = \text{corrección por depresión (para } eo = 5 \text{ m)} = -4,0'$$

$$aa = 25^\circ 12,3' - 4' = 25^\circ 8,3'$$

$$Csd+refr+p = \text{Corrección por Semidiámetro-refracción-paralaje (para } aa = 25^\circ 8,3') = +14,1' - 0,2' = +13,9'$$

$$av = \text{altura verdadera} = aa + Csd+refr+p = 25^\circ 8,3' + 13,9' = 25^\circ 22,2'$$

Cálculo determinante del Sol por la mañana y corrección total



De la figura sale:

$$\cotg 68^\circ 31,18' \times \sen 44^\circ 46,5' = \cos 44^\circ 46,5' \times \cos 75^\circ 11,4' + \sen 75^\circ 11,4' \times \cotg Z_v$$

$$Z_v = 84,35^\circ$$

$$\cos Ca_est = \cos 44^\circ 46,5' \times \cos 68^\circ 31,18' + \sen 44^\circ 46,5' \times \sen 68^\circ 31' \times \cos 75^\circ 11,4'$$

$$Ca_est = \text{co-altura estimada} = 64,6925^\circ \rightarrow ae = 90^\circ - 64,6925^\circ = 25^\circ 18,45'$$

$$Ct = Z_v - Za = 84,35^\circ - 90,5^\circ \approx -6^\circ$$

$$Rv = \text{rumbo verdadero} = Ra + Ct = 93^\circ - 6^\circ = 87^\circ$$

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

$$= \frac{1}{\text{tang } 68^\circ 31,18' \times \sen 75^\circ 11,4'} - \frac{\cotg 44^\circ 46,5'}{\text{tang } 75^\circ 11,4'} = 0,1405$$

$$\Delta a = a_v - a_e = 25^\circ 22,2' - 25^\circ 18,45' = +3,75'$$

Resultados determinante Sol por la mañana y corrección total:

$$Z_v = 84,35^\circ$$

$$\Delta a = +3,75'$$

$$Ct = -6^\circ$$

Cálculo exacto del intervalo de tiempo y distancia navega:

$$\Delta t = \text{tiempo exacto navegado} = \frac{he}{15^\circ + \frac{V_b \times \sen R_v}{60 \times \cos l_m}} = \frac{75^\circ 11,4'}{15^\circ + \frac{12 \times \sen 87^\circ}{60 \times \cos 45^\circ 13,5'}} = 4,9197h =$$

$$= 4h 55,18m$$

$$D = \text{distancia navegada} = V_b \times \Delta t = 12 \times 4,9197 = 59,04 \text{ millas}$$

Traslado del punto determinante

$$Z_v = 84,35^\circ$$

$$\Delta a = +3,75'$$

$$R_v = 87^\circ$$

D = distancia navegada = 59,04 millas

le = latitud estimada por la mañana = $45^\circ 13,5'N$

Le = longitud estimada por la mañana = $57^\circ 44,7'W$

Ref	D	ΔI		A	
		N	S	E	W
N87°E	59,04'	3,09'	—	58,96'	—
N84,35E	3,75'	0,37'	—	3,73'	—
		3,46'		62,69'	

$$\Delta I = 3,46'N$$

A = apartamiento = $62,69'E$

$$I_m = \text{latitud media} = 45^\circ 13,5'N + \frac{\Delta I}{2} = 45^\circ 15,23'N$$

$$\Delta L = \frac{A}{\cos I_m} = \frac{62,69'}{\cos 45^\circ 15,23'} = 89,05'E$$

lo = latitud observada al mediodía = $45^\circ 13,5'N + 3,46'N = 45^\circ 16,96'N$

Lo = longitud observada al mediodía = $57^\circ 44,7'W - 89,05'E = 56^\circ 15,65'W$

Cálculo altura verdadera de la observación del Sol

a_i ☉ limbo inferior = $65^\circ 53,7'$

a_o = altura observada = $a_i + e_i = 65^\circ 53,7' - 1' = 65^\circ 52,7'$

a_a = altura aparente = $a_o + C_d$

C_d = corrección por depresión (para $e_o = 5$ m) = $-4'$

$a_a = 65^\circ 52,7' - 4' = 65^\circ 48,7'$

$C_{sd+refr+p}$ = Corrección por Semidiámetro-refracción-paralaje (para $a_a = 65^\circ 48,7'$) = $+15,6' - 0,2' = +15,4'$

a_v = altura verdadera = $a_a + C_{sd+refr+p} = 65^\circ 48,7' + 15,4' = 66^\circ 4,1'$

Cálculo UTC al paso del Sol por el meriano superior del lugar

UTC paso Sol por meridiano = UTC salida + tiempo navegado hasta paso Sol por meridiano = $10h 47m 28s + \Delta t = 10h 47m 28s + 4h 55,18m = 15h 42,65m$

Cálculo declinación del Sol al paso de este por el meridiano superior del lugar

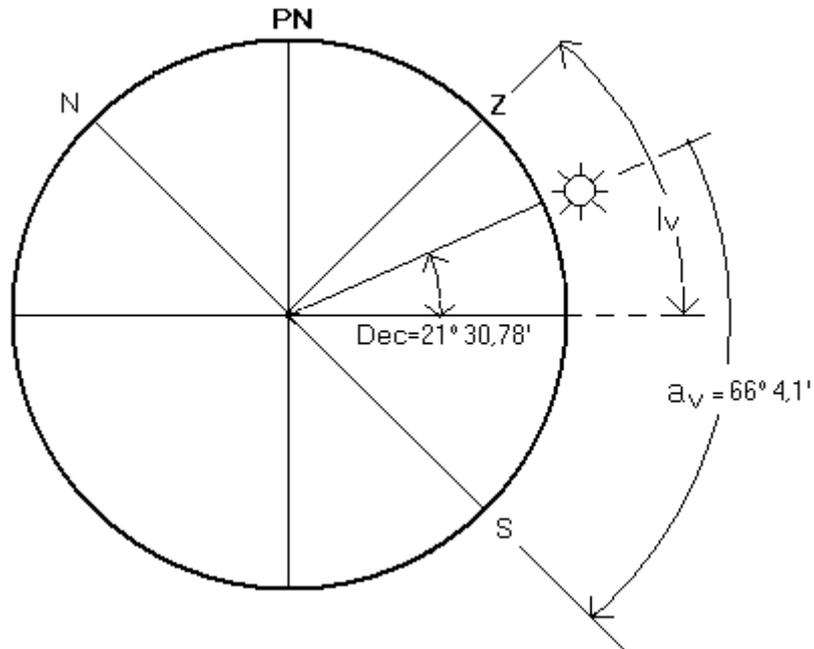
En tablas diarias del AN para el día 28 de Mayo de 2010

<u>TU</u>	<u>Dec</u>
15h	$+21^\circ 30,5'$
16h	$+21^\circ 30,9'$

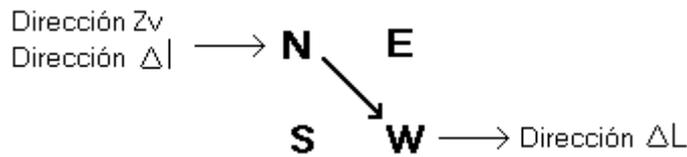
Interpolando, para TU = 15h 42,65m:
Dec = 21° 30,78'

Cálculo latitud verdadera

$l_v = \text{latitud verdadera al mediodía} = 90^\circ - 66^\circ 4,1' + 21^\circ 30,78' = 45^\circ 26,68'N$



$\Delta l = l_v - l_o = 45^\circ 26,68'N - 45^\circ 16,96'N = +9,72'$



$\Delta L = Q \times \Delta l = 0,1405 \times 9,72 = 1,37'W$

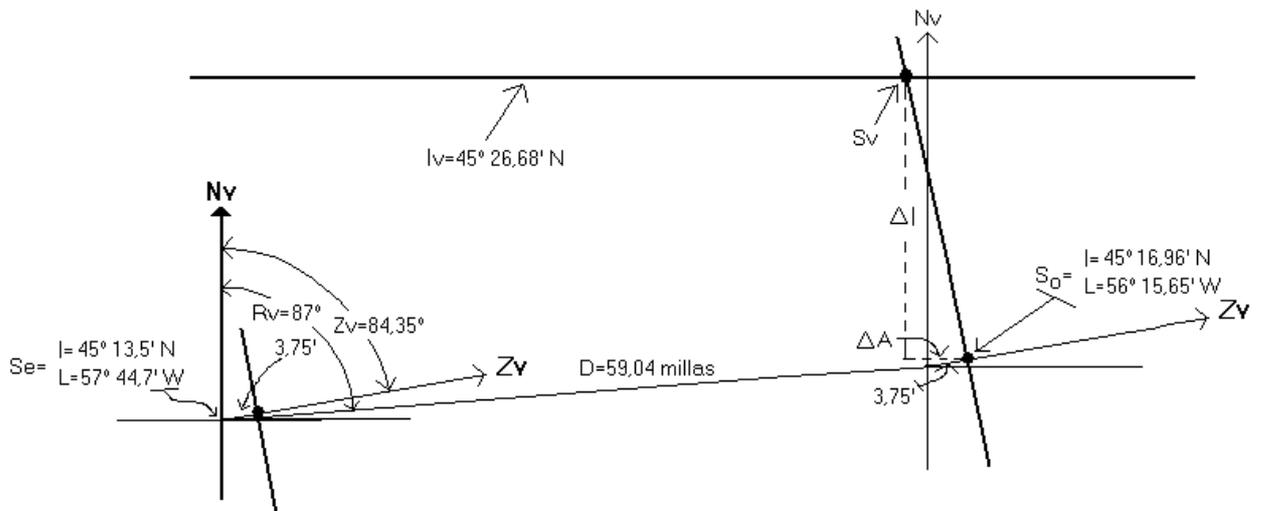
Respuesta 3ª pregunta

Situación verdadera S_v al paso del Sol por el meridiano:

$l_v = 45^\circ 26,68'N$

$L_v = L_o + \Delta L = 56^\circ 15,65'W + 1,37'W = 56^\circ 17,02'W$

TU = 15h 42,65m:



Comprobación coeficiente Pagel

$$\text{tang}(90^\circ - 84,35^\circ) = \frac{\Delta A}{\Delta l} \rightarrow \Delta A = \text{apartamiento} = 9,72' \times \text{tang } 5,65^\circ = 0,9616' W$$

$$\Delta L = \frac{\Delta A}{\cos l_0} = \frac{0,9616'}{\cos 45^\circ 16,96'} = 1,3667' W$$

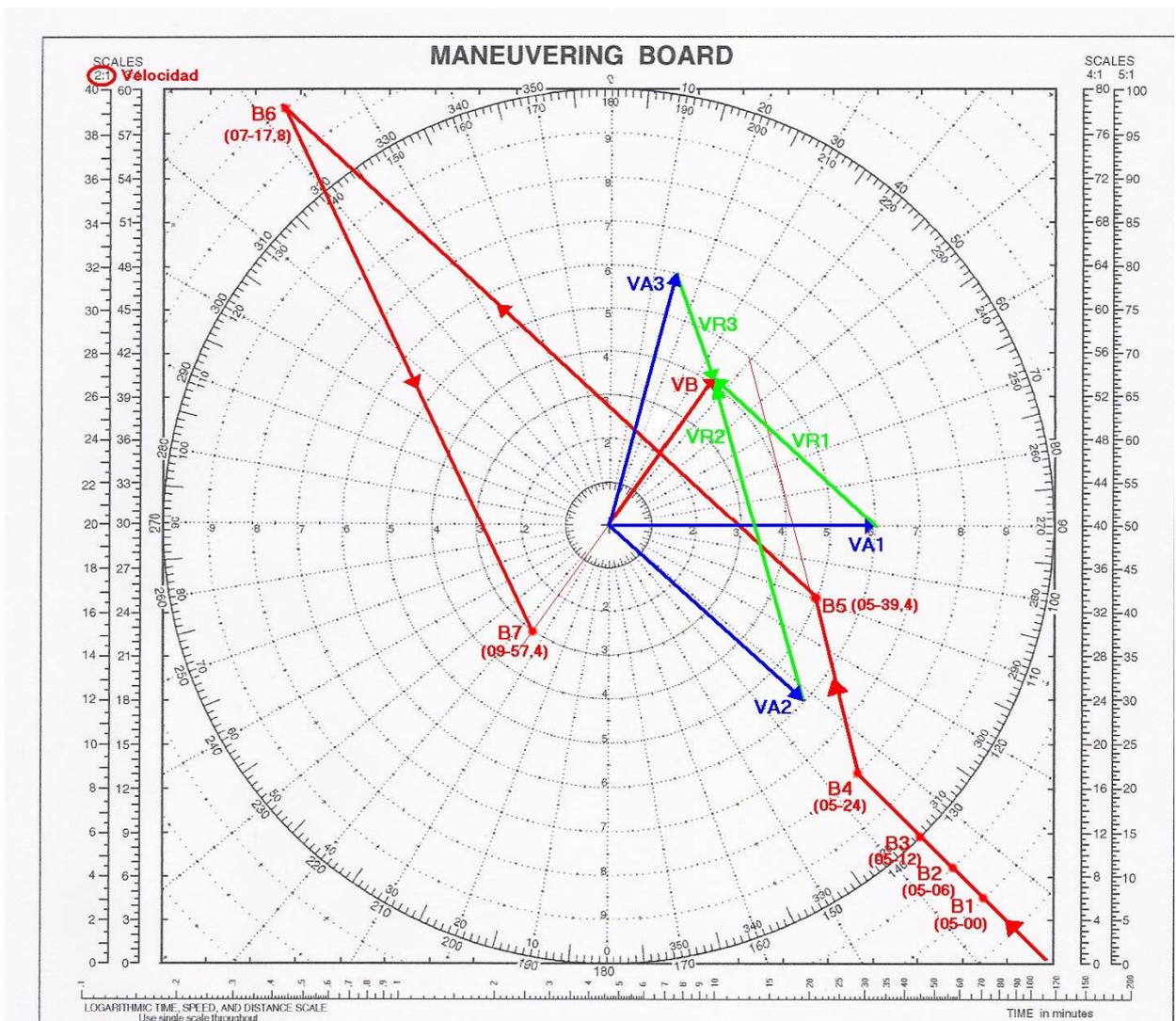
$Q = \text{coeficiente de Pagel} = \frac{\Delta L}{\Delta l} = \frac{1,3667'}{9,72'} = 0,1406$ que coincide aproximadamente con el coeficiente de Pagel calculado por la mañana.

4.- Rumbo y velocidad del buque "B"

- Trazar indicatriz del movimiento del buque "B" respecto del buque "A". B1-B2-B3-B4 en la figura es dicha indicatriz.
- Trazar vector de velocidad VA1 (longitud vector =12 nudos en rumbo 90°).
- Le velocidad relativa de "B" respecto de "A" es 10 nudos. Desde el extremo del vector VA1 trazar el vector VR1 =10 y dirección paralelo a la indicatriz B1-B2-B3-B4. Desde el centro de la rosa de maniobras hasta el extremo de VR1 tendremos el vector VB del buque "B".

Resultado:

- $RB = 35^\circ$
- $VB = 8,6$ nudos



5.- Rumbo de maniobra para pasar a 4 millas de "B" y Hrb de vuelta al rumbo anterior

- Desde B4 trazar una recta tangente al círculo de 4 millas. Esta será la nueva indicatriz del movimiento.

- Desde el extremo del vector VB trazar una recta paralela a dicha tangente. El punto de corte de dicha recta con el círculo de velocidad VA = 12 nudos define el nuevo vector VA2. Resultado: RA = 132° (la velocidad de “A” no cambia, por eso el vector VA está siempre en un círculo de radio constante).
- La nueva velocidad relativa VR2 = 15,6 nudos
- Trazar una recta tangente al círculo de 2 millas y que sea paralela a la indicatriz B1-B2-B3-B4. Dicha recta cortará a la que hemos trazado tangente al círculo de 4 millas en el punto B5. Cuando el barco “B” esté en B5 es donde el buque “A” vuelve a su rumbo anterior de 90°.

En la rosa de maniobras se mide la distancia B4-B5 = 4 millas. Por lo tanto, el tiempo en navegar “B” de B4 a B5 es:

$$\Delta t = \frac{4 \text{ millas}}{15,6 \text{ nudos}} = 15,4 \text{ minutos}$$

Hrb llegada al punto B5 = 5h 24m + 15,4 m = 5h 39,4m

Resultado:

- RA = 132°
- Hrb = 5h 39,4m

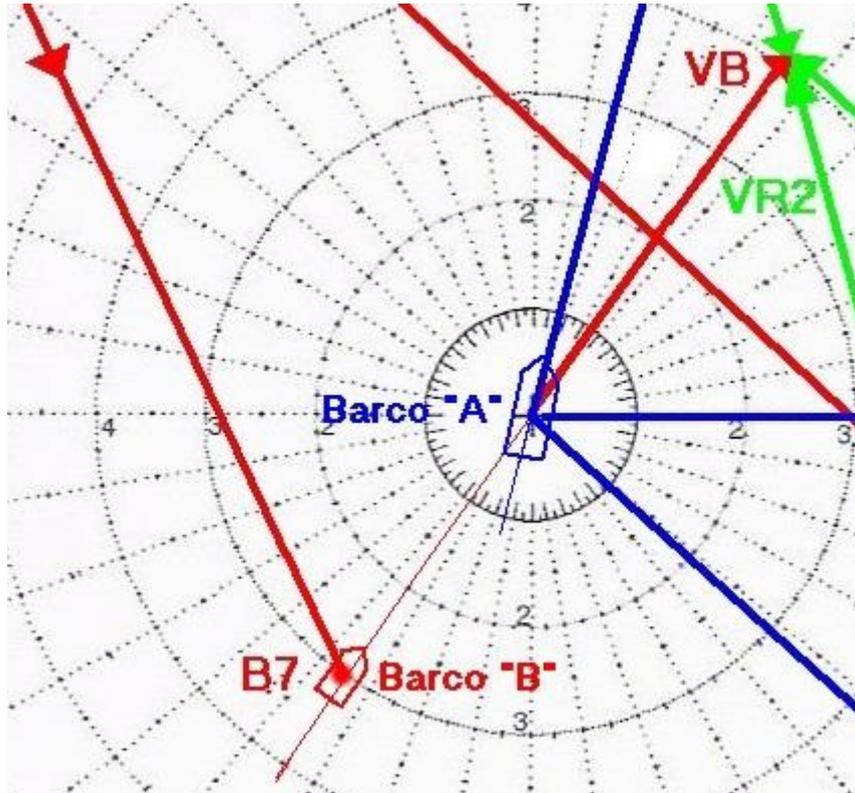
6.- Rumbo para situarse a 3 millas por la proa del “B” y Hrb de llegada a esa posición

- El barco “B” navega hasta el punto B6. Distancia B5-B6 = 16,4 millas.
- VR1 = 10 nudos, luego el barco “B” tardará en llegar a B6:

$$\Delta t = \frac{16,4 \text{ millas}}{10 \text{ nudos}} = 1,64 \text{ horas}$$

Hrb llegada de barco “B” al punto B6 = 5h 39,4m + 1,64 h = 7h 17,8m

- El punto B7 está a 3 millas de la línea popa-proa del barco “B”, pero delante de la proa. Tomamos 3 millas en dirección contraria al vector VB (ver en la ilustración de la figura de abajo las posiciones y rumbos de los barcos “A” y “B”)



- La nueva indicatriz para situarse a 3 millas por la proa de "B" será la línea que une B6 con B7.
- Desde el extremo del vector VB trazamos una paralela a la indicatriz B6-B7, y donde corte dicha paralela al círculo de velocidad VA = 12 nudos, tendremos el nuevo vector de velocidad VA3 del barco "A" y el vector velocidad relativa VR3. Se mide RA= 15°, VR3 = 5 nudos.
- La distancia B6-B7 se mide en la rosa de maniobra y es 13,3 millas, que con una VR3 = 5 nudos, se tarda en recorrer

$$\Delta t = \frac{13,3 \text{ millas}}{5 \text{ nudos}} = 2,66 \text{ horas}$$

Hrb llegada al punto B6 = 7h 17,8m + 2,66 horas = 9h 57,4m

Resultado:

- RA = 15°
- Hrb = 9h 57,4m