

Patrón de Yate

NAVEGACIÓN CARTA

4.1.- CORRECCIÓN TOTAL

4.1.1.- Definición

Es el **ángulo que forma el norte de aguja con el norte verdadero**. Es decir es igual a la suma algebraica de la dm y el desvío.

$$Ct = dm + \Delta$$

4.1.2.- Calculo a partir de la declinación y el desvío

Conocida la declinación magnética (dm), a través de la carta, o por ser proporcionada por el problema y conocido el desvío, bien por el dato proporcionado por el problema, o bien por disponer de la tablilla de desvío, basta sumar algebraicamente ambos datos para conocer el cálculo, así por ejemplo si la declinación magnética es 6° NW y el desvío navegando a un rumbo determinado es de 3° NE, el valor de la corrección total será:

$$Ct = dm + \Delta = - 6 + (+ 3) = - 3^\circ$$

Importante es tener en cuenta que la **corrección total varía a cada rumbo** ya que aunque la dm permanece constante el desvío dependerá del rumbo.

4.1.3.- Calculo a partir de la declinación y el desvío

Como ya pudimos comprobar en la *UT-10, 10.9.1 de los apuntes de PER*, las oposiciones y las enfilaciones son líneas de posición, por lo que se **puede considerar como una Demora verdadera**. Podemos entonces deducir que:

$Dv = Da + Ct$, despejando Ct tendremos:

$$Ct = Dv - Da$$



Fig.4.1

Por lo tanto si nos encontramos en una enfilación u oposición y **medimos la Da a uno de los puntos de referencia podremos calcular directamente la Ct simplemente con trazarla en la carta** y midiendo la Dv al mismo punto donde hayamos medido la de aguja aplicando la formula $Ct = Dv - Da$.

Ejemplo (fig.4.1)

Situados en la oposición de Punta Cires con Isla Tarifa medimos Da a Isla Tarifa 320°. Calcular la Ct

1º.- Trazamos la oposición

2º.- Medimos la Dv (al mismo punto donde tenemos la de aguja) en este caso Dv = 311°

3º.- Aplicamos $Ct = Dv - Da = 311 - 320 = -9°$, por lo que **Ct = -9°**

Ejemplo (fig.4.1)

Situados en la enfilación de Pta. Europa con Pta. Carnero medimos Da Pta. Europa 240°. Calcular la Ct

1º.- Trazamos la enfilación

2º.- Medimos la Dv (al mismo punto donde tenemos la de aguja) en este caso Dv = 244°

3º.- Aplicamos $Ct = Dv - Da = 244 - 240 = +4°$, por lo que **Ct = +4°**

También, conocida la Ct podemos **calcular el desvío de aguja (Δ)** siempre que conozcamos la dm, bien porque el problema de ese dato o bien porque sepamos el día en que estamos navegando y podemos calcularlo por leyenda de la carta:

$$Ct = dm + \Delta$$

$$\Delta = Ct - dm$$

4.1.4.- Calcular la corrección total de la aguja por la polar

Conviene ir tomando la corrección total varias veces al día, bien con enfilaciones o con demoras. De noche se puede utilizar para obtenerla la polar estrella polar. La estrella polar está muy próxima al polo Norte y está situada en la cola de la Osa Menor, y precisamente se denomina polar (o polaris) por estar muy próxima al polo llegando a tener un error máximo de unos 2° en más o menos, ya que describe un pequeño círculo alrededor del polo como indica la fig. 4.2 (se está acercando al polo en el 2100 su error será de unos 28'). Esto hace que el cálculo sea aproximado pero muy práctico para la comprobación del funcionamiento de la aguja.

El azimut (demora) se realiza con la aguja y aplicando:

$$Zv = Za + Ct ; Ct = Zv - Za$$

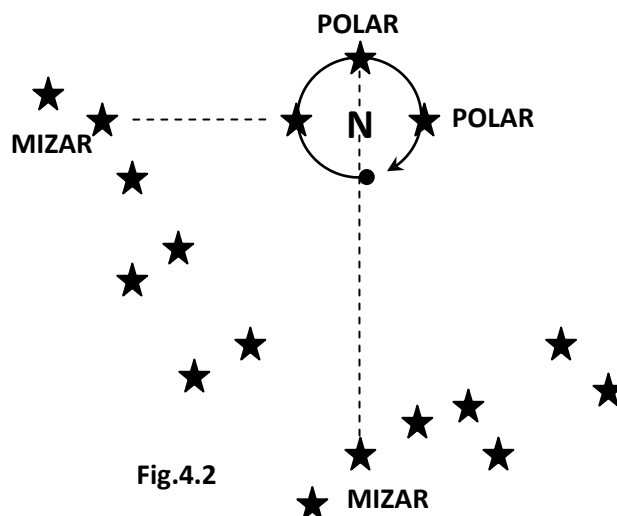
Por lo tanto al considerar que la polar está prácticamente en Norte verdadero $Zv = 0$ por lo que:

$$Ct = Zv - Za = 0 - Za = -Za$$

$$\mathbf{Ct = -Za}$$

luego:

Un azimut de aguja obtenido de la polar marca N10E (es decir 10°) la corrección será **-10°**



Hay **dos** momentos en que la azimut de la Polar **coincide con el Norte verdadero**, por lo que **no hay error en la corrección total**.

- a) cuando pasa por el **meridiano superior del lugar**
- b) cuando pasa por el **meridiano inferior del lugar**

Esto ocurre cuando la Polar y la estrella Mizar (la segunda de la vara del carro de la Osa Mayor), están en **posición vertical**, está en el **meridiano superior** del lugar (Fig-4-2)

Al ir girando la Tierra, al estar **abierto la enfilación 90° o 270°** el error de la Polar es el **máximo**, es decir 2° (Fig. 4.1), es decir si está a la derecha será de 2° (-2°) y si está a la izquierda de 358° (+2).

$$\mathbf{Ct = 002° - Za} \quad \mathbf{Ct = 358° - Za}$$

4.2.- RUMBOS Y DISTANCIAS (Resolución gráfica en la carta)

4.2.1- Rumbo y distancia entre dos punto (con y sin viento)

a) Sin viento

Para trazar un rumbo entre dos puntos basta con **unir ambos y medir su rumbo en función del punto de situación** y el punto al que queremos navegar. Así, si por ejemplo queremos ir desde Punta Carnero a Punta Almina bastaría con unir ambos puntos (fig.4.3) y situarnos con el transportador en Punta Europa.

En este caso tendríamos un Rv de 146° y si la dm = 4° NW y el desvío = 2° NW tendríamos que:

$$Ct = dm + \Delta = -4 + (-2) = -6^\circ$$

Por lo que:

$$Ra = Rv - Ct = 146^\circ - (-6^\circ) = 152^\circ$$

Con respecto a la **distancia** basta con medirla con el compás y trasladarla a la escala de latitudes. En este caso nos daría una distancia de **12,6 millas**.

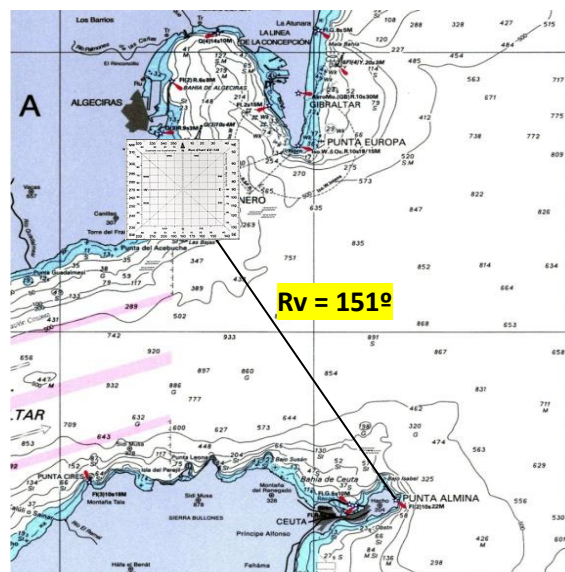


Fig.4.3

b) Con viento

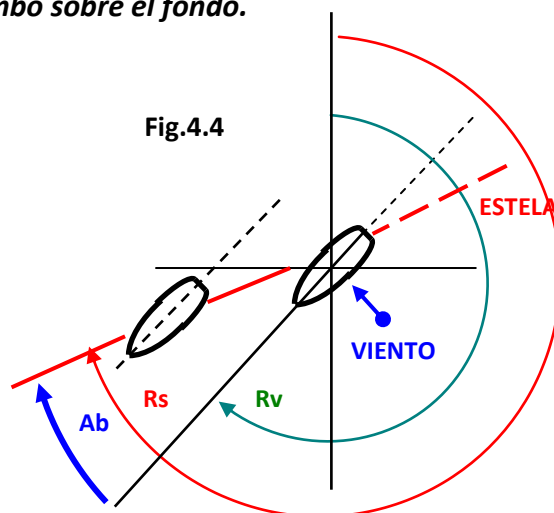
Generalmente EL barco **no sigue la trayectoria que indica la proa debido a los efectos del viento**, desplazándose hacia **sotavento del rumbo verdadero sin que su proa varié su dirección**. El viento **desplaza al barco y le hace seguir una derrota real** que se denomina **rumbo de superficie (Rs)** que si no existe alguna otra causa perturbadora **coincide con el rumbo sobre el fondo**.

El **ángulo entre el rumbo verdadero (la dirección de la proa) y el rumbo de superficie que ha seguido el barco a causa del viento**, se llama **ABATIMIENTO** (fig.4.4).

$$Ab = Rs - Rv$$

El abatimiento **no se puede calcular con exactitud** y se realiza por aproximación, es decir a ojo marinero. Puede ser:

- hacia **ESTRIBOR** con signo **POSITIVO (+)**
- hacia **BABOR** con signo **NEGATIVO (-)**



Para corregir el rumbo, es decir, para **contrarrestar el abatimiento** hay que enmendar los grados de abatimiento hacia **barlovento** ("aproar al viento los grados de abatimiento"). Para ello hay que tener en cuenta que si es a **babor se resta** y a **estribor se suma**, pero como regla se puede decir que si el aproamiento se realiza **a favor de las agujas del reloj se sumara los grados** y si se realiza **en sentido contrario** habrá que **restarlo**.

$$Rs = Rv \pm \text{Abatimiento}$$

Ejemplo:

Situados en Punta Carnero, deseamos llegar a Punta Almina (fig.4.5), calcular el Ra, sabiendo que existe un viento de levante que nos abate 5° (dm = 4° NW y Δ = 1° NE).

1. Trazamos el rumbo que une ambos puntos, el cual es considerado como Rs (es el rumbo que tendremos que llevar para poder arribar al punto requerido). En este caso Rs = 151°
2. Averiguamos que signo tiene el abatimiento. En este caso será positivo ya que abate a estribor.
3. Calculamos el Rv, partiendo de la fórmula:
Rs = Rv + Abatimiento, sustituyendo:
146° = Rv + 5; Rv = 146 - 5 = 141°
4. Conociendo Rv y Ct (Ct = -4 + 1 = -3):

$$Ra = 141^\circ - (-3^\circ) = 144^\circ$$

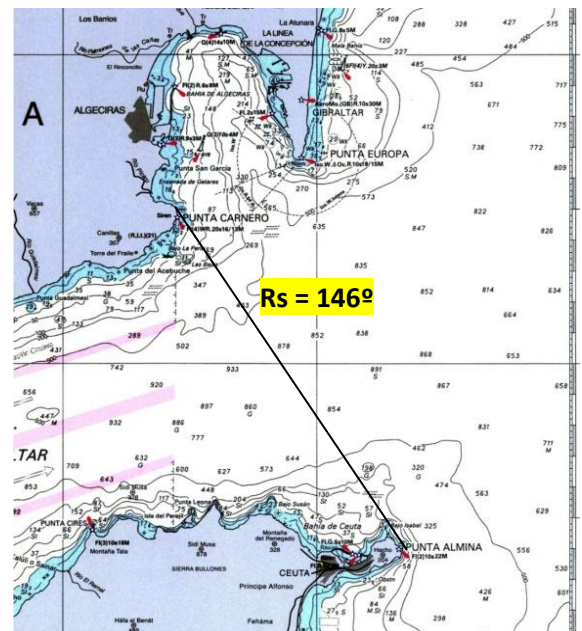
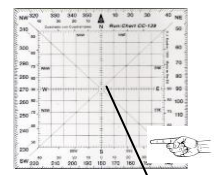


Fig.4.5

Una manera práctica de conocer el abatimiento es situar sobre el transportador el portaminas, bolígrafo etc., señalando con un extremo del mismo el rumbo de superficie calculado, en el ejemplo anterior 151°.

A continuación empujamos el portaminas en función del rumbo del viento, hay que recordar que el viento es de donde viene y no hacia dónde va, por lo que en nuestro ejemplo tendremos que desplazarlo desde el Este, por lo que vemos que el portaminas avanza en el sentido de las agujas del reloj, en este caso el abatimiento es **POSITIVO**. Si por el contrario, observamos que avanza en sentido contrario a las agujas del reloj, el abatimiento será **NEGATIVO**



Con relación a la distancia se actúa como en el caso anterior, se mide con el compás y trasladarla a la escala de latitudes. En este caso nos daría una distancia de **12,6 millas**.

4.2.2- Rumbo para pasar a una distancia de un punto de la costa (con y sin viento)

a) Sin viento

Si se quiere trazar un rumbo, desde una situación conocida, para pasar a una determinada distancia de la costa o de cualquier punto de peligro, se toman con el compás las millas de distancia a pasar, y se traza una circunferencia desde el punto a pasar de la costa (o de peligro). Desde el punto de salida se traza un rumbo tangente a la circunferencia trazada, **siendo este el rumbo verdadero (Rv)**, por lo que para calcular el rumbo de aguja (Ra) habrá que calcular la Ct y aplicar la siguiente fórmula:

$$Ra = Rv - Ct$$

No hay que confundir el pasar a una distancia de un punto con el pasar a una distancia del S/v, N/v etc., de ese punto, ya que nos puede variar el rumbo de forma apreciable.

b) Con viento

Se actúa de la misma forma que en el punto anterior solo que el rumbo trazado en lugar de ser verdadero debe considerarse como **rumbo de superficie**. Este rumbo se convierte en verdadero aplicando:

$$Rs = Rv \pm \text{Abatimiento}$$

(siendo su signo + si abate a estribor o - si abate a babor)

$$Rv = Rs \pm \text{Abatimiento}$$

$$Ra = Rv - Ct$$

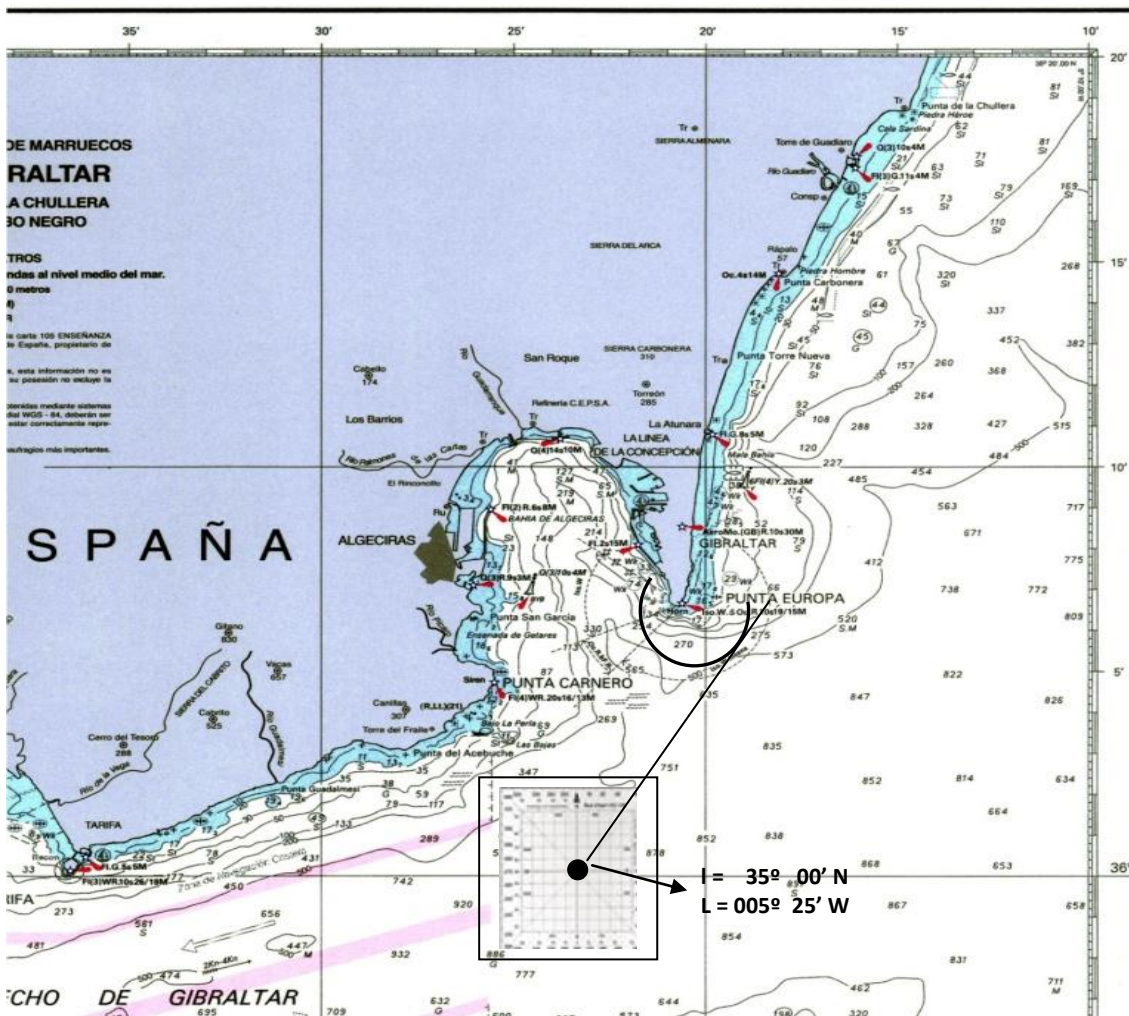


Fig.4.6

Ejemplo (fig.4.6):

Situados en la posición $I = 35^{\circ} 00' N$ y $L = 005^{\circ} 25' W$, calcular el rumbo de aguja para pasar a 2 millas de Punta Europa ($dm = 3^{\circ} W$, $\Delta = 3^{\circ} W$)

En este caso, desde la posición indicada se traza una tangente a la semicircunferencia trazada desde Punta Europa cuyo radio será 2 millas. Situados en la posición medimos el rumbo, siendo este $Rv = 045^{\circ}$. Calculamos la $Ct = dm + \Delta = -3 + (-3) = -6$, por lo que

$$Ra = Rv - Ct = 45 - (-6) = 51^{\circ}$$

Sin embargo si queremos saber el rumbo que debemos poner para pasar a 2 millas del S/v de Punta Europa trazaremos desde Punta Europa una paralela a los meridianos y sobre ella las dos millas, si trazamos el rumbo y lo medimos comprobamos que el resultado es de $Rv = 040^{\circ}$, y en este caso la solución sería

$$Ra = Rv - Ct = 40 - (-6) = 46^{\circ}$$

Situados en la posición $I = 35^{\circ} 00' N$ y $L = 005^{\circ} 25' W$, calcular el rumbo de aguja para pasar a 2 millas de Punta Europa ($dm = 3^{\circ} W$, $\Delta = 3^{\circ} W$) sabiendo que estamos afectados por un viento de Levante (Este) que nos produce un abatimiento de 10° .

En este caso el rumbo que trazamos en la carta hay que considerarlo como de superficie, por lo tanto:

$$Rs = 45^{\circ}$$

A continuación calculamos el abatimiento:

$$Rs = Rv - \text{Abatimiento (nos abata a babor)}$$

$$Rv = Rs + \text{Abatimiento}$$

$$Rv = 45^{\circ} + 10^{\circ} = 55^{\circ}$$

$$Ct = dm + \Delta = -3 + (-3) = -6^{\circ}$$

$$Ra = Rv - Ct = 55^{\circ} - (-6) = 61^{\circ}$$

4.3.- LÍNEAS DE POSICIÓN: DISTANCIA POR RADAR A LA COSTA, ENFILACIÓN, OPOSICIÓN Y DEMORA (situación simultánea)

4.3.1- Posición por distancias

Esta posición se obtiene cuando por radar o por cualquier otro medio se toma dos distancias simultáneas a dos puntos de la costa. Una vez tomadas para su traslado a la carta actuaremos de la siguiente manera:

- Se tomara la primera de ellas y tras medir con el compás es la escala de latitudes las millas obtenidas se llevara a la carta **trazando una semicircunferencia cuyo radio será la propia distancia.**
- Se tomara la segunda y se actuara de la misma manera
- El **punto de intersección de ambas** semicircunferencias será **la posición** donde nos encontremos.

Ejemplo (fig.4.7) :

Situados a 3 millas de Cabo Espartel y a 6,8 millas de Punta Malabata, calcular la posición

Tomando ambas distancia y trazándola en la carta obtenemos:

$$I = 35^{\circ} 50,0' N \quad L = 005^{\circ} 53,0' W$$

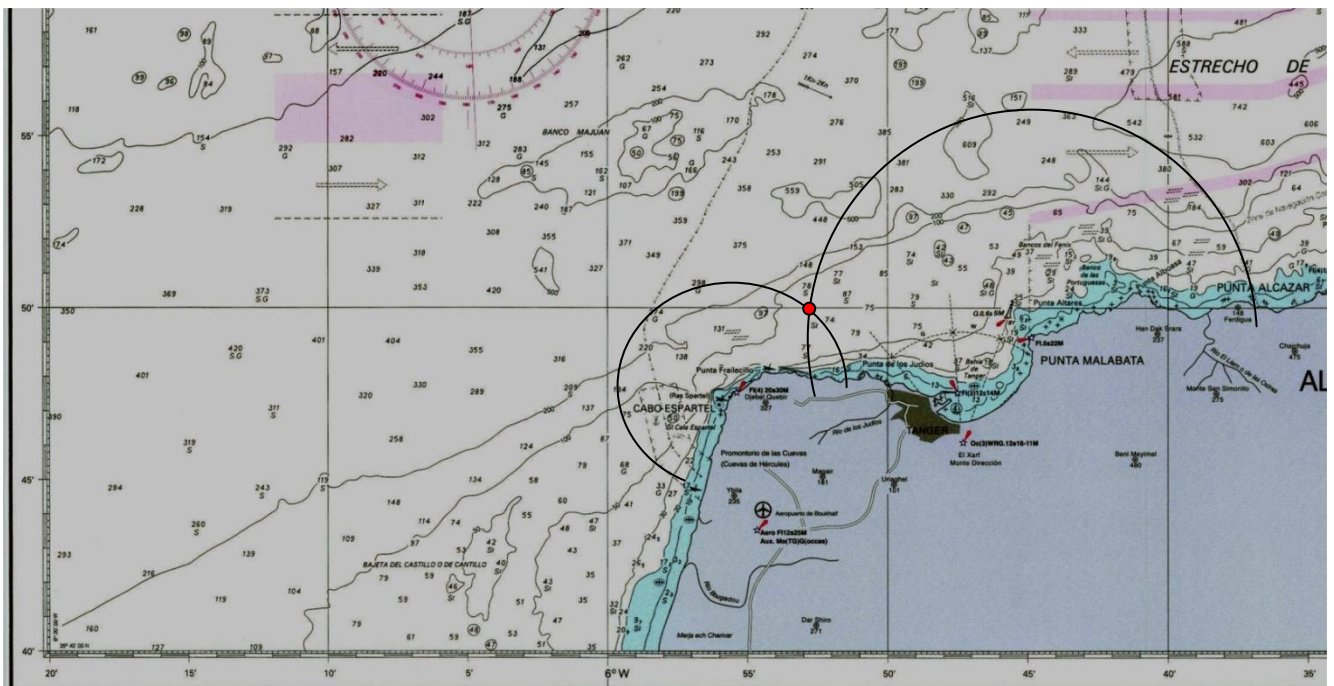


Fig.4.6

4.3.2.- Posición por enfilaciones y oposiciones

Se trata de una de las formas más sencillas de situarse en la carta ya que no es necesario realizar ningún tipo de medidas ni conversiones. Para ello basta **trazar ambas líneas en la carta y el punto de cruce de ambas será la situación de la embarcación.**

Estas líneas de posición ya la hemos estudiado en el punto 4.1.3 para el cálculo tanto de la Corrección Total (Ct) como para el cálculo del desvío de la aguja.

Recordamos que la **enfilación** la obtenemos cuando la embarcación enfila o enfrenta dos objetos (faros o puntos visibles de la costa, procurando que el segundo sea algo más alto que el primero), mientras que la **oposición** es cuando la embarcación se encuentra entre esos dos objetos.

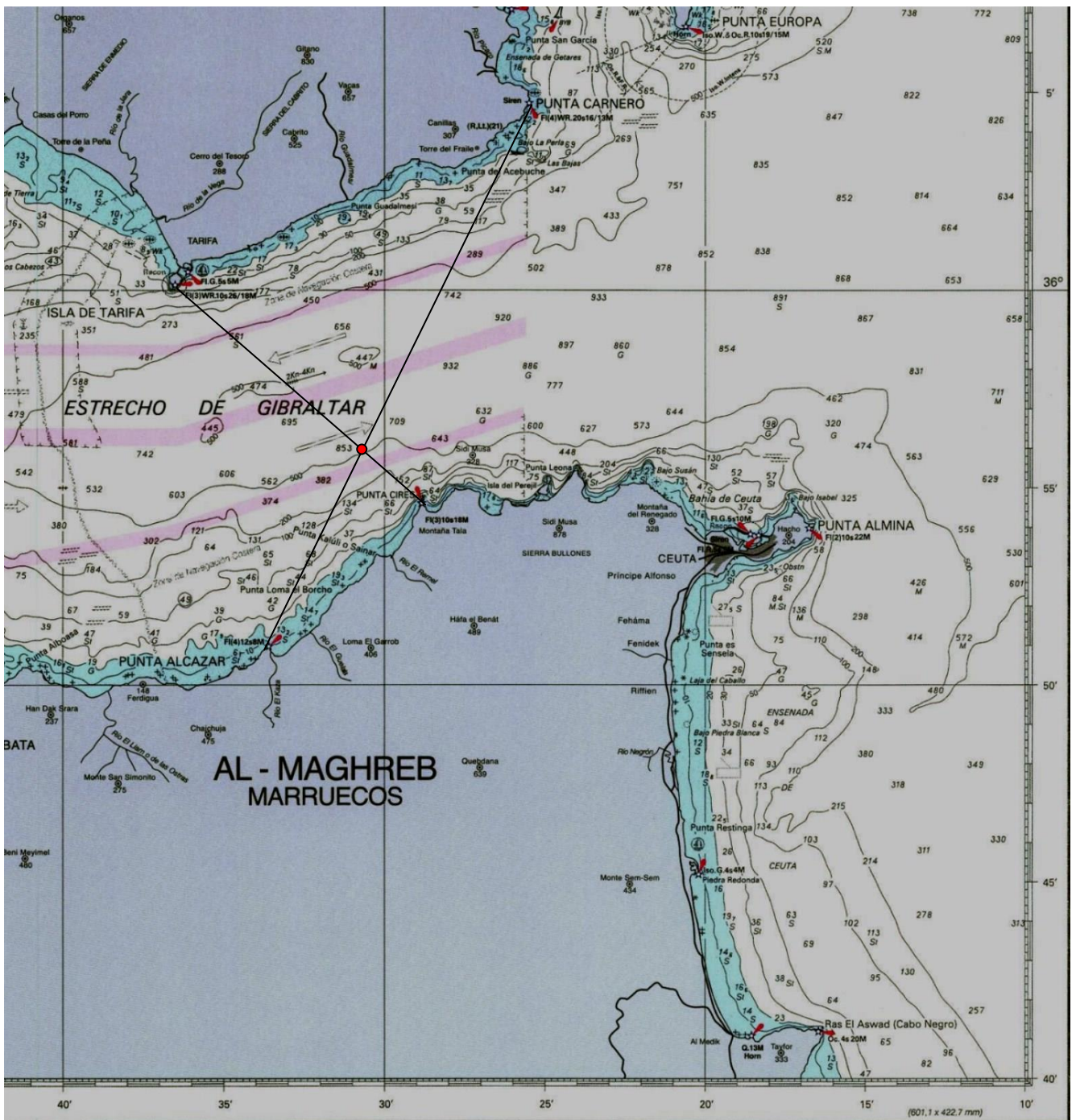


Fig.4.7

Ejemplo (fig.4.7):

Situados en la oposición de Punta Alcázar con Punta Carnero, y en la oposición de Punta Cires con Isla Tarifa, calcular la posición.

$$I = 35^{\circ} 56.0' N \quad L = 005^{\circ} 30.9' W$$

Estas líneas de posición pueden ser dos oposiciones (fig.11.10) o bien **dos enfilaciones**, una enfilación y una oposición, una oposición y una demora, una enfilación y una demora o incluso una enfilación u oposición y una línea isobática.

4.3.3.- Posición por demoras

Una vez obtenidas y **siempre que estas sean verdaderas** podemos obtener la situación trazándola en la carta siendo la citada **situación el cruce de ambas** (fig.4.8)). En el caso que sean de agujas se convierten a verdadera empujando la fórmula:

$$Dv = Da + Ct$$

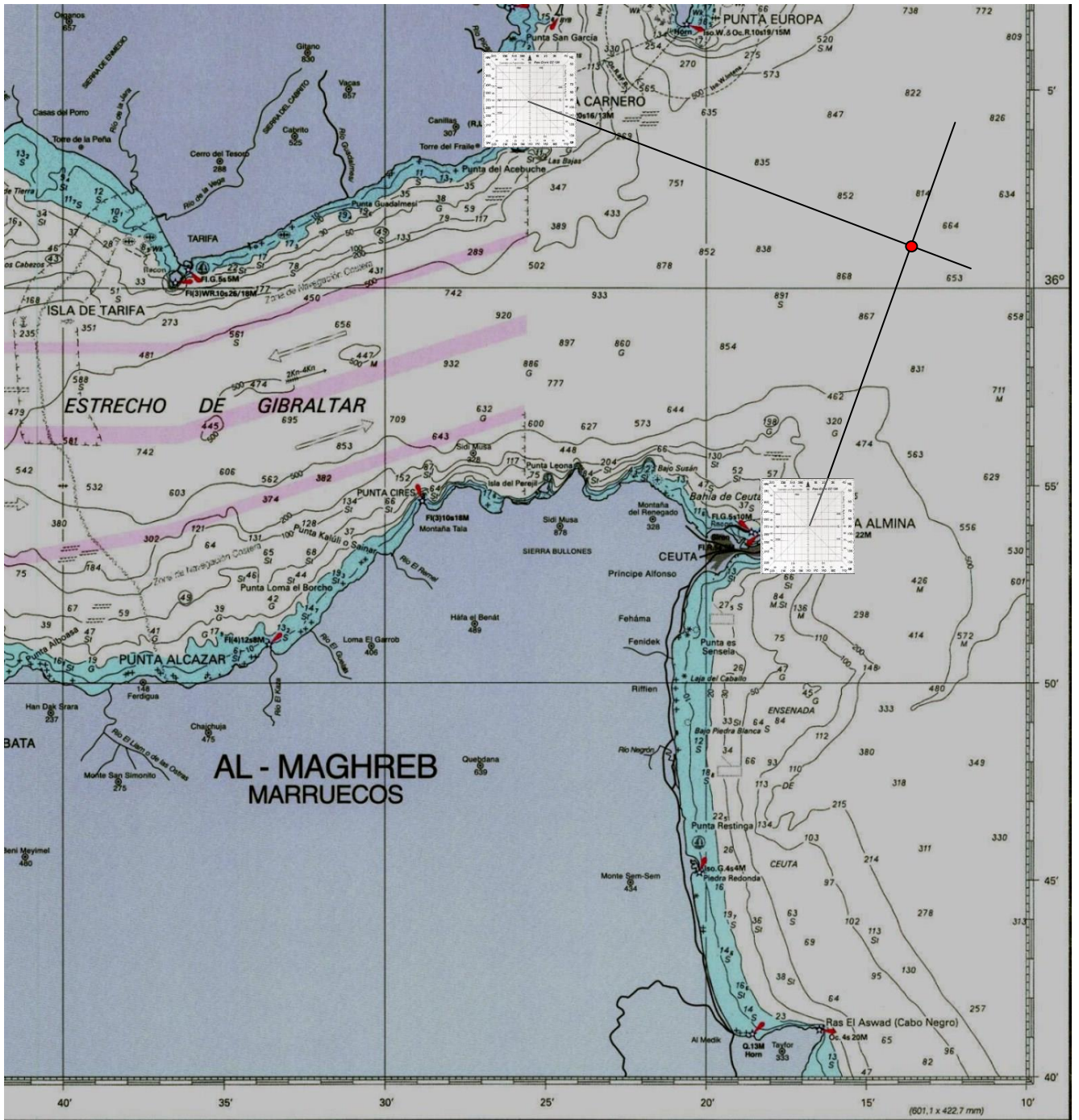


Fig.4.8

Ejemplo (fig.4.8):

Calcular la posición sabiendo que la Dv a Punta Almina 204° y Dv a Punta Carnero 293°.

1º.- Calculamos las demoras opuestas para poder trazarlas tal como se indica en 10.9.2

Demora opuesta a Punta Almina = 204 – 180 = 024°

Demora opuesta a Punta Carnero = 293 – 180 = 113°

Las trazamos y obtenemos:

$$I = 36^\circ \quad 01,0' N \quad L = 005^\circ \quad 14,0' W$$

4.3.3.1.- Para obtener la situación con demoras, los datos podrán ser: demora verdadera, demora de aguja y/o marcación, teniendo que convertir estas dos últimas a verdaderas para su trazado en la carta

- a) **Demoras verdaderas:** este caso es el que ya hemos explicado en el apartado anterior.
- b) **Demoras de aguja:** en este caso antes para poder trazarlas en la carta hay previamente que realizar su conversión a demora verdadera (Dv) empleando la fórmula:

$$Dv = Da + Ct$$

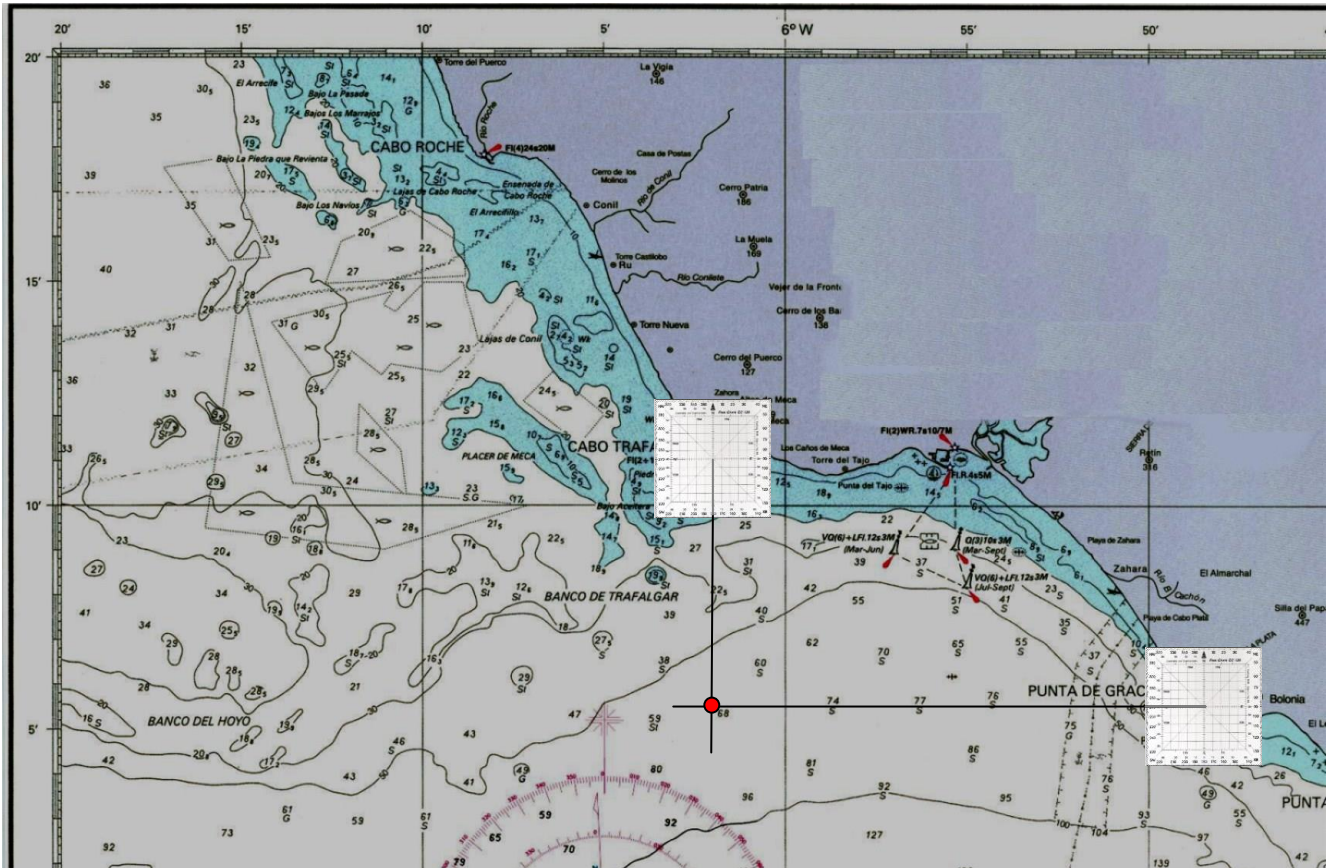


Fig.4.9

Ejemplo (fig.4.9):

Calcular la posición sabiendo que la Da a Trafalgar es igual a 005° y la Da a Punta de Gracia es de 95° y que la dm es de $7^\circ W$ y el desvío de la aguja de $2^\circ E$

En primer lugar hay que convertirlas a demoras verdaderas por lo que tendremos que calcular la Ct

$$Ct = dm + \Delta = -7 + (+2) = -5^\circ$$

Una vez calculada la Ct podemos transformar las demoras de aguja en demoras verdaderas

$$Dv \text{ a Trafalgar} = Da + Ct = 005 + (-5) = 000^\circ \text{ o lo que es lo mismo } 360^\circ$$

$$Dv \text{ a Punta de Gracia} = Da + Ct = 95^\circ + (-5) = 90^\circ$$

Calculamos las demoras opuestas para poder trazarlas tal como se indica en 9.9.2

$$\text{Demora opuesta a Trafalgar} = 360 - 180 = 180^\circ$$

$$\text{Demora opuesta a Punta Carnero} = 90 + 180 = 270^\circ$$

Las trazamos y obtenemos:

$$I = 36^\circ \quad 05,5' N \quad L = 006^\circ \quad 01,8' W$$

c) **Marcaciones:** aplicando la relación existente entre el rumbo y la marcación (ver UT-10.10) con relación a la demora tenemos que:

$$Dv = Rv \pm Ct$$

Considerándose **positiva cuando la marcación se realice por estribor** y **negativa cuando sea por babor.**

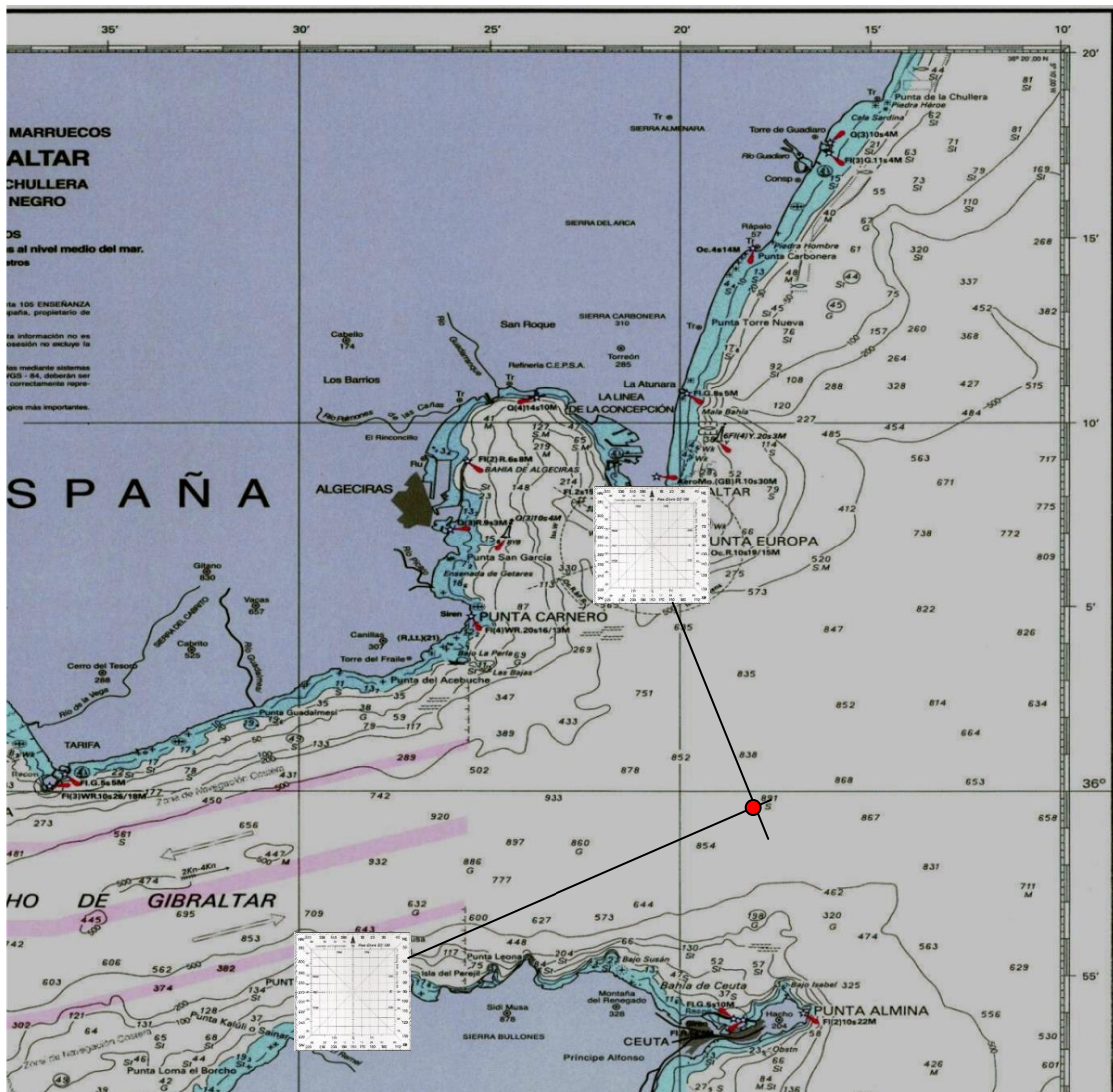


Fig.4.10

Ejemplo (fig.4.10):

Navegando al Ra 90° se toma marcación 160° Er de Punta Cires y simultáneamente marcación 100° Br Punta Europa, dm 4,5° NW desvío 5,5° NW. Calcular la posición

En primer lugar se calcula la Ct para poder convertir el Ra a verdadero

$$Ct = -4,5 + (-5,5) = -10^\circ \quad Rv = Ra + Ct = 90 + (-10) = 80^\circ$$

Con el Rv calculado ya podemos convertir las marcaciones en Demoras verdaderas

$$Dv \text{ Punta Cires} = Rv + M = 80 + 160 = 240^\circ$$

$$Dv \text{ Punta Europa} = Rv - M = 80 - 100 = -20 \quad (360 - 20) = 340^\circ$$

Calculamos las demoras opuestas para poder trazarlas tal como se indica en 9.9.2

$$\text{Demora opuesta a Punta Cires} = 240 - 180 = 060^\circ$$

$$\text{Demora opuesta a Punta Europa} = 340 - 180 = 160^\circ$$

Las trazamos y obtenemos:

$$I = 35^\circ \quad 59,8' \text{ N} \quad L = 005^\circ \quad 17,7' \text{ W}$$

d) **Casos especiales de marcaciones:** además de los anteriormente explicados, podemos encontrarnos con problemas que nos digan que las marcaciones son:

- **Por la PROA:** en cuyo caso y atendiendo a la definición de marcación (ver UT-10.10) su valor será **cero** (0°).
- **Por el TRAVÉS:** en cuyo caso y atendiendo a la definición de marcación (ver UT-10.10) su valor será **noventa** (90°).
- **Mayor de 180° :** en cuyo caso siempre se sumara teniendo en cuenta que si la suma con el Rv es superior a 360 habrá que restarle 360° para obtener la demora verdadera.

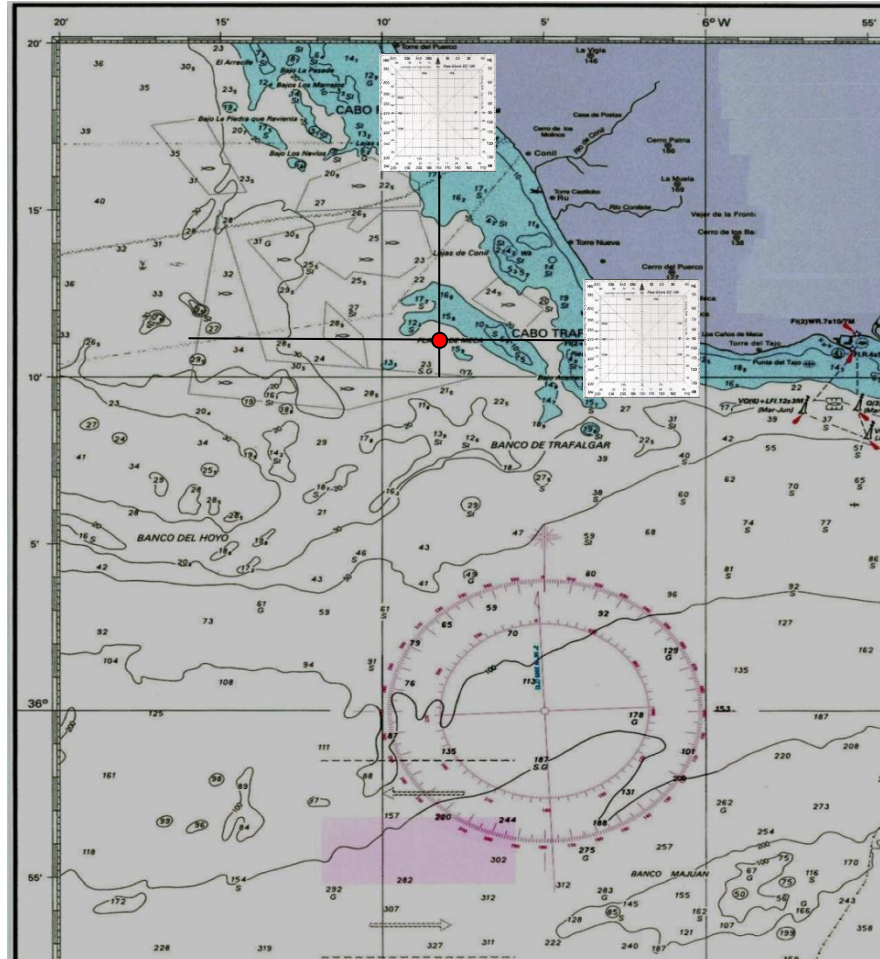


Fig.4.11

Ejemplo (fig.4.11):

Navegando el 5 de Octubre de 2011 a $Ra = 350^\circ$ marcamos cabo Roche por nuestra proa y Cabo Trafagar por nuestro través de estribor, leyenda de la carta $4^\circ 16' NW 1995 (31' E)$, calcular situación sabiendo que el desvío de la aguja es igual $+6^\circ$.

$$2011 - 1995 = 16 \text{ años } 16 \times 31 = 496' = 8^\circ 16' E \quad dm = -4^\circ 16' + 8^\circ 16' = +4^\circ$$

$$Ct = dm + \Delta = 4 + 6 = 10^\circ$$

$$Rv = Ra + Ct = 350 + 10 = 360^\circ$$

$$Dv \text{ a Cabo Roche} = Rv + M = 360 + 0 \text{ (por la proa)} = 360^\circ$$

$$Dv \text{ a Trafagar} = Rv + M = 360 + 90 \text{ (por el través de estribor)} = 450; 450 - 360 = 90^\circ$$

$$Dv \text{ opuesta a Cabo Roche} = 360 - 180 = 180^\circ$$

$$Dv \text{ opuesta a Trafagar} = 090 + 180 = 270^\circ$$

$$I = 36^\circ \quad 11,2' N \quad L = 006^\circ \quad 8,2' W$$

4.4.- LÍNEAS DE POSICIÓN: DISTANCIA POR RADAR A LA COSTA, ENFILACIÓN, OPOSICIÓN Y DEMORA (situación no simultánea)

Se trata de calcular una situación trazando las líneas de posición pasado un tiempo, así por ejemplo se toma demora a un punto de la costa y trascurrido un tiempo se toma una nueva demora o al mismo punto o a otro diferente, siempre conociendo el rumbo (o rumbos) y velocidad (o velocidades).

La manera más habitual de hacer es a través de dos demoras que es la que a continuación vamos a desarrollar:

4.4.1.- Por dos demoras no simultáneas a un punto sabiendo el rumbo y distancia navegados en el intervalo

Es lo que también se conoce como *traslado de demoras*.

1. Se calculan las **dos demoras VERDADERAS** al punto (que serán a diferentes horas).
2. Se trazan las **dos demoras opuestas** ($\pm 180^\circ$ de las verdaderas)
3. Se traza el **rumbo VERDADERO o de SUPERFICIE** en caso que estemos afectado por un viento sobre el punto. Es aconsejable trazar este del el punto de referencia (faro o punto donde tomemos las demoras)
4. Sobre ese rumbo trazado se **lleva la distancia o distancias si se ha navegados a diferentes rumbos y velocidades en ese intervalo**
5. Sobre el extremo de esa distancia se traza **una paralela a la primera demora**
6. El lugar de **corte con la segunda será la posición**

Ejemplo:

Navegando a $Ra = 80^\circ$ con una $Vm = 12$ nudos, con $HRB = 10:00$ y conociendo la $Ct = -5^\circ$, se toma demora al punto A, $Da = 30^\circ$. A hora $HRB = 10:23$ se vuelve a tomar la demora al mismo punto A y su resultado es $Da = 340^\circ$. Calcular *situación* y *distancia navegada*.

$$\text{Se calcula el } Rv = Ra + Ct = 80 + (-5) = 75^\circ$$

Se calcula la Dv al punto a $HRB = 10:00$ y se traza la opuesta

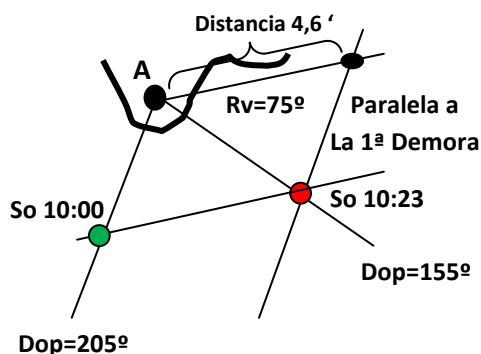
$$Dv = Da + Ct = 30 + (-5) = 25^\circ \quad Dop = 25 + 180 = 205^\circ$$

Se calcula la Dv al punto a $HRB = 10:23$ y se traza la opuesta

$$Dv = Da + Ct = 340 + (-5) = 335^\circ \quad Dop = 335 - 180 = 155^\circ$$

A continuación se calcula la **distancia recorrida**

$$DN = v \times t = 12 \times 23 \text{ minutos} = 4,6 \text{ millas (1)}$$



Para conocer la **situación** basta con trazar el $Rv = 75^\circ$ desde el punto A (lugar donde se tomó las demoras) y se lleva **sobre él** la **distancia recorrida** (tomando con el compás la medida de las 4, 6 millas en la escala de latitudes) y desde ese punto, **trazando una paralela con la primera línea de situación** obtenida a partir de la primera demora, el **punto de intersección con la línea de posición de la segunda será la POSICIÓN** en ese momento ($HRB = 10:23$).

Para conocer la **posición inicial** o bien llevamos el **rumbo opuesto** hasta **cortar la línea de situación de la primera demora** o bien **trazamos una paralela a la línea de rumbo** trazada anteriormente desde el punto A.

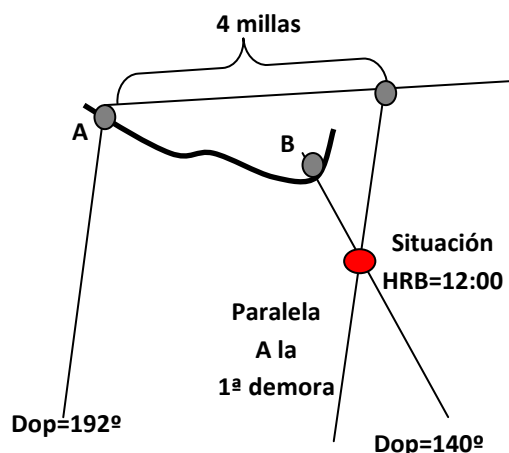
4.4.2.- Por dos demoras no simultaneas a dos puntos conociendo el rumbo y velocidad

Se actúa igual que en el caso anterior con la diferencia que **las demoras son a puntos diferentes**.

1. Se traza la **primera demora** (opuesta a la verdadera)
2. Se traza a partir de cualquier punto de la primera demora **el rumbo y distancia**
3. Se traza la **segunda demora** (opuesta a la verdadera)
4. Por el extremo de la distancia llevada sobre la recta del rumbo se traza **una paralela a la primera demora** y en el lugar de **corte a la segunda será la situación**.

Ejemplo:

Navegando al $Ra = 93^\circ$ se toma Da al punto A $Da = 020^\circ$ siendo las HRB=10:00, $Vm = 2$ nudos y $Ct = -8^\circ$. Siendo HRB= 12:00 se toma Da al punto B $Da = 328^\circ$. Calcular posición a HRB=12:00



$$Rv = Ra + Ct = 93 + (-8) = 85^\circ$$

$$DN = v \times t = 2 \times 2 = 4 \text{ millas}$$

Demora al punto A

$$Dv = Da + Ct = 020 + (-8) = 012^\circ \rightarrow Dop = 180 + 012 = 192^\circ$$

Demora al punto B

$$Dv = Da + Ct = 328 + (-8) = 320^\circ \rightarrow Dop = 320 - 180 = 140^\circ$$

4.5.- CORRIENTE CONOCIDA (mediante resolución grafica en la carta)

La corriente es un **movimiento de agua en una dirección determinada** es decir con un **Rumbo (Rc)** que actúa sobre la obra viva transportándolo en una dirección (Rc) y con una determinada **velocidad o Intensidad horaria de la corriente (Ihc)**.

El efecto de la corriente sobre la derrota da lugar que el barco se mueva afectados por dos fuerzas:

- El **rumbo y velocidad del barco**
- El **rumbo y velocidad de la corriente**

Su **desplazamiento será** con la **dirección y velocidad** de la **resultante de estas dos fuerzas**.

Para **calcular esta resultante** se compondrá un gráfico con ambos vectores, siendo su **resultante** el **rumbo y velocidad efectivos**, es decir, **la suma de ambos vectores**.

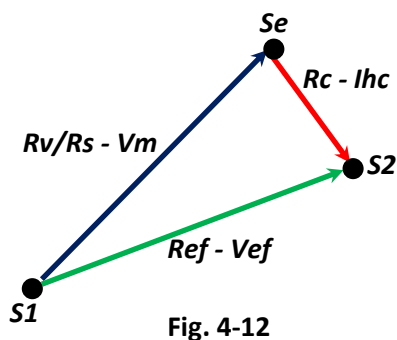


Fig. 4-12

Analizando la figura 4-12 podremos observar que si partimos de una situación conocida **S1** y ponemos un **Rv o Rs** (en caso de estar afectado por un viento) a una velocidad constante de máquinas **Vm**, al cabo de una hora nuestra situación debería de ser **Se** (situación estimada). Sin embargo, tras tomar dos nuevas líneas de situación (demoras, marcaciones etc.), vemos que nos encontramos en **S2**. Esto significa que una corriente de rumbo **Rc** y velocidad **Ihc** nos ha desplazado durante nuestra navegación hacia **S2**, por lo tanto el rumbo y la velocidad a la que hemos navegados es el vector **Ref** (velocidad efectiva o eficaz) y la velocidad **Vef** (Velocidad efectiva o eficaz)

Por lo tanto para poder saber si estamos o no afectados por una corriente hay que comparar una **situación estimada** (Se) con una **situación real** (S2).

Hay que tener en cuenta que para poder calcular tanto la Velocidad eficaz o efectiva como la de la corriente o intensidad horaria hay que realizar esos cálculos para una hora. Es decir que si los cálculos son para media hora de navegación habrá que multiplicar por dos tanto la velocidad de la corriente (Ihc) como la velocidad eficaz, al igual que si fuera para dos horas habría que dividirlos por dos.

4.5.1.- Conocido el rumbo y la intensidad de la corriente, la HRB y la situación de salida (o datos para obtenerlas por distancias, enfilaciones, demoras consecutivas, marcaciones o demoras no consecutivas) calcular gráficamente:

a) Rumbo efectivo y velocidad efectiva conociendo Ra, corrección total (o datos para calcularla) y la velocidad del buque.

Para este caso se debe seguir el siguiente proceso **siguiendo el orden aquí establecido** para no cometer errores:

- **Situarnos, para obtener nuestra situación inicial (por demoras, marcaciones etc...)**
- **Calcular la Ct si es que antes no la hemos tenido que calcular para obtener nuestra situación**
- **Trazar Rc e Intensidad horaria desde nuestra situación inicial**
- **Calcular Rv si NO hay VIENTO y el Rs si es que hay VIENTO**
- **Desde el extremo de la Rc trazado y NO desde nuestra situación inicial, se traza el Rv si no hay viento o el Rs si existe viento.**
- **Sobre el Rv o Rs trazado se marca la Vm (o Vb)**
- **Se une el punto de la situación inicial con el corte que hemos hecho sobre el Rv o Rs**
- **Desde el punto inicial se mide el Rumbo efectivo o eficaz (Ref)**
- **Sobre el vector obtenido como Rumbo efectivo o eficaz, medimos la Velocidad efectiva (Vef)**

Ejemplo (sin viento) fig.4-13:

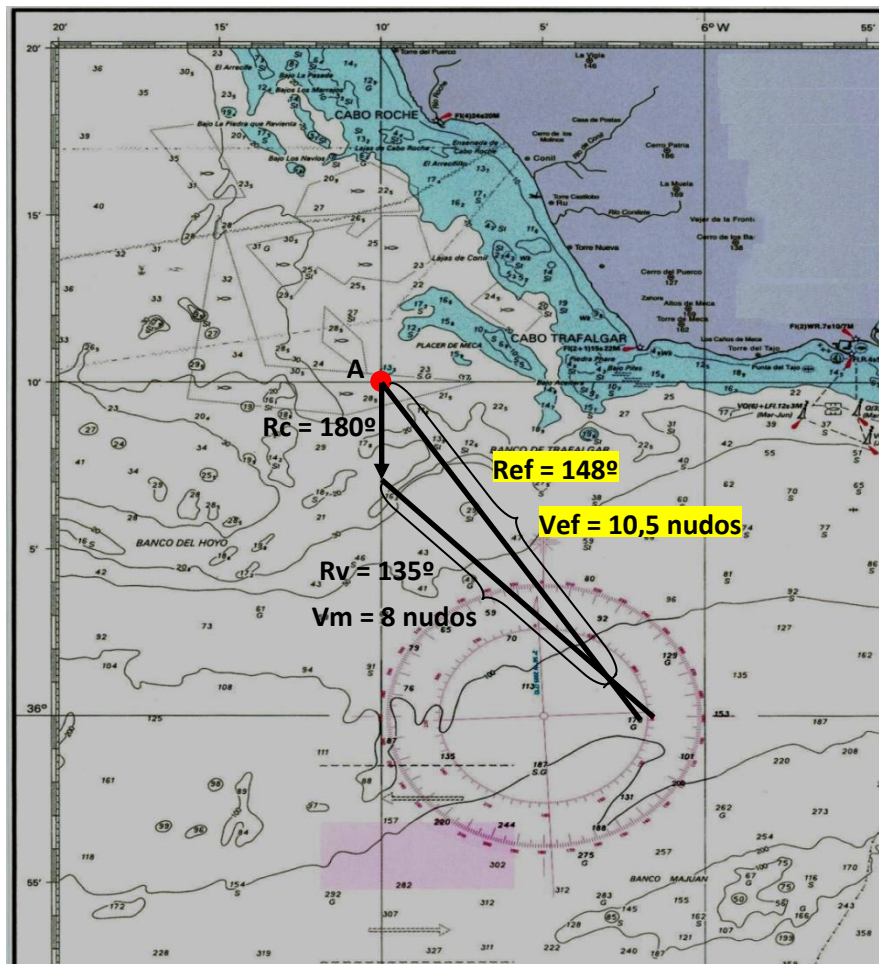
Situados en el punto A (situación obtenida por distancias, marcaciones demoras etc...) ponemos $Ra = 140^\circ$ ($dm = 4^\circ W$ y $\Delta = 1^\circ W$) a una velocidad de maquina $Vm = 8$ nudos conociendo la existencia de una corriente de $Rc = 180^\circ$ y de 3 nudos de intensidad horaria. Calcular rumbo efectivo y Velocidad efectiva.

1. Se convierte el Ra en Rv para poder trazarlo en la carta ($Ct = dm + \Delta = -4 + (-1) = -5^\circ$
 $Rv = Ra + Ct = 140 + (-5) = 135^\circ$
2. Desde la **situación inicial** (punto A) trazamos el **rumbo de corriente (Rc)** y sobre esta su **Intensidad horaria**; $Rc = 180^\circ$ y su Ih de 3 nudos.
3. Desde el extremo del vector corriente se traza el Rv obtenido, $Rv = 135^\circ$
4. Sobre ese **rumbo trazado (Rv)** se traza la Vm , en este caso 8 nudos
5. Desde la **situación inicial** se traza un vector que la una con el **punto de corte de la Vm con el Rv**
6. Desde la situación inicial mediremos el vector trazado en el punto anterior y **ese será el Rumbo efectivo o eficaz**, en este caso $Ref = 148^\circ$
7. Midiendo el vector anterior con el compás y llevándolo a las escala de latitudes no dará la **Velocidad eficaz o efectiva**, en este caso será $Vef = 10,5$ nudos

Ejemplo (con viento) fig.4-14:

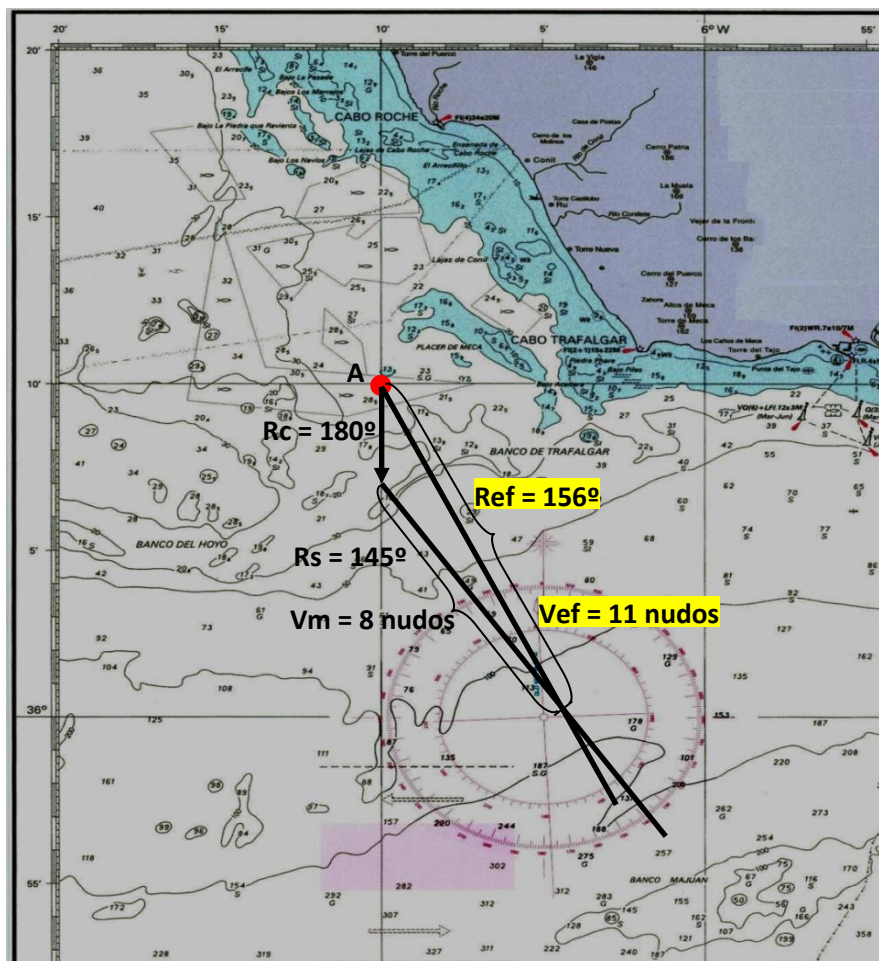
Situados en el punto A (situación obtenida por distancias, marcaciones demoras etc...) ponemos $Ra = 140^\circ$ ($dm = 4^\circ W$ y $\Delta = 1^\circ W$) a una velocidad de maquina $Vm = 8$ nudos conociendo la existencia de una corriente de $Rc = 180^\circ$ y de 3 nudos de intensidad horaria y un viento del Este que nos abate 10° . Calcular rumbo efectivo y Velocidad efectiva.

1. Se convierte el Ra en Rv
 $Rv = Ra + Ct = 140 + (-5) = 135^\circ$
2. Se convierte el Rv en Rs
 $Rs = Rv + \text{Abatimiento (abate a estribor)} = 135^\circ + 10^\circ = 145^\circ$
3. Se actúa igual que en el caso anterior pero **sustituyendo el Rv por el Rs**



SIN VIENTO

Fig. 4-13



CON VIENTO

Fig.4-14

b) Rumbo aguja y velocidad efectiva conociendo la situación de llegada o rumbo a pasar a una distancia de la costa, velocidad del buque y corrección total (o datos para calcularla).

SIN
VIENTO

- Situarnos, para obtener nuestra situación inicial (demoras, marcaciones distancias etc...)
- Calcular la Ct si es que antes no la hemos tenido que calcular para obtener nuestra situación
- Trazar Rc e Intensidad horaria desde nuestra situación inicial
- Trazar el Rumbo efectivo, por ejemplo pasar a 2 millas, al N/v, AL S/v .. , trazarlo desde el punto de la situación inicial.
- Desde el extremo de la Rc trazado y **NO** desde nuestra situación inicial, hacemos cortar el Rumbo efectivo con la Vm (o Vb) que hemos tomado con el compás.
- Se une el extremo de Rc con el corte que hemos realizado en el punto anterior.
- Sobre el extremo del Rc y **NO** sobre la situación inicial, medimos siendo su resultado el Rv
- Ese será el resultado si nos piden el Rv
- Si nos piden el Ra aplicamos la formula $Ra = Rv - Ct$

CON
VIENTO

- Situarnos, para obtener nuestra situación inicial (por demoras, marcaciones etc...)
- Calcular la Ct si es que antes no la hemos tenido que calcular para obtener nuestra situación
- Trazar Rc e Intensidad horaria desde nuestra situación inicial
- Trazar el Rumbo efectivo, por ejemplo pasar a 2 millas, al N/v, AL S/v .. etc. etc., trazarlo desde el punto de situación inicial.
- Desde el extremo de la Rc trazado y **NO** desde nuestra situación inicial, hacemos cortar el Rumbo efectivo con la Vm (o Vb) que hemos tomado con el compás.
- Se une el extremo de Rc con el corte que hemos realizado en el punto anterior.
- Sobre el extremo del Rc y **NO** sobre la situación inicial, medimos siendo su resultado el Rs
- Ese será el resultado si nos piden el Rs
- Convertir el Rs en Rv aplicando $Rv = Rs \pm \text{Abatimiento}$
- Si nos piden el Ra aplicamos la formula $Ra = Rv - Ct$

Ejemplo (sin viento) fig.4-15:

Situados en el punto A (situación obtenida por distancias, marcaciones demoras etc...) con una $dm = 4^\circ W$ y $\Delta = 1^\circ W$, velocidad de maquina $Vm = 8$ nudos conociendo la existencia de una corriente de $Rc = 225^\circ$ y de 3 nudos de intensidad horaria ponemos rumbo a pasar a 3 millas del N/v de Cabo Espartel. Calcular el Ra y Velocidad efectiva

1. Calculamos la Ct, $Ct = dm + \Delta = -4 + (-1) = -5^\circ$
2. Desde la **situación inicial** (punto A) trazamos el **rumbo de corriente (Rc)** y sobre esta su **Intensidad horaria; Rc = 225°** y su lh de **3 nudos**.
3. Desde la situación inicial trazamos el rumbo a pasar a 3 millas del N/v de Cabo Espartel, ese sería nuestro **rumbo efectivo**
4. **Desde el extremo del vector corriente trazado en el punto 2 se hace corte con la Vm, 8 nudos** que previamente hemos tomado con el compás en la escala de latitudes.
5. **Se une el extremo vector corriente con el corte realizado sobre el rumbo efectivo**
6. **Desde el extremo vector corriente medimos el vector trazado en el punto anterior y ese sería nuestro rumbo verdadero (Rv), Rv = 072°**
7. Aplicándole la Ct obtendremos el Ra, $Ra = 072 - (-5) = 077^\circ$
8. Midiendo desde la posición inicial al punto de corte (el trazado en el punto 4), se obtendrá la **velocidad efectiva (Vef, en este caso Vef = 5,5 nudos**

Ejemplo (con viento) fig.4-16:

Situados en el punto A (situación obtenida por distancias, marcaciones demoras etc...) con una $dm = 4^\circ W$ y $\Delta = 1^\circ W$, velocidad de maquina $Vm = 8$ nudos conociendo la existencia de una corriente de $Rc = 225^\circ$ y de 3 nudos de intensidad horaria ponemos rumbo a pasar a 3 millas del N/v de Cabo Espartel. Calcular el Ra y Velocidad efectiva sabiendo que estamos afectados por un viento del Sur que nos abate 10° .

- Se procede de manera idéntica al punto anterior pero con la salvedad que **el rumbo obtenido como Rv (punto 6) será el Rs** por lo que **habrá que convertirlo en Rv** para posteriormente calcular el Ra

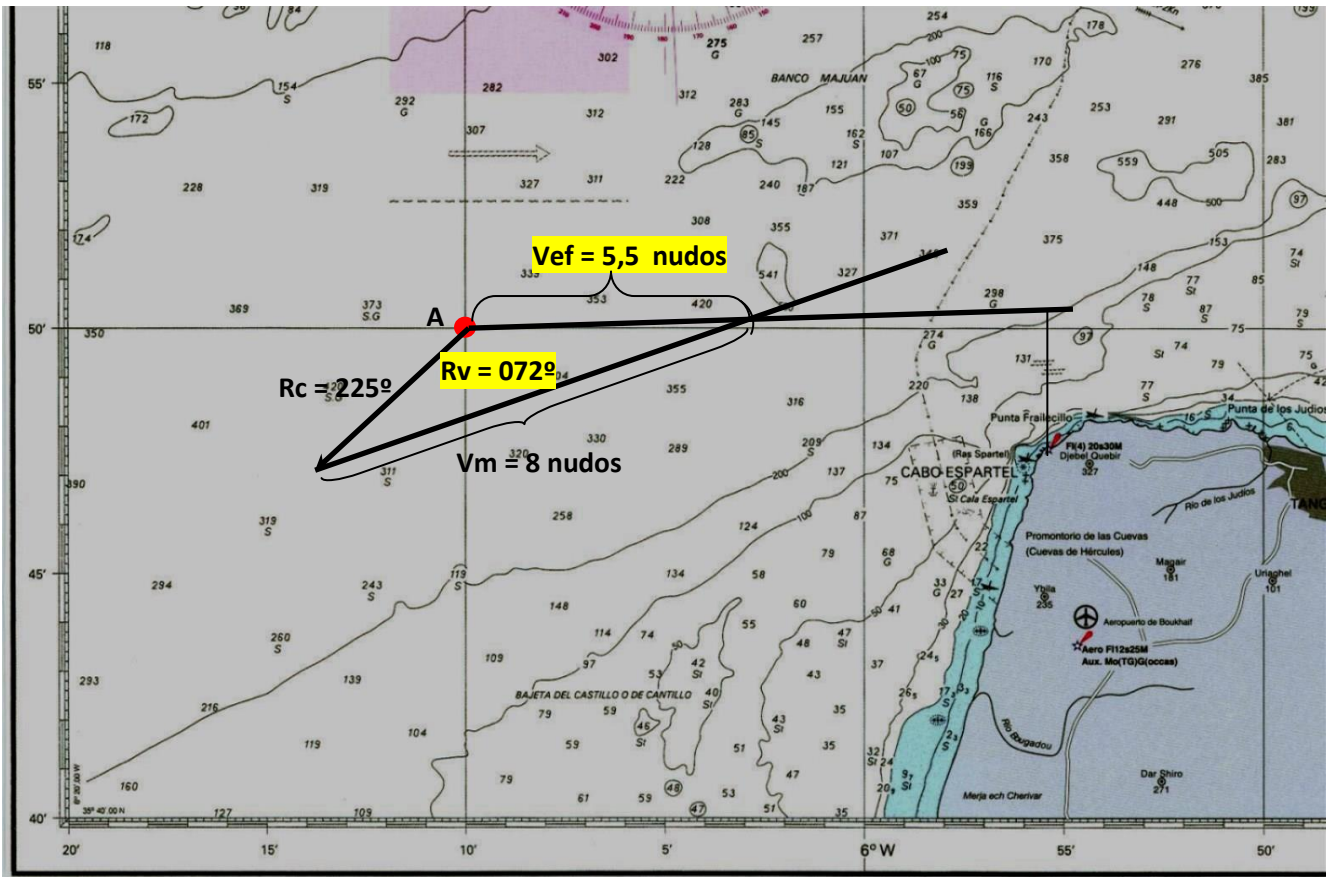


Fig.4-15

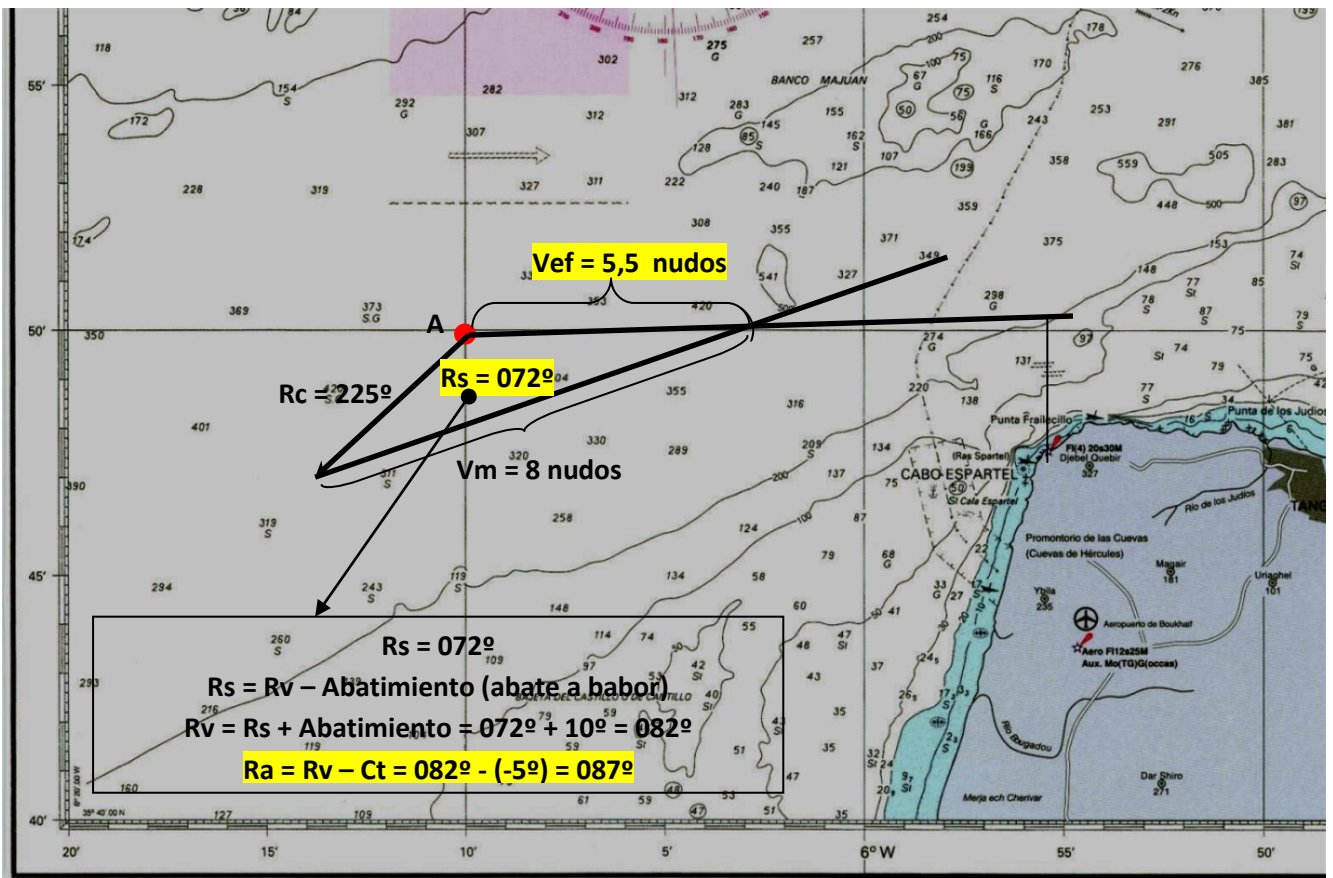
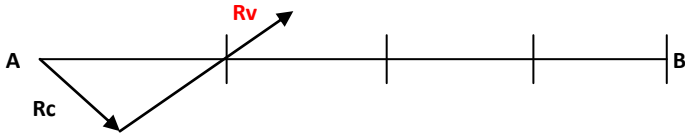


Fig.4-16

c) Rumbo de aguja y velocidad del buque conociendo la situación y la hora de llegada

En este caso hay que trasladarse de un punto A conocido a un punto B en **un determinado tiempo** existiendo una corriente y teniendo que contrarrestarla. Para su resolución se unen los dos puntos y la **distancia se divide por el tiempo que se ha de invertir**, este resultado será la **velocidad efectiva**. A continuación se traza el **vector horario de la corriente** y su extremo se une con el extremo de la velocidad efectiva. Este vector **resultante** nos dará el **rumbo verdadero** y la **velocidad** para llegar a ese punto en el tiempo establecido.



Traslado de A a B, distancia 20,6 millas con una corriente de $lh=2'$ y $Rc=135^\circ$, deseando hacer el recorrido en 4 horas.

Se une **A con B** y se divide en **4 partes iguales** (al ser 4 horas) y **desde el punto A se traza el vector corriente con su rumbo y su lh**. Desde el extremo del **vector corriente se traza el vector que nos dará el Rv** y su magnitud o medida será la **VELOCIDAD DE MAQUINA** que hay que llevar.

Ejemplo fig.4-17:

Situados en el punto A (situación obtenida por distancias, marcaciones demoras etc...) a HRB =10:00 con una $dm = 4^\circ W$ y $\Delta = 1^\circ W$, queremos llegar a un punto situado a 4 millas del NW/v de Cabo Espartel a la HRB=12:00, conociendo que estamos afectados por una corriente de 180° y con una $lhc = 2$ nudos. Calcular Ra y Vm que tendremos que poner.

- Unimos A con B. Este será nuestro rumbo efectivo (Ref) medimos distancia, 10 millas al tener que hacerla en 2 horas (10::00 a 12:00) nuestra V_{ef} será de 5 nudos. Dividimos la distancia en la mitad
- Trazamos Rc e lhc uniendo el vector corriente con el corte de las 5 millas.
- Medimos cual será el nuestro Rv (o R_s de superficie si estamos afectados por un viento) $Rv = 082^\circ$
- $Ct = -4 + (-1) = -5^\circ$, por lo que

$$Ra = Rv - (-Ct) = 082^\circ - (-5^\circ) = 087^\circ$$

- Medimos la Vm y nos da

$$Vm = 4,2 \text{ nudos}$$

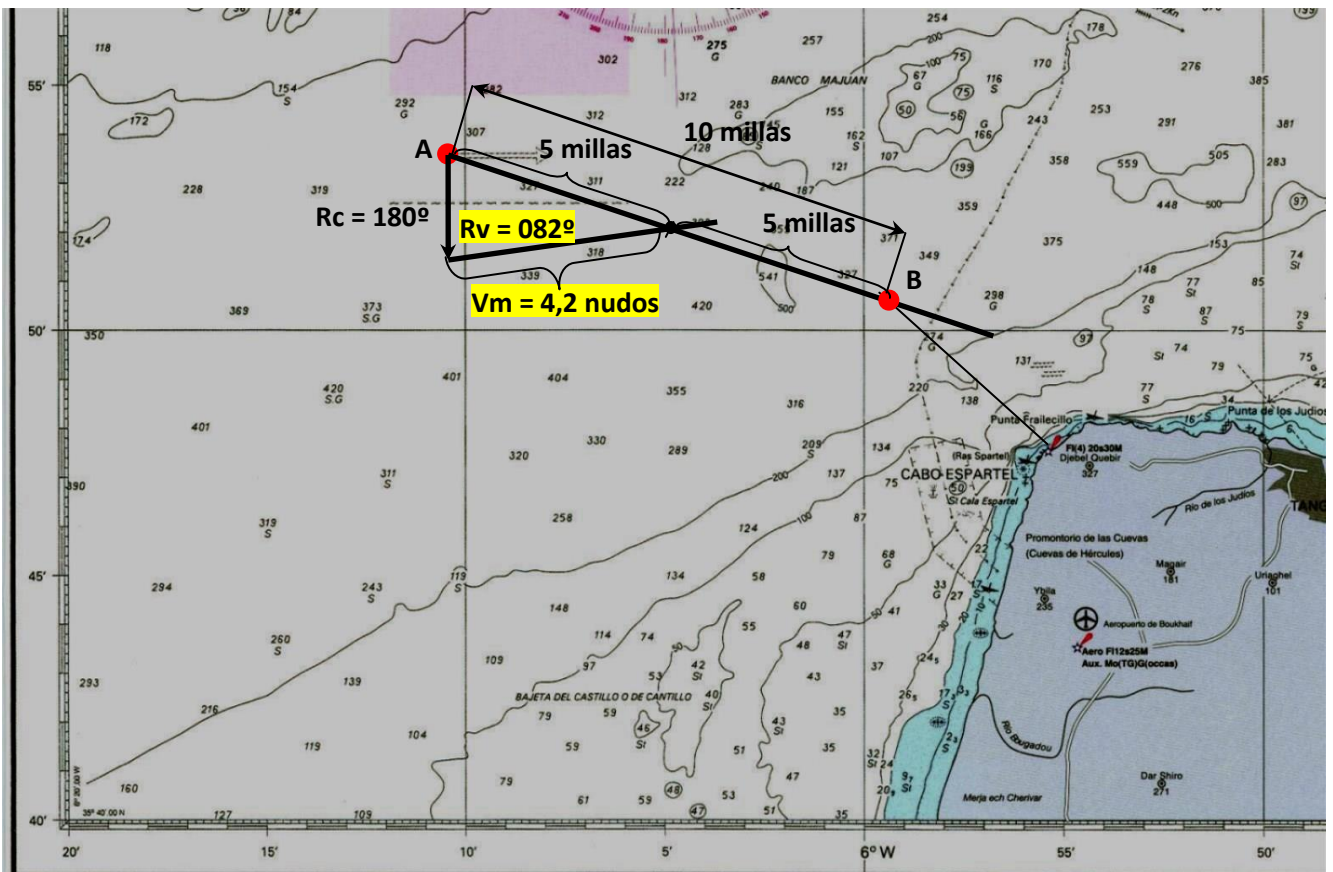


Fig.4-17

4.6.- CORRIENTE DESCONOCIDA (mediante resolución grafica en la carta)

a) Calculo de una corriente desconocida, su rumbo e intensidad mediante una situación verdadera y una situación estimada

Se trata de calcular tanto el **rumbo como la intensidad de una corriente** partiendo de una **situación verdadera** y conociendo el rumbo verdadero (o efectivo) del buque o bien los datos para poder calcularlos y la **hora de salida y llegada** con objeto de **poder calcular la distancia navegada**. Para ello:

- **Situarnos en primera posición de salida (por demoras, marcaciones distancias etc...)**
- **Calcular la Ct si es que antes no se ha tenido que calcular para obtener la posición de salida**
- **Calcular el Rv o Rs (si estamos afectados por un viento) y trazarlo desde la posición de salida**
- **Trazar sobre este rumbo la distancia navegada, ese punto será nuestra situación estimada**
- **Situarnos en segunda posición (por demoras, marcaciones, distancias etc..)**
- **Unir la segunda con la posición señalada como estimada**
- **Situados en la posición estimada con el transportador medimos los grados hacia la segunda**
- **Los grados obtenidos en la medida es el Rc**
- **Medimos desde la posición estimada a la segunda con el compás, y esa medida será la Intensidad de corriente en el tiempo navegado, en función de esta se calculara la Intensidad de corriente para una hora.**

Una vez conocida la corriente **se puede contrarrestar** de la misma manera que hemos explicado en el punto anterior.

Actuaremos con dos ejemplos, uno **sin viento** y otro **con viento**:

Ejemplo (sin viento) fig. 4-18:

Siendo HRB=04:00 nos encontramos en el punto A (situación obtenida por distancias, marcaciones demoras etc...) ponemos $R_a = 140^\circ$ ($dm = 4^\circ W$ y $\Delta = 1^\circ W$) a una velocidad de maquina $V_m = 8$ nudos. A las 04:45 nos encontramos al S/v de Cabo Trafalgar y a 7 millas de distancia de dicho faro. Calcular rumbo e intensidad horaria de la corriente.

1. Calculamos Ct, ($Ct = dm + \Delta = -4 + (-1) = -5^\circ$)
 2. Calculamos el Rv y lo trazamos en la carta desde nuestra posición inicial (A)
 3. $R_v = R_a + Ct = 140^\circ + (-5) = 135^\circ$
 4. Sobre este rumbo trazamos la distancia navegada $DN = v \times t = 8 \times 0h 45' = 6$ millas
 5. Marcamos esa distancia como nuestra situación estimada Se (donde deberíamos estar)
 6. A continuación trazamos el S/v de Cabo Trafalgar y sobre él las 7 millas de distancia esa será la situación observada (So) a las 14:45
 7. Unimos la situación observada (So) con la situación estimada (Se)
 8. Desde la situación estimada (NO desde la observada) medimos el vector corriente
 9. Esa medida será el rumbo que lleva la corriente
- Rc = 033º**
10. Medimos ese vector desde la situación observada (So) a la situación estimada (Se)
 11. Esa media 4,2 nudos será la Intensidad de la corriente en 45 minutos por lo tanto en una hora será:

$$60 \times 4,2/45 = 5,6 \text{ nudos}$$

En la resolución grafica en la carta se puede distinguir el conocido **“triángulo de corriente”** cuyos lados lo conforman:

- **Vector del rumbo verdadero o de superficie en caso de estar afectado por un viento donde sobre él se trazara la distancia navegada en función del tiempo y la velocidad.**
- **Vector del rumbo efectivo o eficaz: el que une el punto de salida A con la situación observada (So)**
- **Vector de corriente que une los puntos de la situación estimada (Se) con la observada (So)**

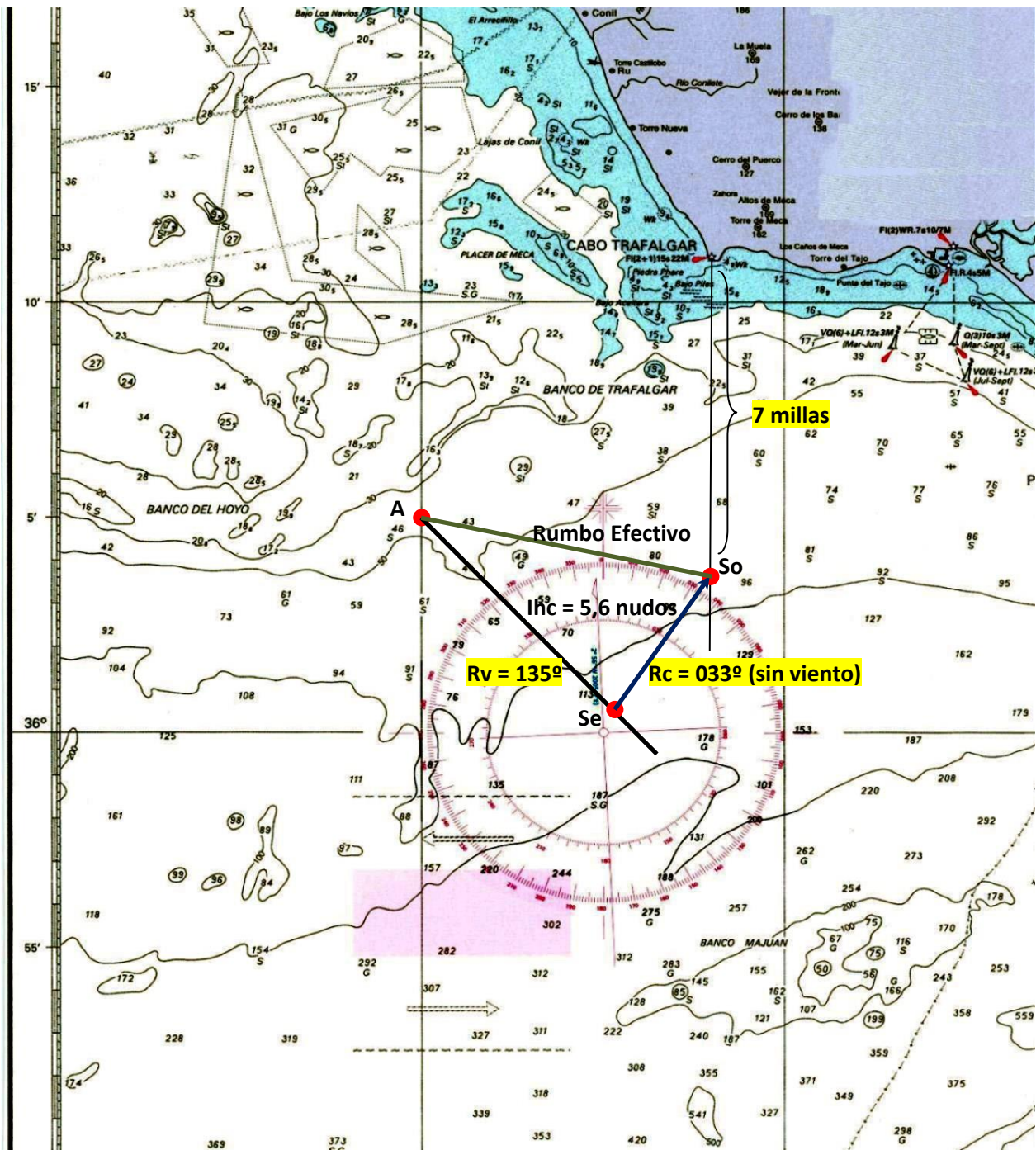


Fig.4-18

Ejemplo (con viento)

En el caso que estuviéramos afectados por un viento, por ejemplo en el caso anterior un viento del Norte que nos produjera 10° de abatimiento, desde el punto A trazaríamos en lugar del Rv el Rumbo de superficie (Rs), que en este caso sería:

$$Rs = Rv + \text{Abatimiento (abate a estribor)}$$

$$Rs = 135^\circ + 10^\circ = 145^\circ$$

Sobre este Rs se trazaría la distancia navegada (DN, actuando a continuación de la misma manera que en el ejemplo anterior.

4.7.- SITUACIÓN DE ESTIMA (MEDIANTE RESOLUCIÓN GRAFICA EN LA CARTA)

La navegación por estima consiste en **hallar la situación del buque en un momento determinado** partiendo de un punto de salida y **sabiendo los rumbos y distancias navegados**. Se denomina estimada por su **poca fiabilidad** (aunque la mayoría de las veces difiere poco de la verdadera). Se realiza cuando es imposible obtener la situación por demoras a la costa o por observaciones astronómicas. Los espacios intervalos son cortos y si se han tenido en cuenta los abatimientos y corrientes, la situación puede ser exacta, pero si se han ido acumulando errores esta puede ser muy distante. La resolución gráfica consiste en **llevar sobre la carta correlativamente todos los rumbos y las distancias navegadas**.

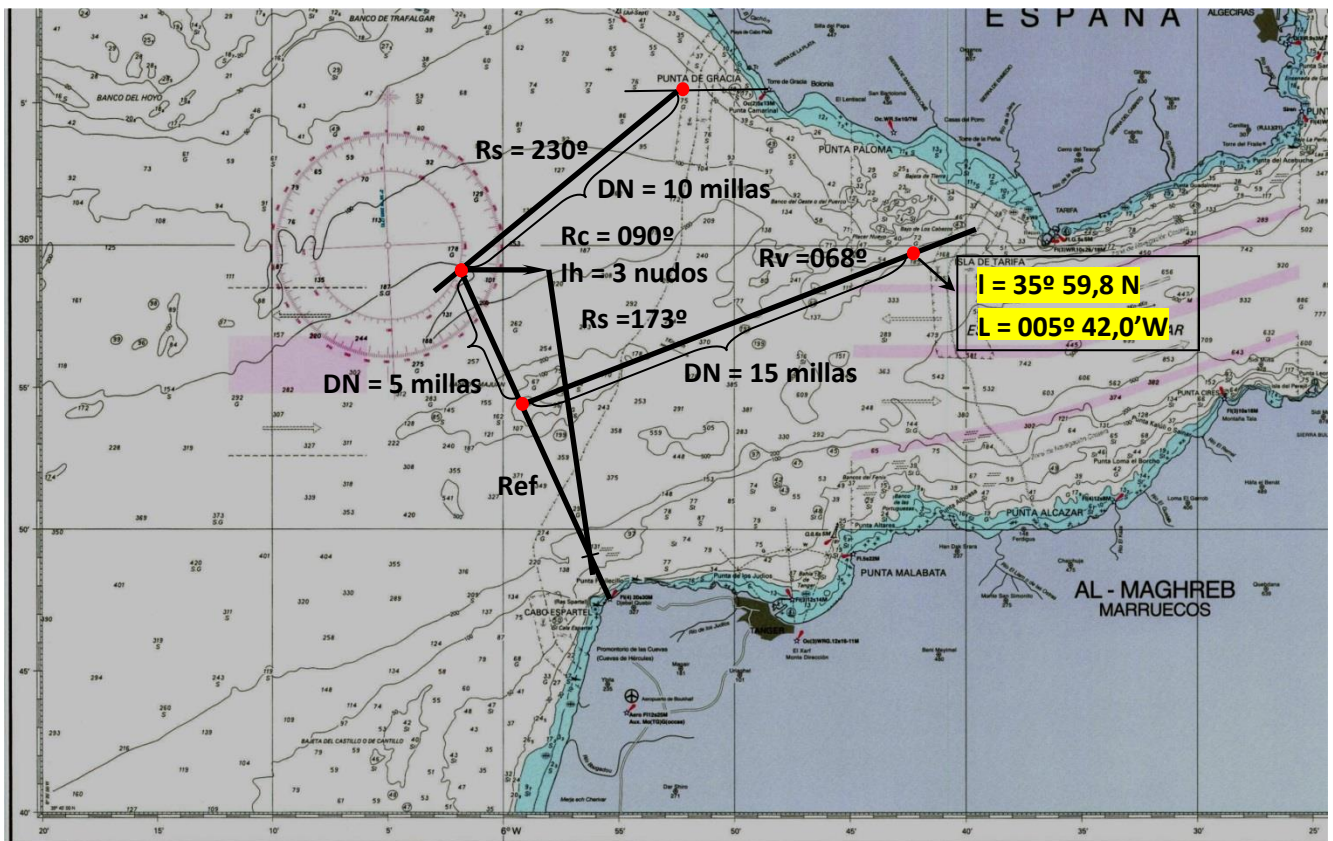


Fig.4-19

Ejemplo (fig. 4-19)

Situados a 3 millas del W/v de Punta de Gracia siendo la HRB=12:00 ponemos $R_a = 245^\circ$ con $dm = 2^\circ W$ y $\Delta = 3^\circ W$, estando afectado por un viento del Norte que nos abate 10° , $V_m = 10$ nudos. A la HRB=13:00 ponemos rumbo al Faro de Cabo Espartel sabiendo que hemos entrado en zona de corriente con $R_c = 090^\circ$ e $I_{hc} = 3$ nudos, desvío al nuevo rumbo $1^\circ W$, y rolando el viento a poniente abatiéndonos 15° . A las HRB=13:30 cesa el viento y la corriente y ponemos $R_a = 60^\circ$ con Δ al nuevo rumbo de $10^\circ E$. Calcular la situación estimada a HRB= 15:00

- Calculamos la C_t

$$C_t = dm + \Delta = -2^\circ + (-3^\circ) = -5^\circ$$

- Calculamos el R_v

$$R_v = R_a + C_t = 245^\circ + (-5^\circ) = 240^\circ$$

- Al estar afectado por un viento tenemos que trazar en la carta el R_s

$$R_s = R_v - Abt^\circ = 240^\circ - 10^\circ = 230^\circ$$

- Hasta las 13:00 horas hemos recorrido

$$DN = v \times t = 10 \times 01:00 = 10 \text{ millas, distancia que la trazamos sobre el } R_s$$

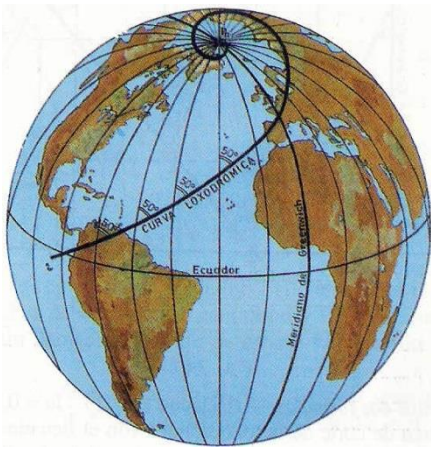
Ejemplo (fig. 4-19) (continuación)

- Desde esa situación a las 13:00 trazamos el $R_c = 090^\circ$ y su intensidad horaria
- Desde la situación a las 13:00 trazamos el rumbo hacia Cabo Espartel (será nuestro Ref)
- Desde el extremo vector corriente cortamos el Ref con la V_m y unimos el extremo del vector corriente con el corte efectuado en el Ref.
- Midiendo en el extremo del vector corriente obtenemos el R_s al estar afectado de nuevo por un viento. La medida nos dará $R_s = 173^\circ$. Este rumbo lo pasamos a verdadero:
 $R_s = R_v - \text{Abatimiento (nos abate a babor)}$
 $R_v = R_s + \text{Abatimiento} = 173^\circ + 15^\circ = 188^\circ$
- El R_v lo convertimos en R_a aplicando la nueva C_t
 $C_t = dm + \Delta = -2^\circ + (-1^\circ) = -3^\circ$
 $R_a = 188^\circ - (-3^\circ) = 191^\circ$
- Hasta las 13:30 hemos recorrido
 $DN = v \times t = 10 \times 00:30 = 5$ millas, distancia que la trazamos sobre el Ref
- Desde la situación a la 13:30 tendremos que trazar el R_v partiendo de un R_a y una nueva C_t
 $C_t = dm + \Delta = -2^\circ + (+10^\circ) = +8^\circ$
 $R_v = R_a + C_t = 60^\circ + 8^\circ = 68^\circ$
- Hasta las 15:00 hemos recorrido
 $DN = v \times t = 10 \times 01:30 = 15$ millas, distancia que la trazamos sobre el R_v

Se HRB 15:00

$I = 35^\circ 59,8' N$ y $L = 005^\circ 42,0' W$

4.8.- DERROTA LOXODRÓMICA. RESOLUCIÓN ANALÍTICA

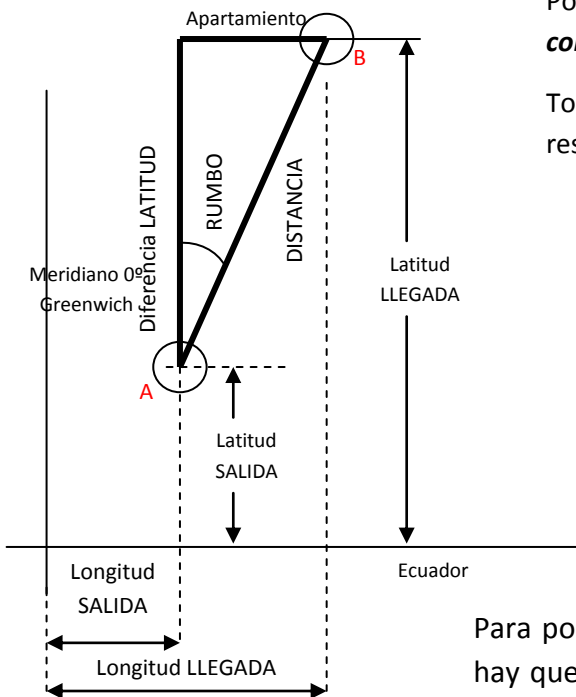


Derrota **LOXODRÓMICA** es aquella *curva que trazada en la superficie esférica terrestre forma ángulos iguales con los meridianos que atraviesa*, es decir la que recorre el buque sin cambiar de rumbo.

La distancia *más corta entre dos puntos en la superficie terrestre*, es el **arco de círculo máximo** (circunferencia máxima) comprendido entre ambos puntos, es la denominada **navegación ORTODRÓMICA**. Este arco, salvo en el Ecuador o un meridiano) *forma ángulos diferentes* con todos los meridianos que atraviese, por lo que habría que estar **cambiando continuamente de rumbo**.

La línea loxodrómica, salvo en los casos de los rumbos E-W-N y S, es una espiral que termina en los polos.

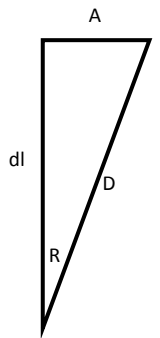
Se le denomina **diferencia en LATITUD** a la *diferencia entre las latitudes de salida y de llegada*. Esta diferencia podrá ser **NORTE** o **SUR**, según que *la situación de llegada esté más al Norte o al Sur que la de salida*



Por **APARTAMIENTO** se entiende la medida del **arco de paralelo** comprendido entre los dos meridianos.

Todos los cálculos de la navegación de estima se basan en la resolución de un triángulo rectángulo en los que la:

- hipotenusa es la **DISTANCIA**
- cateto opuesto es **APARTAMIENTO**
- cateto contiguo es la **DIFERENCIA EN LATITUD**
- y el ángulo es el **RUMBO**



$$A = D \times \text{sen}R$$

$$\Delta I = D \times \text{cos}R$$

$$\text{tg}R = A / \Delta I$$

$$D^2 = \Delta I^2 + A^2$$

Para poder saber cuál es la **diferencia de LONGITUD** que se contrae, hay que convertir *el apartamiento A* en ΔL para lo que se emplea la fórmula:

$$A = \Delta L \times \text{cos} l_m$$

$$\Delta L = \frac{A}{\text{cos} l_m}$$

Esto es así porque no se ha recorrido todo ese paralelo, sino que se *han ido cortando* diferentes paralelos contrayendo **distintos apartamientos**. La **suma de esos apartamientos** sería *mayor que A* razón por lo cual se toma un **apartamiento promedio** entre la salida y la llegada, es decir una **latitud media**

4.8.1.- Conocida la situación de salida el rumbo o rumbos directos y la distancia navegada a cada rumbo calcular la situación de estima de llegada.

4.8.1.1.- Rumbo directo y distancia directa

Analizamos lo que se conoce como **rumbo directo** y **distancia directa**. Para ello si sobre la carta trazamos los diferentes rumbos a los que hemos ido navegando y sus respectivas distancias se obtendrá una línea con los sucesivos cambios de rumbo (por lo general quebrada), que nos unirá el punto de salida con el de llegada.

Si ese punto de salida lo unimos con el de llegada se obtiene una línea recta **que cortara a todos los meridianos con el mismo ángulo**, es lo que se denomina **Rumbo Directo (Rd)** y si medimos esa distancia obtenemos la **Distancia Directa (Dd)**

4.8.1.2.- Estima analítica

Hallando las coordenadas del punto de llegada **partiendo de las coordenadas del punto de salida al sumarle algebraicamente a ésta los cambios experimentados en latitud y longitud**, con el auxilio de las **tablas de estimas** o la **calculadora** (hoy en día este instrumento es el más utilizado). En el caso de existir **CORRIENTES** se considerará como **un RUMBO y una DISTANCIA más**, al igual que cuando se navega con viento el **ABATIMIENTO** el rumbo que debemos emplear es **el RUMBO DE SUPERFICIE**.

El nombre de “estima” se emplea porque la situación así obtenida no es tan fiable como las obtenidas por medios electrónicos o por observación de puntos a la costa, siendo por lo tanto considerada como una posición “estimada” sobre todo cuando existe vientos y corrientes.

Problema directo: consiste en dada una situación de **salida**, un **rumbo (o varios)** y una **distancia (o varias)**, calcular la **situación de llegada**. Las fórmulas que se han de utilizar son las siguientes:

a) **Para un solo rumbo y distancia las formulas a emplear son:**

- $\Delta I = D \times \cos R$, con esta se obtiene la **diferencia de latitud = LATITUD DE LLEGADA** { - + NORTE
- - SUR
- Sumando las latitudes y dividiendo por 2 se obtiene la **latitud media (Im)**
- $A = D \times \sin R$, con esta se obtiene **el apartamiento (A)**
- $\Delta L = A / \cos Im$ con esta se obtiene la **diferencia de longitud = LONGITUD DE LLEGADA** { - + ESTE
- - OESTE

b) Para un **varios rumbo y distancias** (las corrientes se consideran como un rumbo más), se utiliza el siguiente cuadro donde iremos colocando los diferentes rumbos y distancias para ir posteriormente realizando los cálculos individuales y luego calcular los totales.

| RUMBOS | DISTANCIAS | ΔI | | A | |
|--------|------------|------------|---|---|---|
| | | N | S | E | W |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

ΔI total A total

Una vez calculadas las totales, la suma algebraica de las diferentes **latitudes** obtenidas se sumara algebraicamente a la latitud de salida y obtendremos así la **latitud de llegada** para posteriormente calcular la latitud media. La **longitud de llegada** se obtiene igualmente pero teniendo en cuenta que el **apartamiento habrá que convertirlo en longitud** aplicando:

$$\Delta L = A / \cos Im$$

4.8.2.- Conocida la situación de salida y de llegada calcular el rumbo directo y la distancia entre ambas

Problema inverso: consiste en dada *una situación de salida*, un rumbo (o varios) y *una distancia* (o varias), **calcular la situación de llegada**. Las fórmulas que se han de utilizar son las siguientes:

- **Se resta o suma las latitudes** (en función de los signos) obteniendo **la diferencia de latitud**
- **Se resta o suma las longitudes** (en función de los signos) obteniéndose **la diferencia de longitud**
- **Se calcula la latitud media** (sumando ambas latitudes y dividiendo por 2)
- Aplicando $A = \Delta L \times \cos l_m$ se obtiene el **apartamiento**
- Aplicando $D^2 = \Delta l^2 + A^2$ se obtiene la **distancia**
- Aplicando $\text{sen} R = A/D$ -> se obtiene el **ángulo** en cuadrantal (hay que convertirlo a circular)

CASOS PARTICULARES: Se pueden dar los siguientes casos:

- Si un barco lleva rumbo **DIRECTO "NORTE" o "SUR"** recorre un **meridiano** y **NO** contrae **apartamiento**, por lo tanto **no hay diferencia de longitud**. Siendo la **distancia navegada igual a la diferencia de latitud**.
- Si un barco lleva rumbo **DIRECTO "ESTE" "OESTE"** recorre un **paralelo** y **NO** contrae **diferencia de latitud**, Siendo la **distancia navegada igual a la diferencia de longitud**.

Ejemplos

ESTIMA DIRECTA

Situación de salida $l = 37^\circ 12,4' N$ y $L = 009^\circ 08,7' W$, rumbo directo 283 , distancia navegada $47,6$ millas. Calcular situación de llegada.

- Se calcula la diferencia de latitud con objeto de poder calcular la latitud de llegada y así poder calcular la latitud media necesaria para el cálculo de la longitud

$$dl = \cos R \times D = \cos 283^\circ \times 47,6 = \mathbf{10,7'}$$

- Se calcula la latitud media

$$l_m = 37^\circ 5' \rightarrow \cos l_m = 0,797$$

- Se calcula el Apartamiento

$$A = \text{sen} R \times D = \text{sen} 283^\circ \times 47,6 = 46,3$$

- Se calcula la diferencia de longitud

$$dL = A / \cos l_m = 46,3 / 0,797 = \mathbf{58,1}$$

$$\begin{array}{r} l_s = 37^\circ \quad 12,4' N \\ \quad \quad \quad 10,7' N \\ \hline l_{II} = 37^\circ \quad 23,1' N \end{array} \quad \begin{array}{r} L_s = 009^\circ \quad 08,7' W \\ \quad \quad \quad 58,1' W \\ \hline L_{II} = 010^\circ \quad 06,8' W \end{array}$$

$$\begin{array}{r} l_{II} = 37^\circ \quad 23,1' N \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} L_{II} = 010^\circ \quad 06,8' W \\ \hline \end{array}$$

ESTIMA INVERSA

Calcular rumbo directo y distancia desde $l = 36^\circ 00' N$ $L = 007^\circ 00' W$ $A = 35^\circ 52,3$ n $Y l = 008^\circ 02,4' W$

$$l_s = 36^\circ \quad 00,0' N \quad L_s = 007^\circ \quad 00,0' W$$

$$l_{II} = 35^\circ \quad 52,3' N \quad L_{II} = 008^\circ \quad 02,4' W$$

$$dl = \quad \quad \quad 07,7' S \quad dL = \quad 1^\circ \quad 02,4' W \quad \text{se pasa a minutos para que el resultado sea en MILLAS } 62,4' W$$

$$l_m = 35^\circ 56' \quad \text{de donde el Apartamiento será igual } A = dL \times \cos l_m = 62,4 \times \cos 35^\circ 56' = 50,5$$

$$D^2 = A^2 + dl^2 = 50,5^2 + 7,7^2 = \mathbf{51 \text{ millas}}$$

$$\text{Sen } R = A/D = 0,990 \quad (\text{INV-SHIFT seno}) = \mathbf{81,9 \text{ (rumbo en cuadrantal)}}$$

$$\text{Rumbo Directo (Rd)} = \mathbf{S81,9W = 261,9^\circ}$$

4.9.- MAREAS

4.9.1.- Causas de las mareas

Se conoce por **mareas** los movimientos periódicos y alternativos de ascenso (**pleamar**) y descenso (**bajamar**) de las aguas del mar. Se producen por las **atracciones que ejercen, sobre la capa de agua que recubre la Tierra, las masas de Sol y la Luna** (los demás astros debido a sus grandes distancias prácticamente no influyen). La influencia de la **Luna es 2,3 veces mayor que la del Sol** a pesar que su volumen sea 65 millones de veces mayor, pero hay que tener en cuenta que **la atracción es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia**

En las mareas, **referente a su movimiento:**

- **Vertical**, se denominan **creciente** o que **sube**, y **menguante** o que **baja**, y en lo referente a su **altura**.
- **Horizontal** o **corriente de marea** se denominan **flujo** o **marea entrante** y **reflujo**, **marea saliente** o **vaciante**, alcanzando su **mayor velocidad de corriente a mitad de su periodo**.

Entre ambas existe **unos minutos** en que la **marea está parada** y en el momento en que comienza a bajar o subir o bajar se le denomina **repunte**.

Existen **una serie de mediciones de las en mismas cuyos conceptos se exponen a continuación:**

- **NIVEL MEDIO:** Es el nivel que tendrían las aguas si no existiera el fenómeno de las mareas.
- **AMPLITUD DE LAS MAREAS o CARRERA DE LA MAREA:** Es la diferencia de altura entre los niveles de la **pleamar** y la **bajamar**.

Esta **amplitud varía para un mismo lugar en función de la posición del SOL y de la LUNA con respecto a la Tierra**, llegando a su **máximo cuando ambos están en línea recta (sicigias)** o sea cuando se encuentran en **conjunción** o en **oposición** (luna nueva o luna llena) como se indica en la figura, es entonces cuando las mareas se denominan **vivas**. Sin embargo cuando la Luna se halla en **cuarto creciente** o en **cuarto menguante**, es decir cuando el **Sol y la Luna forman un ángulo recto con la Tierra** las **atracciones se contrarrestan al máximo** y dan lugar a las **mareas muertas**

Dentro de estas mareas vivas y muertas, existen **dos** que corresponden a la **primavera** y **otoño** (sicigias equinociales) que son **las más vivas del año** y dentro de las **mareas muertas** las más acusadas son las correspondientes a los **solsticios** (comienzo del verano e invierno).

La Luna gira alrededor de la Tierra describiendo una **elipse**, uno de cuyos focos los ocupa la Tierra, y como la Luna tarda **29 días 12 horas y 44 minutos** (mes lunar) en recorrer la elipse, **la distancia varía** y cada **14 día** (un poco más) pasa por el punto más **próximo (perihelio)** y el más **lejano (afelio)**.

Punto este importante a tener **en cuenta en la amplitud de las mareas** además de otros factores como: **la acción de los vientos, las corrientes, la variación de presión, la topología costera** etc.

- **ALTURA DE LA MAREA:** En un momento cualquiera es lo que **se eleva el agua por encima del nivel de DATUM o CERO HIDROGRÁFICO (sonda en carta)**.

- **EDAD DE LA MAREA:** Las mareas vivas se dan en época de **sicigias** pero sin embargo **la mayor marea se produce varias mareas más tardes** de que el Sol la Luna y la Tierra se encuentre en esa posición. A este **retraso se le denomina edad de la marea** y varía según el lugar entre **0 a 48 horas**.

- **UNIDAD DE ALTURA Y COEFICIENTE DE MAREA:**

- Se denomina **unidad de altura** al valor alcanzado por el agua **sobre el nivel medio en la pleamar** o por **debajo del nivel medio en la bajamar**, que tiene lugar en la **sicigia media** es decir con **declinación 0º** y a sus **distancias medias**.
- El **coeficiente de marea o céntimo de la marea** es la **relación entre la altura de la pleamar sobre el nivel medio de un día cualquiera y la unidad de altura** (su valor va desde 0,20 a 1,2).

Multiplicando la unidad de altura por el coeficiente de marea da un valor que sumado o restado al nivel medio da altura de la pleamar y bajamar.

- **ESCALAS DE MAREAS:** Son unas escalas que se colocan en **lugares abrigados** de los puertos para saber la **diferencias de los niveles** del agua a causa de las mareas.

- **MAREÓGRAFOS:** Son **aparatos registradores** basados en un flotador que transmiten las diferentes alturas de la mareas en diferentes horas y fechas.

- **ESTABLECIMIENTO DE PUERTO:** Teóricamente las pleamares **tendrían que efectuarse en el momento de pasar la luna por el meridiano del lugar**. Pero sin embargo esto no es así, sino que **experimentan un retraso de 36 horas o más** debido a que la Luna debe **vencer la inercia de las aguas**, la cohesión de las moléculas de agua y la resistencia de rozamiento del fondo. Este espacio de tiempo que suele variar poco para diferentes días y para el mismo punto, se llama intervalo, a este intervalo calculado en los días de sicigias que es lo que se denomina establecimiento de puerto (Ep), Es particular **para cada lugar y puede variar bastante entre dos lugares relativamente cercanos**. El establecimiento de puerto también es la diferencia entre la hora civil de la pleamar en alta mar y la hora civil de la pleamar en puerto.

Con mareas **vivas** y pasos estrechos se pueden alcanzar **corriente de hasta 10 nudos**, lo que para embarcaciones pequeña constituyen un grave riesgo. En estuarios de los ríos la corriente entrante choca con la saliente de los mismos **formándose olas rompientes de gran altura**.

La **PRESIÓN ATMOSFÉRICA** influye sobre la **altura de la marea** considerándose que por cada milímetro sobre la presión normal **760 mm.(1013 mb)** el nivel del agua debe estar **13,5 mm. más bajo**

Los **VIENTOS** también influyen **adelantando o atrasando las horas**, así como **variando su altura**, la cual aumenta con **vientos de fuera** y disminuyen con los de **tierra**.

4.9.2.- Anuario de mareas español: modo de utilización

Las editan los servicios Hidrográficos más importantes, abarcando generalmente el periodo de **un año (anuario)**. El editado en España por el **Instituto Hidrográfico de la Marina** consta de **tres partes**.

En la **primera** se detallan las **mareas para unos puertos bases o patrones**. Cada página contiene las mareas de **tres meses** donde aparece el **día** (1ª columna), **hora de pleamar y bajamar** (2ª columna) y la **altura en metros** (3ª columna). Al pie de la página se indica que con la suma de la altura a las sondas **expresadas en las cartas náuticas españolas se obtiene la sondas correspondientes**. Las **horas que se indica son de huso Cero**, por lo que habrá que sumar el adelanto vigente.

En la **segunda parte** vienen especificadas las **diferencias en horas y alturas** de pleamares y bajamares de una serie de puertos y su **correspondiente puerto patrón**.

En la **tercera parte** viene la **explicación de las tablas con gráficos** y una **relación de puertos extranjeros con datos de sus mareas**.

El modo de **utilizar** el anuario es el siguiente: En el **ANUARIO DE MAREAS** se reflejan los días con sus mareas (horas y alturas) de los **PUERTOS PATRONES**. Si se desea saber estos datos en otro puerto que no sea PATRON, es decir un **PUERTO AUXILIAR**, se busca en el anuario a que puerto PATRON pertenece el AUXILIAR y se toman los datos a corregir. Por ejemplo si deseamos saber que horas y alturas tendrán las mareas en CONIL en un día determinado se busca en el índice del anuario y se observa que CONIL pertenece a CÁDIZ como puerto patrón. Se busca en Cádiz y Conil y los datos y nos da son, por ejemplo:

| CÁDIZ | | |
|---------|-------------|---------------|
| | <u>HORA</u> | <u>ALTURA</u> |
| Pleamar | 05:29 | 3,19 |
| Bajamar | 11:35 | 0,85 |
| Pleamar | 18:07 | 2,92 |

| CONIL | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| | <u>HORA</u> | <u>ALTURA</u> | |
| | <u>PLEAMAR – BAJAMAR</u> | <u>PLEAMAR – BAJAMAR</u> | |
| | +0,05 | +0,05 | -0,19 -0,02 |

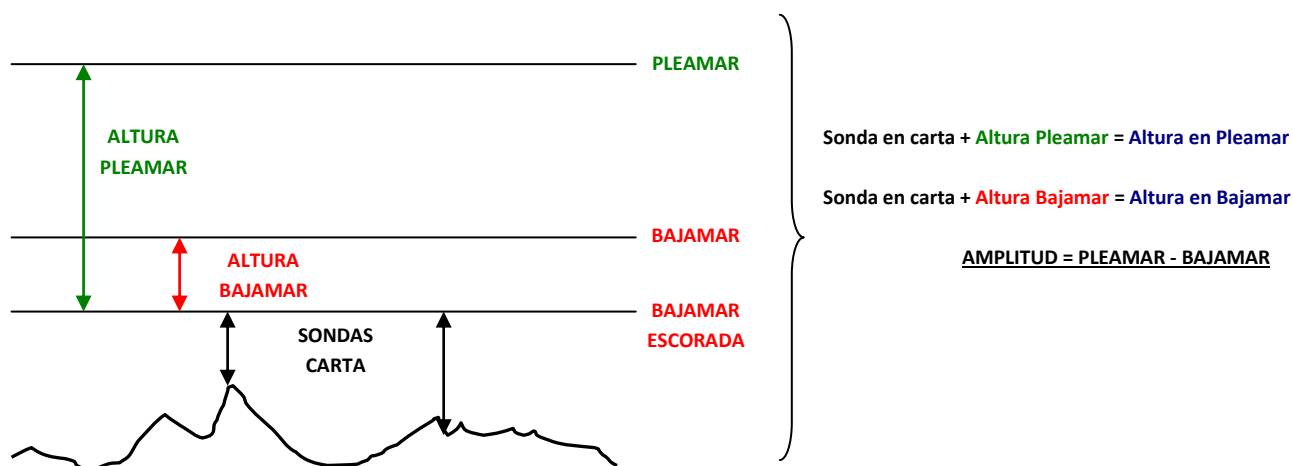
Con estos datos se calcula los horarios y las alturas de las mareas en Conil:

| CONIL | | |
|----------------------------|--------------|---------------------------|
| | <u>HORA</u> | <u>ALTURA</u> |
| Pleamar -> 05:29 + 00:05 = | 05:34 | 3,19 - 0,19 = 3,00 |
| Bajamar -> 11:35 + 00:05 = | 11:40 | 0,85 - 0,02 = 0,83 |
| Pleamar -> 18:07 + 00:05 = | 18:12 | 2,92 - 0,19 = 2,73 |
| Bajamar -> 23:55 + 00:05 = | 24:00 | 1,17 - 0,02 = 1,15 |

4.9.3.- Referencia de las sondas

Las sondas en las cartas españolas están **siempre referidas a la bajamar escorada** (coeficiente de 1,20), por lo que habrá que sumarle la altura de la bajamar o pleamar que el anuario refleje. La **bajamar escorada** es la mayor bajamar **de todas las épocas** y que corresponden a las **sicigias mínimas** es decir cuando el **Sol y al Luna están en el Ecuador** y a su menor distancia de la Tierra.

4.9.4.- Problema directo e inverso



A) **DIRECTO:** consiste en hallar la **sonda en un lugar y momento determinado**, tomando como **base la altura de la BAJAMAR** a la cual se le suma una **corrección aditiva en función de esa altura** y a cuyo resultado se le suma la **sonda en carta**. Para calcular esa **corrección aditiva**:

1. En función del puerto y la fecha requerida se busca en el **ANUARIO DE MAREAS** entre que **momentos de una pleamar y una bajamar o una bajamar y pleamar** se encuentra la hora del momento en que se desea saber la sonda. Esa hora del momento considerado tendrá una **diferencia o intervalo desde la bajamar anterior, o hasta la bajamar siguiente**. Se **ANOTA** ese dato.
2. Entre la bajamar y pleamar o entre la pleamar y bajamar considerada existe una **duración**. Se **ANOTA** la duración de esa vaciante o creciente.
3. Entre la **altura de bajamar y pleamar** hay una diferencia, la **amplitud de la marea**. Se **ANOTA**

Con esos **tres datos** en la **TABLA PARA CALCULAR LA ALTURA DE LA MAREA EN UN INSTANTE CUALQUIERA** y siguiendo las correspondientes columnas y líneas **proporcionará la CORRECCIÓN ADITIVA** que **sumada a la altura de la bajamar y a la sonda de la carta**, proporcionara la **sonda en el momento requerido**.

$$S_m = S_c + A_{bj} + C.A.$$

B) **INVERSO**: consiste en **calcular la hora en que hay una sonda determinada**. Para calcular la C.A. despejando de la anterior tenemos que

$$C.A. = S_m - S_c - A_{bj}$$

- Con los datos de:

- **corrección aditiva**
- **amplitud de marea**
- **duración de la creciente o vaciante**

Se entra en la TABLA en sus respectivas columnas y líneas y se obtiene el **INTERVALO a sumar a la hora de la bajamar anterior o restar a la hora de la próxima BAJAMAR** para así obtener la hora en que se produce la sonda prevista.

$$HRB \text{ (momento)} = H_{bj} + I \text{ ó } H_{ba} - I$$

Ejemplos:

CALCULO DE LA SONDA EN UN MOMENTO DETERMINADO

Calcular la sonda total en la barra de Huelva el día 23 de abril a HRB= 11:00 cuando se está en un lugar cuya sonda en carta es de 5 metros.

$$S_m = S_c + A_{bj} + C.A. = 5 + 1,47 + C.A.$$

INTERVALO desde o hasta la BAJAMAR más próxima

$$12:59 - 11:00 = 1:59$$

AMPLITUD

$$2,26 - 1,47 = 0,79$$

DURACIÓN DE LA MAREA

$$12:59 - 07:21 = 05:38$$

CORRECCIÓN ADITIVA (según tablas)

$$0,2$$

| HORA | ALTURA |
|--------------|-------------|
| 00:52 | 1,26 |
| 07:21 | 2,26 |
| 12:59 | 1,47 |
| 19:46 | 2,44 |

$$S_m = S_c + A_{bj} + C.A. = 5 + 1,47 + 0,2 = \mathbf{6,67}$$

CALCULO LA HORA EN QUE TENDREMOS UNA DETERMINADA SONDA

A qué hora después de la primera bajamar del 26 de Abril se tendrá una sonda de 6,00 metros en el puerto de Cádiz, sobre un bajo indicado en carta de 4,50

$$C.A. = S_m - S_c - A_{bj} = 6 - 4,5 - 1,13 = 0,37$$

DURACIÓN DE LA MAREA

$$11:07 - 05:00 = 06:07$$

AMPLITUD

$$2,41 - 1,13 = 1,28$$

| HORA | ALTURA |
|--------------|-------------|
| 05:00 | 1,13 |
| 11:07 | 2,41 |
| 17:10 | 1,26 |
| 23:13 | 2,61 |

INTERVALO desde o hasta la BAJAMAR más próxima (según TABLAS)

$$02:12$$

$$HRB \text{ (del momento)} = H_{bj} \pm \text{INTERVALO} = 05:00 + 02:12 = \mathbf{07:12}$$

Tabla de correcciones a sumar o restar a las alturas de mareas
en función de la presión atmosférica

| PRESION ATMOSFERICA | | CORRECCION |
|---------------------|--------------|------------|
| En milímetros | En milibares | |
| | | m |
| 722 | 963 | +0,50 |
| 726 | 968 | +0,45 |
| 730 | 973 | +0,40 |
| 734 | 978 | +0,35 |
| 738 | 983 | +0,30 |
| 741 | 988 | +0,25 |
| 745 | 993 | +0,20 |
| 749 | 998 | +0,15 |
| 752 | 1003 | +0,10 |
| 756 | 1008 | +0,05 |
| 760 | 1013 | 0,00 |
| 764 | 1018 | −0,05 |
| 768 | 1023 | −0,10 |
| 771 | 1028 | −0,15 |
| 775 | 1033 | −0,20 |
| 779 | 1038 | −0,25 |

