

NAVEGACIÓN

7. DESARROLLO DE LA SECCIÓN.

Normalmente, una persona que emplea su tiempo, dinero y esfuerzo, en aprender a volar, no lo hace solo por el placer de maniobrar un aeroplano, debemos suponer razonablemente que pretende además desplazarse de un lugar a otro con el mismo. Para ello es imprescindible saber llevar el aeroplano de un lugar a otro con eficiencia y seguridad, es decir, navegar.

La navegación aérea debe ocupar una parte de nuestro entrenamiento casi tan importante como aprender a volar. Y digo casi, porque es obvio que sin saber volar no tiene mucho sentido pretender navegar. Esta sección tiene por objeto desarrollar conceptos, procedimientos y consejos básicos sobre navegación aérea, de forma que puedan servir al piloto en la adquisición de una buena práctica y experiencia. Este es su contenido:

7.1 INTRODUCCION A LA NAVEGACIÓN.

- 7.1.1 Vuelo local y de travesía.
- 7.1.2 Características de la navegación aérea.
- 7.1.3 Métodos básicos de navegación.
- 7.1.4 Técnicas combinadas.
- 7.1.5 VFR e IFR.

7.2 GENERALIDADES.

- 7.2.1 El planeta Tierra.
- 7.2.2 Paralelos y meridianos.
- 7.2.3 Latitud y longitud.

NAVEGACIÓN

7.1 INTRODUCCION A LA NAVEGACIÓN.

En su forma más sencilla, el diccionario nos dice que navegación es:

- a) la acción de navegar,
- b) el viaje que se hace con una nave. En el caso que nos ocupa, una definición un poco más precisa es: navegación aérea es la ciencia y tecnología que tiene como objetivo determinar la posición de un aeroplano respecto a la superficie de la tierra y mantener con exactitud la ruta deseada.

Así pues, se entiende por navegación aérea el proceso de pilotar un aeroplano, dirigiéndolo de un lugar geográfico a otro a través de una ruta establecida y monitorizando su posición a lo largo de la misma. A grandes rasgos, navegar requiere:

- a) definir la ruta a seguir para llegar al lugar deseado;
- b) monitorizar el vuelo a lo largo de esa ruta;
- c) corregir las posibles desviaciones de la misma, y
- d) adoptar procedimientos alternativos en caso de imposibilidad para alcanzar el destino previsto.

7.1.1 Vuelo local y de travesía.

Si Vd. vuela habitualmente dentro de un radio relativamente cercano al aeródromo en el cual suele operar, es como si se moviera por su barrio, conoce y distingue sin duda las características del paisaje que le rodea, donde está cada lugar, y sabe en todo momento donde se encuentra. Para dirigirse a un punto determinado simplemente se encamina hacia el mismo (enfila el morro del avión hacia allí) y ya está. Este tipo de vuelo suele denominarse ~~vuelo local~~ **vuelo local**, comienza y termina normalmente en el mismo aeródromo, predomina el pilotaje del avión y apenas es necesario poner en práctica procedimientos de navegación.

Pero si por alguna circunstancia se aleja más de lo previsto y el paisaje ya no le es familiar, o no le es posible distinguir sin ningún género de duda los lugares conocidos, bien porque la meteorología empeore reduciéndose la visibilidad o porque está volando cercano al ocaso, o no ha cuidado el repostaje del aeroplano y se ve en la necesidad de dirigirse a un aeródromo inmediato pero desconocido, en estos casos o sabe navegar o estará literalmente perdido. La falta de conocimientos y experiencia en navegación puede dar lugar a situaciones comprometidas e incluso peligrosas.

El ~~vuelo de travesía~~ ("cross country") se refiere esencialmente a todos aquellos vuelos que tienen lugar más allá de la proximidad de un aeródromo. Aunque no existe ningún criterio al respecto, ni falta que hace, suelen comenzar en un aeródromo y terminar en otro distinto relativamente alejado del de partida. En vuelo de travesía, ciertos detalles básicos que en vuelo local son importantes, adquieren una relevancia especial e incluso crítica, como por ejemplo:

- En las cercanías de un aeródromo puede aterrizar y repostar casi a voluntad, pero en un vuelo de travesía necesitará calcular previamente el combustible a consumir y planificar donde repostarlo.
- En la proximidad de un aeródromo, si el tiempo empeora repentinamente puede aterrizar y permanecer a la espera de que la situación mejore. En vuelo de travesía necesitará estudiar con más detalle las previsiones meteorológicas y permanecer atento a los posibles cambios en ruta. No solo eso, tendrá incluso que prever el desvío a un aeródromo alternativo.
- De su aeropuerto habitual, presumiblemente conoce la longitud de la pista, los puntos de notificación para entrar en circuito, como se realiza el mismo, las frecuencias de comunicaciones, si dispone o no de ayudas a la navegación, etc.

Todos estos detalles y algunos más sobre el aeródromo de destino, deberá tenerlos estudiados y planificados en un vuelo de travesía. Por ejemplo, puede resultar peligroso realizar un circuito a izquierdas cuando los demás tráficos lo hacen a derechas; o encontrarse en corta final alto y rápido para descubrir en la recogida que la pista es muy corta, o notificar una posición sobre un lugar cuando en realidad se está en otro distinto, etc.

- Cercano a su aeropuerto, conocerá seguramente por donde puede volar y por donde no, que zonas están prohibidas al vuelo, cuales están restringidas y como son esas restricciones, o que zonas son peligrosas. Igualmente, que altitud debe mantener en cada área no solo para franquear obstáculos sino porque pueden existir restricciones, pasillos aéreos, etc. Naturalmente, deberá tener en cuenta todos estos factores a la hora de diseñar y realizar una ruta.

En definitiva, para realizar un vuelo de travesía es imprescindible una buena navegación. Realizar un vuelo y llegar con seguridad y a tiempo a nuestro destino, de acuerdo con un plan predeterminado, puede ser muy satisfactorio. Por el contrario, una navegación pobre puede ser frustrante, e incluso en determinadas circunstancias peligrosa.

7.1.2 Características de la navegación aérea.

La navegación aérea posee algunas características particulares que la distingue de otros tipos de navegación como puede ser la marítima o la terrestre.

- **Un avión no puede detenerse en vuelo.** Al contrario que un automóvil, e incluso un barco, que pueden detenerse para resolver alguna situación de incertidumbre o a la espera de una mejora en las condiciones ambientales para reanudar la marcha, un avión no puede salvo aterrizando.
- **La autonomía es limitada.** Esto es común a todos los aparatos movidos por un motor, se mantienen en movimiento en tanto tienen suficiente combustible del cual extraer energía y transformarla en movimiento. Pero mientras que un barco, un automóvil, etc. simplemente se paran cuando agotan el combustible, un aeroplano no solo se para, además se cae.
- **Alta velocidad.** Esta ventaja del aeroplano respecto a otros medios de transporte, en el caso de la navegación puede ser un inconveniente: el paisaje que sirve de referencia pasa más deprisa y se dispone de menos tiempo para observarlo con detalle; una desviación de un par de grados durante unos minutos nos alejará del punto previsto unas cuantas millas; en caso de desorientación, mientras que se toma conciencia de la misma y se deciden las pautas a seguir, el avión sigue volando y tragando millas. Cuanto más alta sea la velocidad mayores deben ser el rigor y la precisión en la navegación.
- **Meteorología.** Las condiciones meteorológicas afectan a todos los medios de transporte en mayor o menor medida, pero en el caso de los aeroplanos juegan un papel fundamental. La falta de visibilidad impide ver con claridad las peculiaridades del terreno, una tormenta puede obligarnos a desviarnos de la ruta y aterrizar en un aeródromo alternativo e incluso tener que realizar un aterrizaje de emergencia; la capacidad de soportar vientos de cierta intensidad es limitada; el viento nos puede desviar de la ruta prevista; la presencia de nubes bajas puede obligarnos a mantener una altitud menor a la prevista y si esta no es suficiente para sortear los posibles obstáculos obligarnos a cambiar de ruta o dar la vuelta; etc.
- **Normativas.** Existen reglamentos y normas a cumplir, pero en el aire no hay señales de tráfico que prohíban nada, señalen alguna dirección, o aconsejen una determinada velocidad o altitud. Sería fantástico ir volando y encontrarse con señales del tipo "Bienvenido a Teruel", "Atención: altitud mínima 7500 pies", "Peligro: área de maniobras de aviones militares", o que al menos todos los pueblos tuvieran escrito su nombre en letras grandes y claras sobre algún lugar fácilmente visible, pero la realidad no es esa.

7.1.3 Métodos básicos de navegación.

Además de una planificación previa, cuyos detalles se explican en capítulos posteriores, para navegar eficazmente el piloto necesita determinar la posición relativa del aeroplano respecto a la superficie terrestre y dirigirlo en la dirección apropiada. Ambas cosas pueden hacerse mediante uno cualquiera de los siguientes métodos:

- **Navegación observada** (pilotage). El piloto determina la posición actual y la dirección a seguir, observando las referencias en la superficie terrestre y reconociéndolas sobre la carta. Estas referencias usualmente corresponden a los aspectos más relevantes del terreno (ríos, carreteras, lagos, etc.).
- **Navegación a estima** (dead reckoning). Calculando el tiempo transcurrido volando en una determinada dirección y la velocidad respecto al suelo, el piloto "estima" tanto la posición actual como la dirección a seguir.
- **Radionavegación**. También denominada navegación por instrumentos, aunque personalmente prefiera el término "navegación asistida por instrumentos", se refiere a la navegación realizada en función de las indicaciones de los equipos de navegación instalados a bordo. Existe una gran variedad de sistemas de instrumentos, unos basados en la recepción de señales de estaciones terrestres (VOR por ejemplo), otros de señales procedentes de satélites (GPS por ejemplo), otros que son autónomos y no necesitan de señales externas (sistema inercial por ejemplo), etc.
- **Otros**. Existen otros métodos de navegación, como por ejemplo la celestial, basada en referencias a los cuerpos celestes, pero dado que no están extendidos ni son frecuentes en aviación ligera, pasaremos por alto dichos métodos.

7.1.4 Técnicas combinadas.

La combinación de navegación visual y a estima es muy potente; los cálculos de la estima ayudan a establecer los próximos puntos de la ruta, el rumbo a seguir y el tiempo previsto en alcanzarlos, mientras que la navegación visual permite reconocer la posición actual con certeza, de manera que los pequeños e inevitables errores de estimación no se acumulen. De hecho, ambos métodos son tan interdependientes que constituyen esencialmente uno único, conocido como navegación observada y a estima. Si a ello le añadimos la utilización de procedimientos basados en instrumentos de navegación, con este "cóctel" la navegación será más cómoda y segura.

Como piloto, no se autolimita a una sola técnica de navegación, no vacile en combinar navegación visual a estima y navegación por instrumentos. Por ejemplo, puede utilizar la señal de un VOR para mantener el rumbo, y calcular tiempo y distancia desde el último sitio conocido para chequear su progresión sobre la ruta. De la misma forma, puede navegar a estima para mantener el rumbo y reconocer el progreso en la ruta ayudándose de las señales VOR. En caso de incertidumbre, las ayudas radioeléctricas pueden ayudarle a confirmar o desmentir los cálculos de posición o rumbo obtenidos por el procedimiento de estima.

Si el aeroplano dispone de instrumentos de navegación, el aspirante a piloto se podría preguntar ¿para que aprender otros métodos menos confortables?. Pues bien, aunque navegar por instrumentos es relativamente fácil, cómodo y seguro, fiar nuestra navegación exclusivamente a los instrumentos no parece muy de sentido común: además de que son susceptibles de averiarse, dependen de un suministro eléctrico. Si Vd. navega habitualmente con un GPS por ejemplo, encontrará que no hay razón para hacerlo de otra manera, pero si este se avería o lo que sería más trágico, se le acaban las pilas, la navegación observada y/o a la estima serán las que literalmente le salven el pellejo.

El proceso de aprendizaje, debería razonablemente ser escalonado, comenzando por adquirir experiencia en navegación conforme a los métodos básicos (observada y a la estima), para después perfeccionar y ampliar esta experiencia navegando con radioayudas, y si llega el caso culminar el proceso navegando con sistemas exclusivamente basados en instrumentos, pero en ningún caso despreciando u olvidando los sistemas básicos. Primero, aprenda a navegar con un mapa, un reloj y una brújula; después con los instrumentos electrónicos; no fíe su destino a la carga de unas pilas.

7.1.5 VFR e IFR.

Antes de pasar a otros capítulos, conviene aclarar algunas diferencias entre VFR (Visual Flight Rules) que se traduce por "Reglas de Vuelo Visual", e IFR (Instrument Flight Rules) que se traduce por "Reglas de Vuelo por Instrumentos".

Las denominaciones puede que sean algo engañosas e induzcan a pensar, por ejemplo, que cuando se vuela con instrumentos se está volando en IFR; o que si se navega a estima, se está volando en VFR. No es así ni mucho menos; nada le prohíbe al piloto utilizar todos los instrumentos a su alcance volando en VFR, o que en IFR el piloto quiera chequear la posición indicada observando las marcas en el terreno. Que un vuelo pueda realizarse en "visual" o en "instrumental" depende principalmente de si las condiciones ambientales posibilitan volar por referencias "visuales" o por el contrario fuerzan a volar por instrumentos. Por ejemplo, en VFR no se puede volar dentro de nubes porque no hay referencias visuales (ni del terreno ni de la posición del avión respecto al horizonte).

La primera diferencia, estriba en las condiciones meteorológicas. Si estas son "buenas" tal como lo define el Reglamento de Circulación Aérea (que llamaremos en adelante R.C.A.), entendiendo como "buenas" una visibilidad y una distancia a la base de las nubes mínimas, se puede volar en VFR. Si esas condiciones mínimas no se cumplen, el vuelo ha de ser obligatoriamente IFR. Digamos que hay dos niveles de restricción: uno en el cual se puede volar VFR, y por supuesto también IFR, y otro más estricto en el cual solo se puede volar IFR.

CONDICIONES DE VISIBILIDAD Y DISTANCIA DE NUBES PARA VUELOS VFR					
Clase de espacio aéreo	A	B	C-D-E	F - G	
				Con altitud por encima del mayor de los valores: - 900 mt (3000 ft) AMSL o - 300 mt (1000 ft) AGL	Con altitud igual o menor al mayor de los valores: - 900 mt (3000 ft) AMSL o - 300 mt (1000 ft) AGL.
Distancia de las nubes	NO VFR	Libre de nubes	1500 mt horizontalmente 300 mt (1000 ft) verticalmente.		Libre de nubes y a la vista de la superficie
Visibilidad de vuelo	NO VFR	8 km. a 3050 mt (10000 ft) AMSL o por encima 5 km. por debajo de 3050 mt (10000 ft) AMSL		5 km.	

Fig.8.1.1 - Tabla de mínimos VFR

La fig.8.1.1 muestra las condiciones mínimas de visibilidad adelante y distancia a las nubes que deben darse para volar en VFR en cada clase de espacio aéreo. Por ejemplo: en un espacio de clase G, con una altitud superior a 300 metros (1000 pies) por encima del suelo (AGL) y una lectura de altímetro mayor de 3000 pies, la distancia mínima a las nubes (si hubiera) debe ser de 1500 metros en horizontal y 300 en vertical para poder volar en VFR. La visibilidad, debería ser como mínimo de 8 km. a 10.000 pies o más de altitud, y de 5 km. con altitudes menores. Si no se puede cumplir alguno de los mínimos anteriores, el vuelo debe hacerse en IFR.

Mantener la separación vertical de las nubes, no puede suponer nunca volar tan bajo que se viole la norma fundamental sobre altitud mínima de vuelo. Si no puede mantener esta altitud mínima a la vez que la separación adecuada de las nubes no puede volar en VFR.

El segundo condicionante, mostrado también parcialmente en las figs. 8.1.1 y 8.1.2, radica en los espacios en los cuales se puede volar en VFR, y bajo que condiciones. La fig. 8.1.2 muestra otros criterios adicionales impuestos por el R.C.A., tales como limitaciones de velocidad, necesidad o no de autorización, obligatoriedad de equipos de radio, etc. para operar en VFR según cada clase de espacio aéreo. Estos y otros detalles se tratarán en la sección correspondiente a Control del Espacio Aéreo.

Clase de espacio aéreo	A	B	C-D	E-F-G
Autorización	NO VFR	ATC		No necesaria
Radio		Obligatoria		No necesaria
Limitación de velocidad		No	250 KIAS por debajo del nivel FL100	

Fig.8.1.2 - Otros requerimientos VFR

El tercer factor, reside en las altitudes de vuelo. El R.C.A. especifica una serie de reglas sobre altitudes de vuelo, las cuales son ligeramente diferentes para VFR e IFR. Los vuelos VFR en vuelo horizontal de crucero, cuando operen por encima de 3000 pies por encima del suelo (AGL - Above Ground Level), se efectuarán con una altitud que dependerá de su ruta magnética de la forma siguiente:

- En rutas comprendidas entre 000° y 179°, la altitud debe corresponder a una cifra cuya cantidad de miles sea **IMPAR**, a la cual se le agregan 500 pies (p.ejemplo: 3500, 5500, 7500, ...).
- En rutas comprendidas entre 180° y 359°, la altitud a mantener será una cifra cuya cantidad de miles sea **PAR**, a la cual se le agregan 500 pies (p.ejemplo: 4500, 6500, 8500, ...).

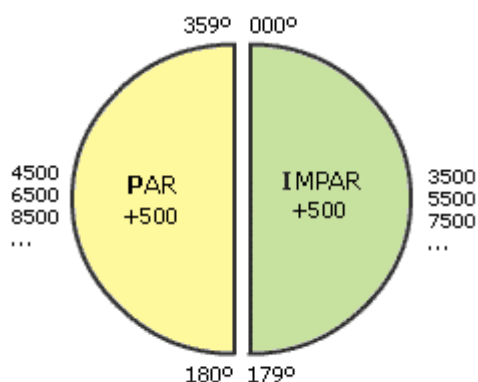


Fig.8.1.3 - Altitudes VFR s/ruta magnética.

Si se fija en la fig.8.1.3 le será fácil memorizar un círculo y la palabra "PI" (Par - I mpar), con lo cual ya tiene una regla nemotécnica para acordarse de esta norma. ¿Que cambia en esta norma para IFR?. Pues que no hay que agregar 500 pies, o sea que en IFR las altitudes son múltiplos exactos de 1000.

Importante: Suponga que al trazar una ruta en el mapa, la dirección magnética para desplazarse de un punto a otro es 005°, pero en vuelo, un fuerte viento cruzado que viene de la izquierda provoca una deriva y para corregirla se ve obligado a mantener rumbo 355°. ¿Que altitud mantener?. Aunque su avión apunta ligeramente al Oeste (rumbo 355°) su trayectoria de vuelo es hacia el Este (ruta 005°), por tanto debe mantener una altitud acorde con esta última, es decir: Impar + 500.

Por último, Vd. no puede volar IFR si no dispone de la calificación aeronáutica pertinente. En España, la licencia de piloto privado habilita para volar en VFR únicamente.

Los pilotos pueden volar IFR aunque las condiciones sean VFR pero no al contrario. Hay ocasiones en que es prudente volar IFR incluso con condiciones VFR; por ejemplo: con un aeroplano monomotor sobre el mar a última hora de la tarde, cuando el horizonte es difícil de discernir.

Resumiendo: Los reglamentos aéreos permiten volar en VFR siempre y cuando se den unas condiciones mínimas de distancia a las nubes y visibilidad, apoyándose en instrumentos y radioayudas según su voluntad. Por debajo de esas condiciones mínimas y en determinados espacios aéreos, solo puede volar en IFR y únicamente si posee la calificación correspondiente.

Sumario:

- Navegación aérea es el proceso de pilotar un aeroplano, dirigiéndolo de un lugar geográfico a otro a través de una ruta establecida y monitorizando su posición a lo largo de la misma.
 - A grandes rasgos navegar requiere: a) definir la ruta a seguir; b) monitorizar el vuelo a lo largo de ella; c) corregir las posibles desviaciones, y d) adoptar procedimientos alternativos en caso de imposibilidad para alcanzar el destino previsto.
 - Se denomina vuelo de travesía a todos aquellos que esencialmente tienen lugar más allá de la proximidad de un aeródromo.
 - En un vuelo local, ciertas cuestiones como por ejemplo: repostar combustible, tomar la decisión de retornar porque empeoran las condiciones meteorológicas, etc. pueden resolverse con relativa facilidad. En un vuelo de travesía estas cuestiones y algunas otras adquieren una relevancia especial e incluso crítica.
 - Igualmente, mientras que en vuelo local apenas se tiene necesidad de poner en práctica procedimientos de navegación, en vuelo de travesía una buena navegación es fundamental.
 - La navegación aérea presenta algunas características propias, derivadas del propio aparato y del medio en que este se mueve. Estas particularidades son entre otras: el avión no puede detenerse en vuelo; la autonomía es limitada y si el combustible se agota el aeroplano se cae; la velocidad dificulta la navegación y obliga a una mayor precisión; las condiciones meteorológicas juegan un papel preponderante; en el aire no hay señales que nos recuerden u obliguen a cumplir las normas y reglamentos; etc.
 - Los métodos de navegación básicos son: navegación visual, a estima, y ayudada por instrumentos. Estos métodos de navegación no son excluyentes entre si, son complementarios.
 - El proceso de aprendizaje de la navegación conviene que sea escalonado, de forma que cuando el piloto culmine su experiencia y sea capaz de navegar basándose únicamente en instrumentos, en caso de inutilización de los mismos por cualquier causa, pueda navegar una ruta y llegar a su destino con seguridad mediante los métodos básicos.
 - Volar en VFR (Visual Flight Rules) o en IFR (Instrumental Flight Rules) no depende de que el vuelo se base en la utilización o no de instrumentos y radioayudas, sino de las condiciones mínimas de visibilidad, distancia a mantener de las nubes, y de la clase de espacio aéreo en que se vuele.
 - Existen unos mínimos establecidos para volar en "visual" por debajo de los cuales solo se puede volar en "instrumental".
 - Si no puede mantenerse alejado verticalmente de las nubes sin violar la norma establecida sobre altitud mínima a mantener, no puede volar en VFR.
 - Para determinar el nivel o altitud de vuelo recuerde la imagen de un círculo con la palabra "PI" en su interior; en el semicírculo de la izquierda (Oeste) la P de par y en el de la derecha (Este) la I de impar.
 - La autoridad aérea competente puede en determinados casos, autorizar un vuelo VFR aun cuando las condiciones estén por debajo de las mínimas reglamentadas; no obstante, sea consciente de que la responsabilidad última sobre la nave y sus ocupantes recae sobre el piloto.
 - Para volar IFR es obligatorio poseer la calificación correspondiente.
 - Los pilotos pueden volar IFR aunque las condiciones sean VFR pero no al contrario. En ocasiones puede ser prudente volar IFR incluso con condiciones VFR.
-

NAVEGACIÓN

7.2 LATITUD Y LONGITUD.

En el capítulo anterior vimos que para poder desplazarse de un punto a otro (navegar) es imprescindible al menos: determinar la situación geográfica de los lugares origen y destino; calcular la dirección de vuelo para llevar al aeroplano de un lugar a otro, y por último computar la distancia entre ambos lugares. Todas estas operaciones tienen como referencia el planeta en que vivimos: la Tierra.

7.2.1 El planeta Tierra.

La Tierra es el tercer planeta del sistema solar en orden creciente de distancias al sol y el quinto en tamaño dentro de este sistema. La acción de las fuerzas gravitacionales lo han moldeado dándole una forma muy semejante a la de una esfera achatada por los polos y abombada en el ecuador, esfera cuyas dimensiones son aproximadamente:

- * El diámetro ecuatorial mide 12.756 Km. y el polar 12.715 Km.
- * La longitud de la circunferencia ecuatorial es de 40.075 Km. y la de un meridiano 40.008 Km.

De los datos anteriores se deduce que el achatamiento de la Tierra es muy pequeño por lo que a efectos prácticos se la suele considerar y representar como una esfera.

Como los demás planetas del sistema solar, la Tierra está sometida a la dinámica celeste mostrando dos movimientos principales; uno de traslación alrededor del Sol y otro de rotación sobre su eje. Ambos movimientos están perturbados en parte por otros dos movimientos menores denominados precesión y nutación.

En su movimiento de traslación, la Tierra describe una órbita elíptica que recorre en 365,142 días, distando del Sol unos 147 millones de Km. en su punto más cercano de la órbita (Enero) y unos 152 millones de Km. en su punto más alejado (Julio). Esta diferencia no es lo suficientemente grande para que afecte al clima del planeta (la diferencia entre ambas distancias es de solo un 3,5%). De la segunda ley de Kepler "*los vectores radio que unen al Sol con el planeta barren áreas iguales en igualdad de tiempo*", se deduce que la velocidad de traslación del planeta en su órbita no es uniforme, siendo máxima en el *perihelio* (mínima distancia al Sol) y mínima en el *afelio* (máxima distancia al Sol).

La Tierra rota sobre un eje imaginario, que pasa por el centro de la Tierra y cuyos extremos son los polos Norte y Sur, en sentido de Oeste a Este respecto al Sol (por eso le vemos aparecer por el Este y desaparecer por el Oeste) de forma que una misma zona queda expuesta al sol y luego se aleja de él dando lugar a los días y las noches. Este movimiento tiene una duración de 23h 56m y 4 s.

Aunque el eje polar se suele representar vertical por comodidad, en realidad este eje está orientado a la Estrella Polar, lo cual representa una inclinación de 23°30' respecto al plano de traslación.

Si dividimos la Tierra en dos hemisferios, Norte y Sur, a partir del [ecuador](#), la inclinación del eje terrestre produce que en unos tramos de la órbita, los rayos del Sol incidan más directamente sobre un hemisferio que sobre el otro. Este hecho determina las estaciones, la duración del día en distintas latitudes, la diferencia de climas, la dirección de los vientos predominantes, la cantidad de radiación solar y el movimiento aparente de los astros. La diferencia entre las distancias máxima y mínima al Sol (4,8 Mill.Km.) no es lo suficientemente grande como para afectar al clima del planeta; de hecho, la Tierra está más cerca del Sol en Enero que en Julio.

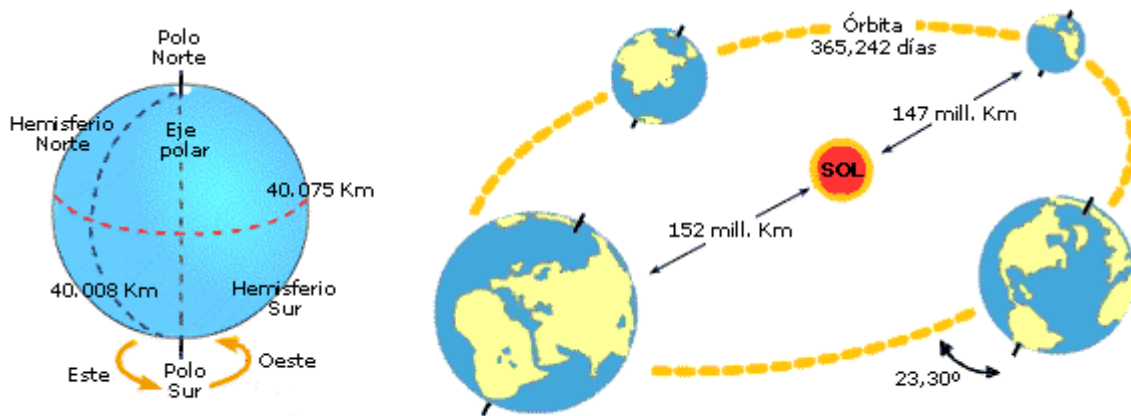


Fig.8.2.1 - La Tierra - Movimientos de rotación y traslación.

7.2.2 Paralelos y meridianos.

Para una mejor comprensión de los conceptos desarrollados seguidamente conviene conocer algunas características geométricas de una esfera:

- * **Círculo máximo.** Es aquel formado por un plano que pasa por el centro de la esfera y la divide en dos partes iguales.
- * **Círculo menor.** Esta formado por la intersección de la esfera con un plano que no pasa por el centro de la misma.
- * En una esfera pueden trazarse infinitos círculos máximos y menores que pasen por un punto, pero solamente uno si la condición es que pase dos puntos.
- * La distancia más corta entre dos puntos de una esfera es un arco de círculo máximo.

Antes de entrar a desarrollar los conceptos de latitud y longitud veamos que son los paralelos y los meridianos.

Paralelos.

Comencemos por el **ecuador**. Este es un círculo *máximo* imaginario *perpendicular* al eje de rotación de la Tierra, que como se ve en la fig.8.2.2 es único, no hay otro con esas características.

Este círculo, equidistante de los polos, divide la Tierra en dos hemisferios: *hemisferio Norte*, semiesfera que abarca desde el ecuador hasta el polo Norte, y *hemisferio Sur*, la otra semiesfera que comprende desde el ecuador hasta el polo Sur.

Al norte y al sur del ecuador y paralelos al mismo, se pueden trazar una sucesión de círculos menores imaginarios que se hacen más pequeños a medida que se acercan a los polos. Estos círculos menores (también el ecuador) reciben el nombre de **paralelos**.

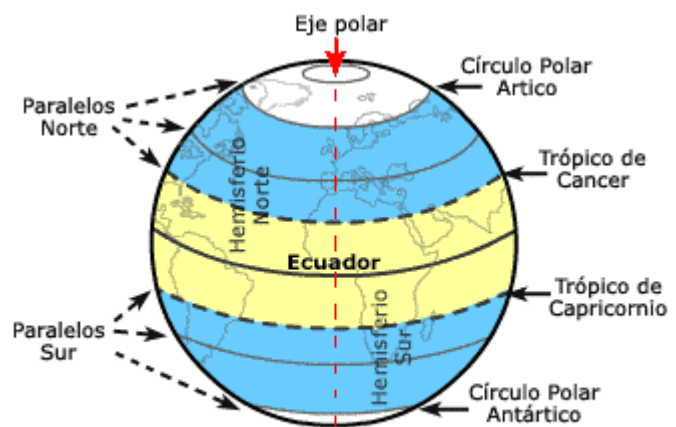


Fig.8.2.2 - Paralelos terrestres

Por cualquier punto de la superficie terrestre se puede trazar un paralelo.

Los paralelos se denominan por su distancia angular (latitud) respecto al ecuador, pero como esto por si solo es impreciso pues no se sabe si esa distancia está al norte o al sur del ecuador (paralelo 0°), se identifican además como paralelos Norte o paralelos Sur según se encuentren al norte o al sur del ecuador respectivamente. En el siguiente párrafo se puede ver entre paréntesis la denominación de cuatro paralelos particulares.

En muchos globos y mapas los paralelos se muestran usualmente en múltiplos de 5°. También suelen indicarse por su especial significado cuatro paralelos concretos:

- * El *Trópico de Cáncer* (23°27'N) y el *Trópico de Capricornio* (23°27'S), los cuales marcan los puntos mas al norte y al sur del ecuador donde los rayos del sol caen verticalmente, es decir, son las latitudes máximas que alcanza el sol en su movimiento anual aparente. En el solsticio de junio (21-22 de junio) el sol parece hallarse directamente sobre el Trópico de Cáncer mientras que en el solsticio de diciembre (22-23 de diciembre) el sol parece estar directamente sobre el Trópico de Capricornio.
- * El *Círculo Polar Ártico* (66°33'N) y el *Círculo Polar Antártico* (66°33'S) que marcan los puntos mas al norte y al sur del ecuador donde el sol no se pone en el horizonte o no llega a salir hacia unas fechas determinadas (solsticios). Desde esos círculos hacia los polos respectivos el número de días sin sol se incrementan y luego disminuyen hasta el punto que en los polos se suceden seis meses de oscuridad con otros seis meses de luz diurna.

Resumiendo: Los paralelos sirven para medir la distancia angular de cualquier punto de la superficie de la Tierra en dirección Norte o Sur respecto a la línea imaginaria del ecuador.

Meridianos.

Se trata de semicírculos que pasando por los polos son perpendiculares al ecuador, algo parecido a los gajos de una naranja.

Cada meridiano esta compuesto por dos semicírculos, uno que contiene al meridiano considerado y otro al meridiano opuesto (antimeridiano). Cada meridiano y su antimeridiano dividen la tierra en dos hemisferios, occidental y oriental. El oriental será el situado al este del meridiano considerado y el occidental el considerado al oeste.

Un meridiano "especial" es el de Greenwich, el cual divide la tierra en dos hemisferios: Este u oriental situado al este de dicho meridiano y hemisferio Oeste u occidental al oeste del mismo. Los meridianos se denominan, de manera similar a los paralelos, por su distancia angular (longitud) respecto al meridiano de Greenwich y para evitar imprecisiones se denominan meridianos Este u Oeste según estén al este o al oeste de aquel meridiano.



Fig.8.2.3 - Meridianos terrestres.

Por cualquier punto de la superficie terrestre se puede trazar un meridiano.

Resumiendo: Los meridianos sirven para medir la distancia angular de cualquier punto de la superficie de la Tierra en dirección Este u Oeste respecto al meridiano 0° (Greenwich).

7.2.3 Latitud y longitud.

De la misma manera que para determinar la posición de un punto cualquiera sobre un plano se utiliza un sistema de coordenadas (1) cartesianas, para localizar con exactitud cualquier punto de la superficie terrestre nos servimos de un sistema de coordenadas geométricas expresadas mediante una pareja de números denominados latitud y longitud que expresan mediciones angulares sobre la superficie de una esfera.

La Tierra tiene forma de esfera y como tal, lo mismo que los ángulos o los círculos, se puede medir también en grados; así, representada sobre globos o mapas, la Tierra está dividida en 360° . La ventaja que tiene emplear expresiones angulares, es que el ángulo formado por dos rectas es independiente de la longitud de estas. Por ejemplo, en navegación astronómica no importa la distancia a que se encuentren los astros de referencia, importa el ángulo que forman respecto al lugar de observación.

Cualquier lugar de la tierra puede ser situado exactamente por la intersección de un meridiano y un paralelo, es decir por dos números (coordenadas) que representan la latitud y la longitud de ese lugar, indicando cada número la cantidad de grados Norte o Sur desde el ecuador (latitud) y Este u Oeste desde el meridiano 0° (longitud). Así pues, latitud y longitud son expresiones angulares, indicadas en grados, minutos y segundos; cada grado (indicado por el símbolo $^\circ$) se divide en 60 minutos (indicados por el símbolo ' comilla simple) y cada minuto en 60 segundos (simbolizados por '' comilla doble).

La regla seguida para especificar estas coordenadas, es indicar primero la latitud y luego la longitud; es por comodidad pues no puede haber confusión debido a que las latitudes solo pueden ser Norte o Sur (N o S) y las longitudes Este u Oeste (E u O).

Latitud.

La latitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde los 0° del Ecuador hasta los 90° N del polo Norte o los 90° S del polo Sur. Como podemos ver en la fig.8.2.4, si trazamos una recta que vaya desde el punto **P** hasta el centro de la esfera **O**, el ángulo **a** que forma esa recta con el plano ecuatorial expresa la latitud de dicho punto.

El ecuador es el origen de latitud (paralelo 0°), o sea que la distancia angular Norte-Sur de cualquier punto se entiende medida desde el plano ecuatorial. El ecuador esta a 0° de latitud y los polos a 90° N (polo Norte) y 90° S (polo Sur). El valor máximo de la latitud es por tanto de 90° , y cualquier punto en la línea del ecuador tendrá una latitud 0° .

Los grados de latitud están espaciados regularmente, pero el ligero achatamiento de la Tierra en los polos causa que un grado de latitud varíe de 110.57 Km. (68.80 millas) en el ecuador hasta 111.70 Km. (69.41 millas) en los polos.

El término latitud también es utilizado en sistemas de coordenadas celestiales.

Tradicionalmente, la latitud se obtenía mediante un sextante o cualquier otro instrumento capaz de medir el ángulo entre el horizonte y cualquier cuerpo celestial, por ejemplo la estrella Polar. Se podía determinar la latitud mediante tablas que daban la posición del Sol y otros cuerpos celestes según fecha y hora (almanaque). Como todos los puntos de cualquier paralelo equidistan del ecuador, la latitud es la misma a lo largo de todo el.

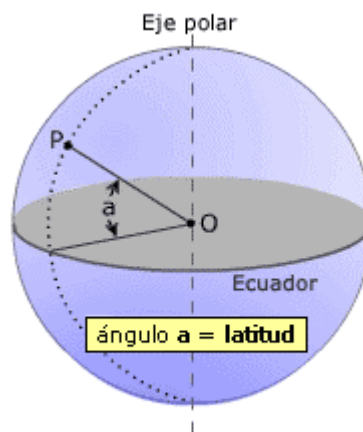


Fig.8.2.4 - Latitud de un punto P.

Resumiendo: Latitud es la distancia angular desde el ecuador a un punto dado de la superficie terrestre. Puntos situados al norte del ecuador tienen latitud Norte (N), los situados al Sur tienen latitud Sur (S).

Longitud.

Aunque el Ecuador fue una elección obvia como referencia de latitudes, dado que es el mayor círculo perpendicular al eje Norte/Sur, no sucedía lo mismo con los meridianos pues todos son círculos máximos. La latitud era posible calcularla desde tiempos inmemoriales en la forma que se ha indicado, quizá por eso los grandes viajes de navegación hasta Colón se hicieron casi siempre en dirección Norte-Sur. Pero para conocer la posición Este-Oeste era necesario sobre todo tener un cronómetro lo suficientemente preciso y que no fuera afectado por las oscilaciones de la nave. Tomando la posición del sol a mediodía (el sol "pasa el meridiano") y la hora exacta en el cronómetro se determina la longitud.

Hasta bien avanzado el siglo XIX cada nación tenía su meridiano origen de longitudes con el resultado que muchos mapas anteriores carecen de unas referencias estandarizadas. El problema fue resuelto en 1884 cuando una comisión internacional designó como meridiano 0° aquel que pasa por el London's Greenwich Observatory (de ahí su denominación) en reconocimiento a su labor investigadora.

La longitud proporciona la localización de un lugar, en dirección Este u Oeste desde el meridiano de referencia 0° , también conocido como meridiano de Greenwich, expresándose en medidas angulares comprendidas desde los 0° hasta 180° E y 180° W.

Se puede ver en la fig.8.2.5, que el ángulo **b** mide la distancia angular del meridiano del lugar **P** con el meridiano 0° (meridiano de Greenwich). Es lo mismo medir este ángulo sobre el círculo del ecuador que sobre el círculo del paralelo que pasa por el punto **P**, el valor angular de **b** es igual en ambos casos. En el ejemplo de esta figura, la longitud es Oeste (W) puesto que el meridiano del punto **P** está al Oeste del meridiano de Greenwich.

Mientras que un grado de latitud corresponde a una distancia casi idéntica (entre 110.57 y 111.70 Km.), no sucede lo mismo con un grado de longitud dado que los círculos sobre los cuales se miden convergen hacia los polos. En el ecuador, un grado de longitud equivale a 111,32 Km. (69.72 millas) que es el resultado de dividir la circunferencia ecuatorial entre 360° .

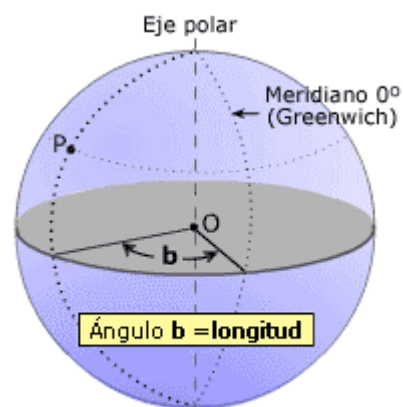


Fig.8.2.5 - Longitud de un punto P.

Resumiendo: Longitud es la distancia angular desde el meridiano 0° (Greenwich) a un punto dado de la superficie terrestre. Los lugares situados al Oeste del meridiano 0° (Greenwich) tienen longitud Oeste (W) mientras que los situados al Este de aquel meridiano tienen longitud Este (E).

Notas.

Salvo que disponga de un GPS, no existe en los aviones ligeros ningún instrumento convencional que indique latitud y longitud ni nada que se le parezca. Entonces ¿que efecto práctico tiene aprender todo esto?. En primer lugar porque es muy posible que en algún test le salga alguna pregunta a este respecto; en segundo, porque no parece razonable querer saber de navegación ignorando conceptos tan básicos, y en tercer lugar porque es conveniente que conozca que son esas líneas verticales (meridianos) y horizontales (paralelos) que aparecen en los mapas junto con unos números (coordenadas).

Si latitud y longitud no son muy utilizadas en navegación aérea es precisamente por la falta de instrumentos que proporcionen tal dato; sin embargo en navegación marítima son muy utilizadas, piense que en la inmensidad del mar no hay referencias visuales. Gracias a esta información por ejemplo, el Titanic informó que había colisionado con un iceberg en las coordenadas 41°33'N 50°01'W (Atlántico Norte), lugar al que acudieron en su socorro los buques que navegaban por la zona.

Sumario:

- * Latitud y longitud son los componentes de un sistema de coordenadas que sirven para precisar la localización de cualquier lugar sobre la superficie terrestre.
- * Aunque es algo achatada por los polos, la Tierra se representa como una esfera. El planeta en que vivimos, tiene dos movimientos principales: uno de rotación alrededor del sol que dura un año y otro alrededor de su eje polar que dura un día.
- * El eje polar de la Tierra está inclinado 23°30' respecto al plano de traslación. Este hecho da lugar a las diferentes estaciones, la duración de los días y las noches, los diferentes climas, los vientos predominantes, etc.
- * El ecuador es el círculo máximo perpendicular al eje terrestre. Este círculo divide al planeta en dos hemisferios: hemisferio Norte y hemisferio Sur según esté al Norte o al Sur del ecuador respectivamente, y es el origen de latitudes (latitud 0°).
- * Los círculos menores paralelos al ecuador se denominan precisamente eso: paralelos. Por cualquier lugar de la superficie terrestre se puede trazar un paralelo.
- * Los paralelos se denominan por su distancia angular (latitud) respecto al ecuador, y para obviar imprecisiones se identifican además como paralelos Norte o paralelos Sur según se encuentren al norte o al sur del ecuador respectivamente.
- * Los paralelos sirven para medir la distancia angular de cualquier punto de la superficie de la Tierra en dirección Norte o Sur respecto a la línea imaginaria del ecuador que es el paralelo 0°.
- * Los meridianos consisten en semicírculos que pasando por los polos son perpendiculares al ecuador. Cada meridiano esta compuesto por dos semicírculos, uno es el meridiano considerado y otro el meridiano opuesto (antimeridiano). Cada meridiano y su antimeridiano dividen la tierra en dos hemisferios, occidental y oriental. El oriental situado al este del meridiano considerado y el occidental al oeste. Por cualquier punto de la superficie terrestre se puede trazar un meridiano.
- * El origen de meridianos es el meridiano 0° o de Greenwich el cual divide la tierra en dos hemisferios: Este u oriental situado al este de dicho meridiano y hemisferio Oeste u occidental al oeste del mismo. Los meridianos se denominan por su distancia angular (longitud) respecto al meridiano de Greenwich y para evitar imprecisiones se denominan meridianos Este u Oeste según estén al este o al oeste de aquel meridiano.
- * Los meridianos sirven para medir la distancia angular de cualquier punto de la superficie de la Tierra en dirección Este u Oeste respecto al meridiano 0° (Greenwich).
- * Cualquier lugar de la tierra puede ser situado exactamente por la intersección de un meridiano y un paralelo, es decir por dos números (coordenadas) que representan la latitud y la longitud de ese lugar.
- * Latitud y longitud son expresiones angulares, indicadas en grados, minutos y segundos; cada grado se divide en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. La regla seguida para especificar estas coordenadas, es indicar primero la latitud y luego la longitud.
- * Un grado de latitud corresponde a una distancia entre 110.57 y 111.70 Km. debido al achatamiento de la tierra, sin embargo un grado de longitud no tiene medida concreta dado que los círculos sobre los cuales se miden convergen hacia los polos. En el ecuador, un grado de longitud equivale a 111,32 Km. (69.72 millas) que es el resultado de dividir la circunferencia ecuatorial entre 360°.

(1). Las coordenadas son grupos de números que describen una posición: a lo largo de una línea, en un plano o en el espacio tridimensional. Latitud y Longitud o Ascensión recta y Declinación son sistemas de coordenadas en la superficie de una esfera, en el globo terráqueo o en el globo celeste.