

NAVEGACION AEREA

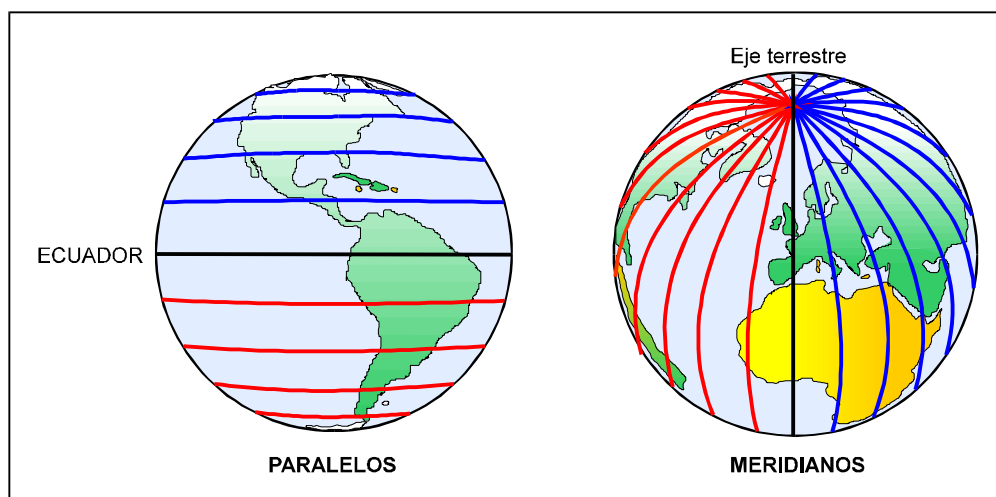
La forma de la Tierra

En cualquier sistema de navegación que se emplea, es necesario un conocimiento elemental de la Tierra, superficie de referencia para resolver los problemas del navegante.

La Tierra no es una esfera perfecta, sino que tiene forma de pera. Cálculos basados en las perturbaciones de las órbitas de los *satélites artificiales* revelan que la Tierra es una esfera imperfecta porque el ecuador se engrosa 21 km; el *polo norte* está dilatado 10 m y el *polo sur* está hundido unos 31 metros.

Como los problemas de navegación se resuelven con la suficiente aproximación considerando que es verdad una esfera perfecta, con dicha convicción se analizarán los mismos.

Eje terrestre



Se denomina así a un eje imaginario alrededor del cual gira la Tierra y cuyos puntos extremos llevan los nombres de polos: norte (N) y sur (S), estando los mismos en hemisferios opuestos.

Círculos máximos, Ecuador y meridianos:

El centro de la tierra, perpendicular al eje de ésta, es un círculo máximo que lleva el nombre de Ecuador. Posee todos sus puntos equidistantes de los polos y la divide en dos hemisferios: norte y sur.

Perpendiculares al Ecuador, es decir pasando por los polos, están los círculos máximos que se denominan meridianos.

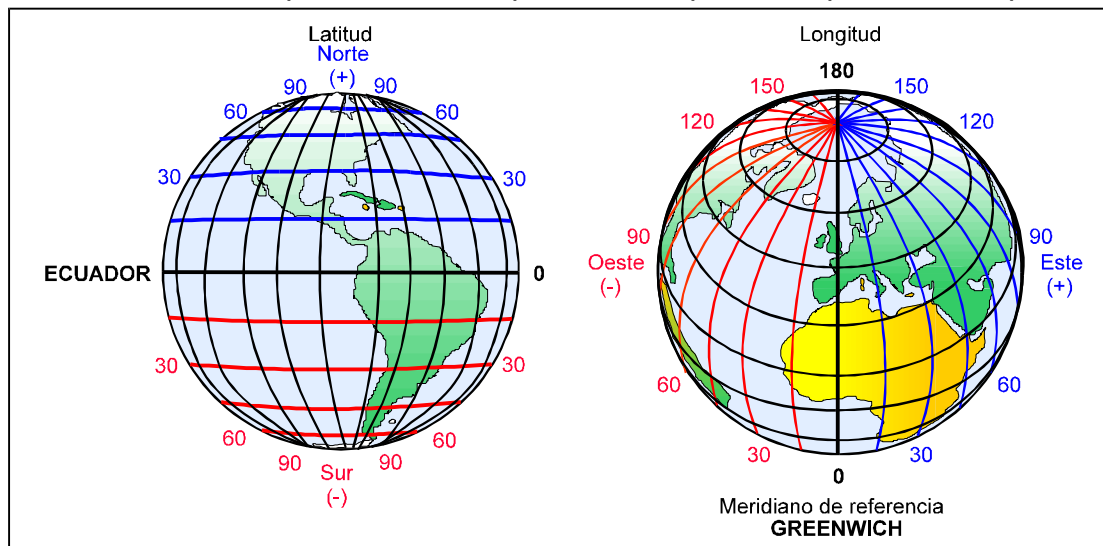
Círculos menores – Paralelos

Paralelos al Ecuador existen una cantidad de círculos menores que por tal razón se denominan paralelos.

Coordenadas geográficas – Longitud y latitud

Retícula bidimensional que define la posición de un punto en el mapa. Las coordenadas aparecen señaladas en la mayoría de los mapas topográficos modernos. Comprenden dos conjuntos de líneas paralelas, separadas por distancias iguales, que se cruzan formando ángulos rectos y dividen el mapa en cuadrados. No deben confundirse con las coordenadas geográficas de posición que definen la *latitud* y *longitud* que, debido a los efectos de la proyección de los mapas, a menudo no se representan ni rectas ni paralelas entre sí.

Para determinar la posición de un punto en el plano se parte de un punto de



origen, tomado aleatoriamente pero siempre situado en la intersección de dos ejes perpendiculares convenientemente localizados. De este modo, y gracias a la superposición de la retícula o cuadrícula creada, es posible conocer la posición de cualquier punto en relación con el de origen conocido, obteniendo una distancia horizontal (coordenada X), hacia el este, y otra vertical (coordenada Y), hacia el norte. En las coordenadas cartográficas se indica primero el valor X. Cada dígito que se añade hacia el este y hacia el norte aumenta la resolución de la coordenada por un factor de diez.

Se define como longitud al arco del Ecuador medido entre el meridiano origen y el meridiano local, en grados, minutos y segundos de cero (0) a ciento ochenta (180) grados.

La longitud se mide al este (E) u oeste (O) del meridiano de Greenwich y su valor máximo alcanza 180 grados.

La latitud es el arco de meridiano comprendido entre el Ecuador y los paralelos. También se mide en grados, minutos y segundos, pero tomando como base al Ecuador hacia el norte (N) o sur (S) de éste, y su valor máximo es 90 grados.

Magnetismo terrestre

Su influencia sobre la brújula magnética:

La Tierra se comporta como un gran imán y al igual que éste tiene dos polos magnéticos: norte y sur. La posición del polo magnético no coincide con la correspondiente del mismo polo geográfico. De esta manera, las brújulas marcan un norte magnético que puede diferir en forma notable con el norte verdadero o geográfico. Este efecto varía según los lugares y puede tener el mismo valor en

puntos que se encuentran a gran distancia entre sí. En navegación aérea es designado este efecto como *declinación magnética*. La declinación puede ser este (E) u oeste (O). En el primer caso la brújula indicará a la derecha del norte geográfico, en el segundo, a la izquierda. Su importancia es tal, que en todas las cartas aeronáuticas sus valores vienen señalados por las *líneas isogónicas*.

Cartas aeronáuticas – Su empleo

Son representaciones gráficas en escala de diferentes lugares de la tierra. Indican mediante símbolos sus accidentes planimétricos y altimétricos. Estos símbolos figuran al dorso de cada una e indican al piloto en forma directa todos los accidentes del terreno, conjuntamente con toda la información que pueda ser de utilidad para el reconocimiento del terreno.

Por tal motivo es necesario estudiar y comprender completamente las indicaciones en estas antes de iniciar el vuelo. De esta manera será posible interpretar rápida y eficazmente sus indicaciones con respecto a la región que se desea sobrevolar.

Es de vital importancia el empleo de estas cartas durante cualquier vuelo de navegación; independientemente del método que se aplique, las mismas son las que permitirán al piloto situarse en forma segura en cualquier parte de su travesía, reconocer las zonas prohibidas, la ubicación de los aeródromos y su denominación, su altura sobre el nivel del mar, el indicativo de llamada o designación de las diferentes ayudas radioeléctricas y todas las demás ayudas terrestres para facilitar la navegación aérea.

Escalas

Se denomina *escala de una carta* a la relación entre una medida determinada de la misma con igual cantidad de terreno. En las cartas aeronáuticas esta relación es igual a 1:1.000.000; o sea que para cada centímetro de ellas corresponderán diez kilómetros de terreno. Para obtener la distancia real entre dos puntos del terreno respecto a lo medido sobre cualquier carta o mapa, deberá multiplicarse dicha medida por su escala.

Representación gráfica – Trazado de los rumbos y medida de la distancia en las cartas aeronáuticas.

Para trazar un rumbo sobre una carta aeronáutica simplemente debe unirse con una línea los puntos de partida y llegada. Como éstas se realizan de aeropuertos o aeródromos, primeramente deberán situarse los mismos y a partir de ellos trazar dicha línea.

La razón de esta medida es la de evitar pérdidas de tiempo buscando el lugar de aterrizaje al llegar a destino, situación esta que puede ser crítica, si la llegada se efectúa cuando se aproxima la noche, la existencia de combustible es escasa o simplemente cuando la visibilidad está reducida y no se conoce la zona.

Cuando el lugar de llegada no será un aeropuerto o aeródromo importante o dada su reciente habilitación no figura en la carta, deberá situárselo previamente por sus coordenadas que siempre figuran en los NOTAMS POSTALES.

Para realizarlo se procederá como se indica:

- a) Entre cada una de las líneas que denotan los paralelos y meridianos, existen sesenta pequeñas marcaciones que señalan otros tantos minutos de longitud y latitud, por lo tanto, conociendo el valor de ambas, bastará buscar el lugar donde se cruzan para situar el lugar deseado.
- b) Nunca se deberá contar los grados o minutos hacia el este (E) o norte (N) de la carta, en razón de que la Argentina se encuentra al oeste (O) de Greenwich y al sur del Ecuador.
- c) Para medición de los rumbos se utilizará un transportador haciendo coincidir su centro con el cruce de la línea que los define con un meridiano, con su cero en dirección al norte (N), que siempre será la parte superior de la carta.
- d) El valor de la distancia será siempre igual a la cantidad de centímetros existentes entre los puntos de partida y llegada, multiplicados por su escala.

Vuelos de travesía

Condiciones meteorológicas que deben evitarse en los mismos

Se considera vuelo de travesía, aquel que se cumple entre dos puntos distantes por lo menos diez millas náuticas (18 km.).

Las condiciones que deben evitarse durante los mismos son las formaciones de niebla, tormentas eléctricas, fuertes precipitaciones y los frentes de cualquier tipo.

Si se tiene en cuenta lo estudiado en la parte precedente a meteorología, contando con un informe previo será posible prevenir la formación de niebla y elegir un aeródromo de alternativa al alcance de la autonomía de la máquina **antes de iniciar el vuelo**.

Las precipitaciones fuertes y los frentes, son fácilmente identificables aún para el piloto novicio, de allí que solamente la imprudencia pueda originar problemas. En cuanto a las tormentas eléctricas, son las más difíciles de prever y muchas veces el piloto poco experto puede internarse en ellas sin advertirlo. Sin embargo, conociendo las características de las nubes es posible evitar ese riesgo con sólo prestar atención a las mismas.

Si las nubes son cúmulos chatos no hay por qué preocuparse; generalmente no están acompañados por corrientes verticales, ofrecen condiciones de vuelo favorables y cuando están dispersas es fácil volar por encima de ellas. Cuando estas mismas nubes se apilan en grandes masas blancas, son un indicio seguro de tormentas eléctricas con las consiguientes y peligrosas corrientes verticales. Estas corrientes tienen en algunos casos fuerza suficiente para destrozar un avión liviano. Su velocidad vertical hace que cualquier máquina de este tipo quede a merced de ellas, con la probabilidad si así ocurre, de sufrir graves averías.

Por lo tanto cuando en vuelo se descubre una tormenta de dicha clase, lo más conveniente es cambiar de inmediato el rumbo y alejarse de ella. No debe intentarse bordearla ya que los efectos consignados alcanzan hasta sus extremos, en el frente y los costados, donde puede encontrarse granizo, lo mismo que debajo de las capas de nubes prominentes. La presencia de éste último puede preverse por la coloración verdosa de la atmósfera que es distinta del azul oscuro o negro que indican solamente lluvia.

Si en alguna oportunidad, debido a desconocimiento o una simple falta de apreciación, se es sorprendido en las cercanías de una de estas tormentas, recordar que lo primero que debe hacerse es **reducir la velocidad del avión a la velocidad especificada para penetración en aire turbulento**. Si no se recuerda dicha velocidad, o no está especificada en el manual de la aeronave, se podrá utilizar una velocidad igual a la velocidad de pérdida incrementada en un 50%, a efectos de reducir la influencia de la turbulencia sobre la estructura del avión.

Efectos en la topografía de los vientos

La topografía o conformación del terreno que se sobrevuela, tiene una gran influencia en los vientos, debido a que se desvía su curso.

Una corriente de aire interceptada por una cadena de montañas, árboles o edificios, es elevada o desviada, para luego descender o amoldarse a la forma del terreno.

En términos generales tendremos entonces:

- a) A barlovento (del lado que sopla el viento) de una montaña u obstáculo, tendremos una corriente de aire ascendente.
- b) A sotavento (del lado resguardo del viento) de una montaña u obstáculo, tendremos corrientes de aire descendentes.

Estos efectos son mayores a mayor velocidad del viento y pueden alcanzar hasta una altura igual al tercio de la elevación total de la montaña u obstáculo. En distancia pueden extenderse hasta muchos kilómetros después de cruzados los mismos. Los terrenos escarpados producen turbulencias en las corrientes de aire puesto que provocan ondulaciones dentro de su masa.

Las ciudades, fábricas, área boscosa, campos arados, ríos, etc., debido al calentamiento irregular entre ellos y las zonas en que se hallan, producen corrientes convectivas (ascendentes durante el día y descendentes durante la noche).

Clases de navegación

Existen varias clases de navegación aérea: observada, a la estima, radioeléctrica y satelital, tratándose en este manual tan solo las primeras dos ya que a las aeronaves a las que está destinado no poseen equipo original para la tercer y cuarta opción.

Navegación observada

Es el método de conducir un avión de un lugar a otro, tomando como referencia puntos visibles sobre la superficie de la tierra, tales como ciudades, ríos, vías, carreteras, etc.

Con buena visibilidad y en zonas donde existan referencias tales como las mencionadas, bastará marcar sobre la carta la ruta a seguir y una vez en vuelo dirigir la aeronave guiándose por las mismas.

Por supuesto que no siempre el problema se reducirá a términos tan simples, ya que muchas veces la ruta donde existen buenas referencias puede no ser la más segura o no contar con lugares para reabastecimiento dentro de la distancia a que alcanza el radio de acción del avión.

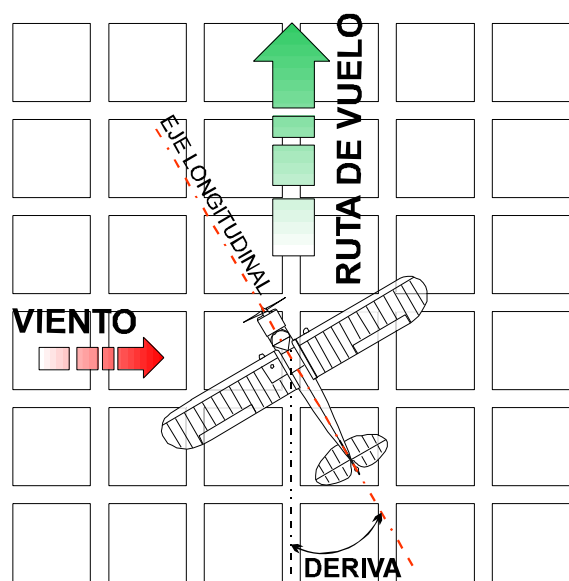
Asimismo, las condiciones meteorológicas pueden ser las requeridas para el vuelo de contacto (VFR), pero dentro de márgenes muy estrechos lo que entonces limitará la realización del mismo a distancias muy cortas. De allí que nunca deberá confiarse en este método excepto para vuelos cortos o locales.

Navegación a la estima

Es el método que determina una posición por medio del cálculo del rumbo, distancia y velocidad mantenidos desde una posición previamente conocida, llamada punto de partida.

Por medio de éste método un piloto puede volar muy próximo a los puntos de referencia terrestres, aún cuando su información no sea exacta. Debido a que él sabe cuándo y dónde buscarlos, le será más fácil ubicarlos cuando otro piloto no los encontraría. Cuando se conoce en forma completa y exacta el rumbo y la velocidad propios, así como el rumbo y la velocidad del viento, se podrá continuar un vuelo con mal tiempo con más seguridad que volando con menos experiencia con tiempo despejado. Si se tiene la precaución de ejecutar previo al vuelo una serie de cálculos sumamente fáciles, dividiendo la ruta en pequeños segmentos y calculando la hora de llegada a cada uno de ellos, una vez en vuelo con sólo mantener el rumbo y controlar el tiempo estimado, será relativamente sencillo situarlos y transformar una distancia en pequeños saltos en cada uno de los cuales puede decirse que se termina y reinicia la navegación.

Deriva y corrección de rumbo:



La deriva es el ángulo formado por el eje longitudinal del avión con respecto a la ruta que se sobrevuela. Es producida por el viento cuando éste no sigue una dirección coincidente con el eje citado (viento de costado) y su valor puede calcularse conociendo los siguientes factores:

- 1) Rumbo geográfico.
- 2) Velocidad propia del avión.
- 3) Dirección y velocidad del viento.

Con ellos y mediante una calculadora o efectuando por el método gráfico el llamado triángulo de velocidades, es posible aplicar las correcciones de

rumbo para mantener una trayectoria determinada sin que el viento de costado lo afecte.

*Triángulo de velocidades
Método gráfico*

Para su resolución hacen falta, además de los datos expresados precedentemente, los siguientes elementos:

- a) Un transportador

- b) Una regla milimetrada
- c) Una hoja de papel
- d) Un lápiz
- e) Un compás

Ejemplo:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 1) Rumbo geográfico | 360° |
| 2) Velocidad propia | 120 km/h |
| 3) Dirección y velocidad del viento | 070°/20 Nudos (37 km/h) |
| 4) Escala de dibujo | 1 cm= 10 km. |

Trazar un par de coordenadas en el sentido del rumbo de navegación y dirección del viento, dividir las cada 1 cm. que representará 10 km.

Dibujar la recta A-B que representa la dirección del viento con su correspondiente ángulo.

Marcar los 37 km en el eje x, con el compás en el centro de las coordenadas (punto A) trazar un arco que corte la recta A-B.

En el cruce del punto B dibujar una recta paralela al rumbo de navegación.

Transportar la recta A-B que corte en el valor 120 obteniendo así la recta C-D.

Con el compás en el centro A, trazar un arco que va desde D y cortando la recta del rumbo de navegación.

Trazar una recta perpendicular al rumbo de navegación desde el punto D hasta cortar esta

Puede observarse los siguientes resultados:

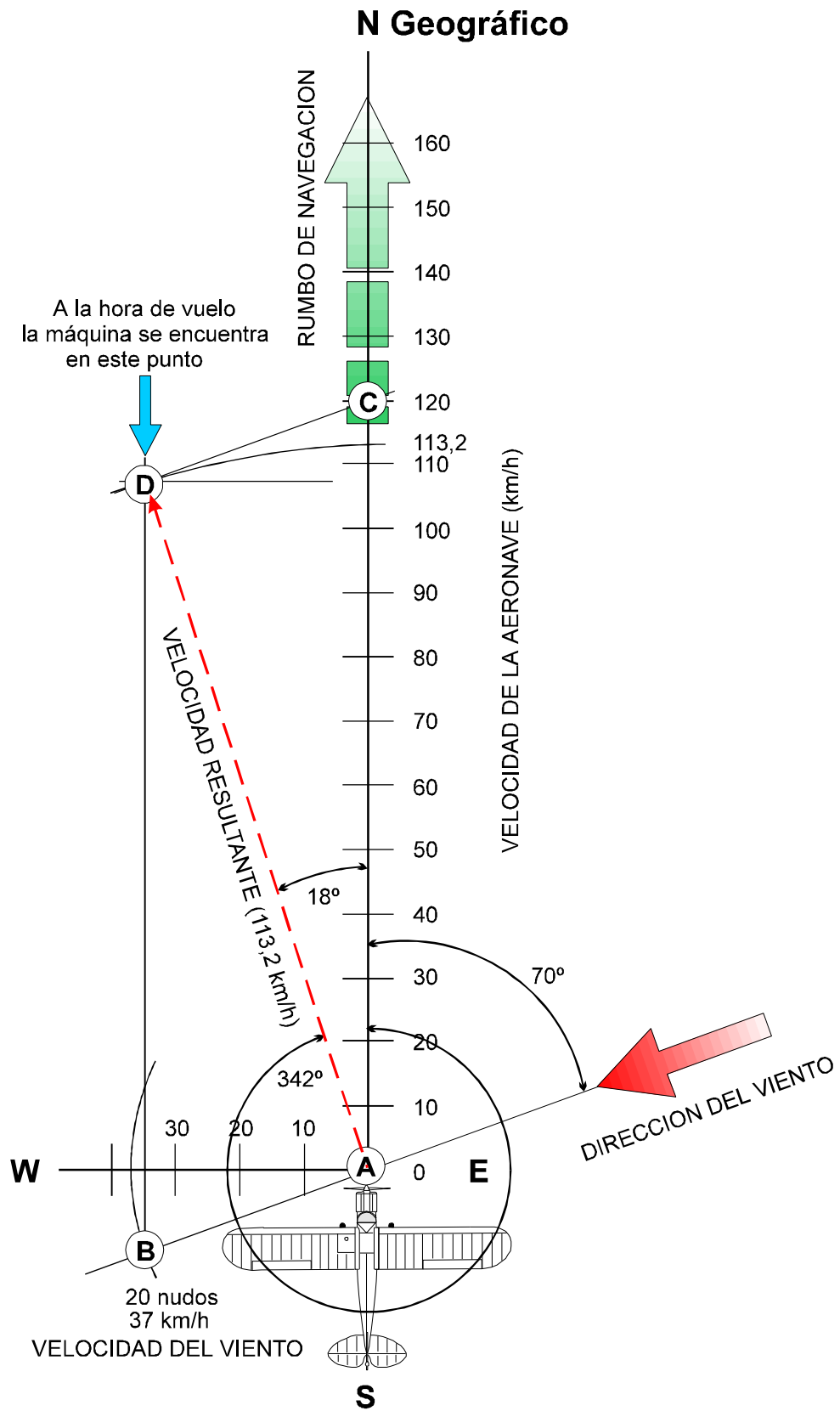
- a) La velocidad resultante de la aeronave es de 113,2 km/h.
- b) Si el rumbo previsto es de 360°, el resultante real terminó siendo de 342°.
- c) La longitud real recorrida en una hora para una distancia de 120 km es de 108 km.
- d) A la hora de vuelo la aeronave se encontrará en el punto D, que está desplazado 37 km de rumbo de navegación

Para llegar al punto C el piloto podrá tomar varios caminos:

- 1) Trazando el diagrama de velocidades según el ejemplo podrá llegar hasta el punto D y luego tomar el rumbo de la recta D-C hasta llegar al punto C.
- 2) Dibujar sobre el rumbo de navegación varios paralelogramos, acortando las desviaciones producidas por el viento, realizando un tipo de serrucho.

El piloto deberá tener en cuenta para la situación explicada el combustible necesario y la extensión del tiempo en llegar hasta el punto C.

Para cada viaje el paralelogramo de velocidades cambiará en forma favorable o desfavorable, según el rumbo de navegación y la dirección del viento.



Declinación magnética

Cómo corregirla

Resuelto el triángulo de velocidad, para realizar una navegación a la estima, al rumbo de navegación (R_n) habrá que aplicarle aún dos correcciones: una por efecto de la declinación magnética, que pasamos a detallar, y la otra por el desvío de la brújula, que se verá más adelante.

Supongamos que para nuestro caso buscamos en la carta la línea isogónica más cercana al punto de partida que resulta ser 3° O. Esto significa que la diferencia entre el meridiano geográfico y el magnético tiene esa magnitud en forma negativa, dado que el último está a la izquierda del primero. Aplicando la regla algebraica de restar los positivos y sumar los negativos, al rumbo de navegación R_n 342° le sumamos la declinación 3° O, obteniendo así el rumbo magnético (R_m) de 345° .

NOTA: Para obtener el rumbo magnético, cuando la declinación es Este o positiva, restar su valor al rumbo de navegación. Cuando sea Oeste o negativa, Sumarla al rumbo de navegación.

Desvío de la brújula

Cómo corregirla

Buscar en la tabla de desvíos el rumbo corregido más cercano al rumbo magnético. En nuestro caso y suponiendo que la tabla sea la que figura más adelante, los correspondientes a nuestro problema serían $330-0^\circ$. Para el primero no existe error pero sí para el segundo. Como necesitamos navegar con un rumbo magnético de 345° que está entre los dos rumbos citados, debemos promediar el valor del último, o sea, -1° .

Aplicando nuevamente la regla algebraica y considerando que el error es negativo (-1°), lo sumamos al rumbo magnético (R_m) de 345° , obteniendo así el rumbo de la brújula (compás) (R_c) 346° que tendremos que mantener para realizar nuestra navegación.

Volviendo a la navegación observada, las correcciones de rumbo debidas al viento de costado se ejecutan dirigiendo hacia éste la proa del avión en la medida de lo necesario, hasta conseguir mantener la trayectoria correspondiente en base a las observaciones de referencia alineadas con la ruta a seguir.

Tabla de desviación

	N			E			S			O		
Para	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Tomar	2	29	60	89	120	151	180	211	240	271	300	334

