



6.- NAVEGACIÓ AÈRIA

ÍNDEX

6.1 CARTOGRAFIA. CARTES AERONÀUTIQUES

- **6.1.1. La Terra.**
 - a) Forma.
 - b) Dimensions.
 - c) Eixos de moviments.
 - d) Pols geogràfics.
 - e) Cercles màxims i Cercles menors.
 - f) Latitud i Longitud. Coordenades geogràfiques.
 - g) Pols Magnètics. Declinació.
 - h) Distància. Milla nàutica.
- **6.1.2. Representació de les formes del terreny.**
 - a) Projeccions.
 - b) Classificació de les projeccions.
 - c) Ruta ortodròmica. Ruta loxodròmica.
- **6.1.3. Principals cartes aeronàutiques.**
 - a) Projecció cilíndrica de Mercator.
 - b) Projecció cònica de Lambert.
 - c) Altres projeccions especials.
 - d) Propietats d'una carta aeronàutica.
 - e) Informació a les cartes aeronàutiques.
- **6.1.4. Escales, Rumbs i distàncies.**
 - a) Escala.
 - b) Medició de direccions.
 - c) Medició de distàncies.

6.2 NAVEGACIO VISUAL.

- **6.2.1. Navegació observada.**
- **6.2.2. Navegació a estima.**
- **6.2.3. Navegació observada i a estima.**
 - a) Ús de la carta aeronàutica.
 - b) Línies de posició.
- **6.2.4. Tècnica i procediments.**
 - a) Traçat de la ruta.
 - b) Triangle de velocitats.
 - c) Rumb magnètic i rumb d'agulla.

6.3 DESORIENTACIÓ.

- **6.3.1. Actuació i possibles solucions.**

6.0 INTRODUCCIÓN

El requisito fundamental para desplazarse por el aire de un lugar a otro, y llegar con éxito al punto de destino predeterminado, es tomar la dirección correcta.

La aparente sencillez de esta afirmación se vuelve en la práctica algo más compleja ya que intervienen una serie de variables de tipo atmosférico, geográfico, magnético y mecánico que deben ser bien conjugadas para que la obtención del rumbo a tomar no sea errónea.

Además, como aunque viajemos por el aire lo que hacemos es ir de un punto de la superficie terrestre a otro, nos interesa saber nuestra velocidad de desplazamiento sobre el suelo para así saber con exactitud el tiempo total que tardaremos en recorrer la distancia que separa los dos puntos, así como nuestra situación en cada momento, ya que:

$$\mathbf{D = GS \times T}$$

Donde: D = Distancia recorrida
 GS = Velocidad sobre el suelo
 T = Tiempo de vuelo

Por tanto, rumbo, velocidad y tiempo son los parámetros básicos de la navegación aérea.

La obtención del rumbo se hará sobre las cartas de navegación a partir de la ruta escogida y, posteriormente, corregidas por la declinación y el desvío.

La velocidad sobre el suelo se calculará partiendo de la velocidad verdadera (TAS) al nivel de vuelo previsto y el viento conocido, por medio del "triángulo de velocidades".

La finalidad de la navegación aérea es establecer una ruta entre un lugar y otro, conociendo en todo momento nuestra posición respecto a esa ruta y al terreno, así como el tiempo que emplearemos en recorrerla. Por lo tanto, la navegación aérea consiste en unir dos puntos en las mejores condiciones de seguridad, economía y tiempo.

6.1 CARTOGRAFÍA. CARTAS AERONÁUTICAS

Introducción.

La cartografía es la materia que trata sobre la obtención de cartas de navegación, es decir, de planos bidimensionales que representan, a una escala determinada, las formas y elementos significativos del terreno.

En este capítulo profundizaremos en las características de la Tierra y en aquellos elementos reales e imaginarios que la componen. Esto nos dará, en primer lugar, una serie de conocimientos que son básicos para la navegación aérea, y en segundo lugar, nos permitirá comprender mejor las diferentes maneras de obtener las cartas y sus principales características.

A continuación, veremos las cartas de navegación más utilizadas y el modo en que hay que usarlas, para así poder planificar y ejecutar correctamente los viajes.

6.1.1. La Tierra.

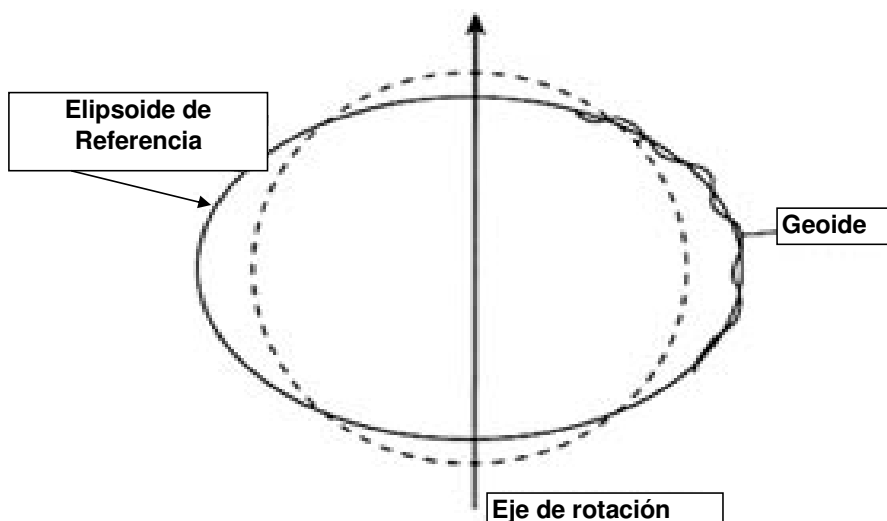
a) Forma.

La forma de la Tierra es, aproximadamente, la de una esfera achatada por los polos, aunque la realidad es que tiene una forma más compleja que se denomina **geoide**.

La superficie de este geoide es la que resulta de prolongar por debajo de los continentes el nivel medio de los mares en calma.

Su forma irregular (no sigue ninguna ley geométrica) lo hace poco propicio tanto para el estudio de la superficie terrestre como para proyectar en él, su detalles. No es, por tanto, una buena superficie de referencia.

Por ese motivo se toma como referencia de proyección un elipsoide, que es una superficie de revolución generada al girar una elipse alrededor de su eje menor, llamado **Elipsoide de Referencia**.



b) Dimensiones.

Para los estudios cartográficos consideraremos la Tierra, según el **Elipsoide de Hayford**. Las dimensiones de la Tierra, a partir de ese modelo, son:

Radio Ecuatorial.....	6.378,288 Km.
Radio Polar.....	6.356,812 Km.
Achatamiento.....	1/297
Circunferencia de meridiano.....	40.009,1 Km.
Circunferencia del Ecuador.....	40.076,5 Km.
Superficie.....	510.100.000 Km ² .

c) Ejes de movimiento.

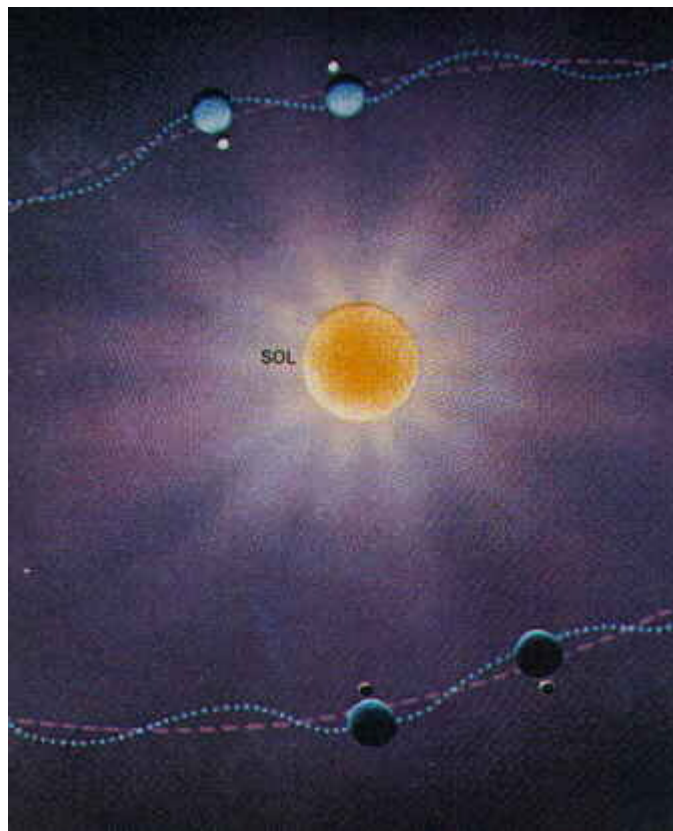
La Tierra gira alrededor del Sol en un movimiento llamado de **traslación** con una trayectoria elíptica. A la vez gira sobre su propio eje en el llamado movimiento de **rotación**. La rotación se produce de Oeste a Este y esto es lo que da lugar a que el Sol, la Luna y los demás astros aparezcan por el Este y desaparezcan por el Oeste. El eje de rotación tiene una inclinación con respecto al plano de traslación de 23° 27'.

La combinación del movimiento de traslación y el de rotación, unido a la inclinación del eje de rotación, determina las estaciones, la duración del día, la diferencia de climas, la dirección de los vientos predominantes, la cantidad de radiación solar y el movimiento aparente de los astros.

Els moviments de La Terra

- **Translació:** La trajectòria al voltant de sol és el·líptica. El Sol està situat en un del focus. El moment en que es troben més a prop la Terra i el Sol es correspon amb el *solstici d'hivern*. La volta completa dura 365 dies i 6 hores. El "pico" de 6 hores té molta importància a la nostra vida quotidiana. Per simplificar contem 1 any cada 365 dies justos. Això significa que canvien d'any sis hores abans de completar la revolució. Després de quatre anys aquesta avançada de 24 hores la compensem posant un dia més al mes de febrer i d'aquesta manera compaginar el moviment de la Terra al voltant del Sol i el calendari.

Pera ser rigorosos l'el·lipse no la descriu la Terra sinó el centre de masses del sistema Terra-Lluna. La Terra oscil·la al voltant de la trajectòria del centre de masses.



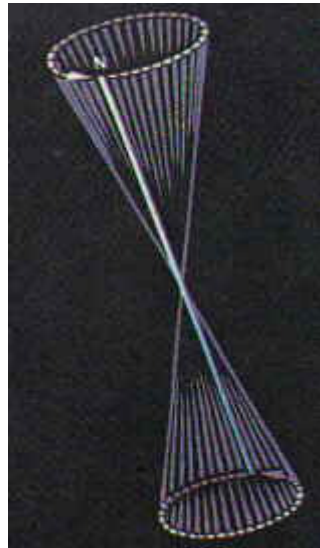
En la trajectòria de La Terra al voltant del Sol poden assenyalar-se quatre punts singulars:

- - Dos **equinoccis**, Quan la Terra està en ells, els raigs del Sol incideixen perpendicularment sobre la superfície de la Terra a l'equador. Això passa el 21 de març i el 21 de setembre. En aquests moments el pla de l'equador terrestre coincideix amb el de l'*eclíptica* (o pla de la translació terrestre).
- - **Solstici d'estiu**, Els raigs solars incideixen perpendicularment sobre la superfície de la Terra en el *tròpic de Càncer*. En aquests moments el pla de l'equador i el de l'eclíptica formen un angle de $23^{\circ}27'$
- - **Solstici d'hivern**, Els raigs solars incideixen perpendicularment sobre la superfície de la Terra en el *tròpic de Capricorn*. En aquests moments el pla de l'equador i l'eclíptica formen un angle de $23^{\circ}27'$

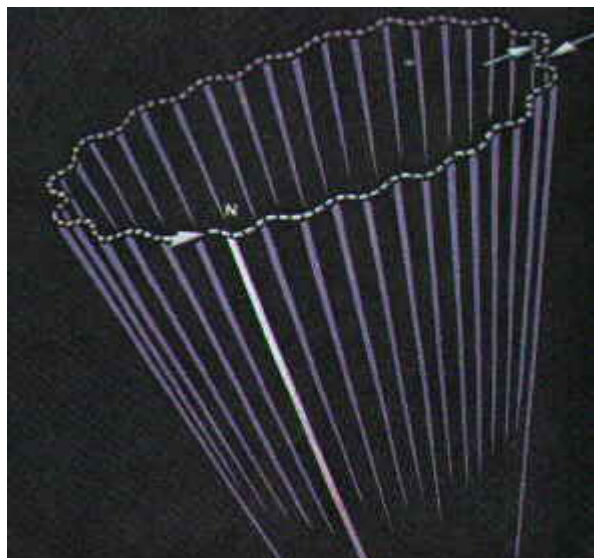
- **- Rotació:** La Terra rota al voltant d'un eix perpendicular al pla de l'equador que passa per el centre de la Terra. Triga a completar una volta 24. Aquest moviment és el responsable de la successió de dies i nits a la superfície del planeta.



- **- Precessió:** L'eix de rotació de la Terra també es mou. Té una oscil·lació que el fa generar una superfície bicònica. El període d'aquest moviment és de 28.000 anys.



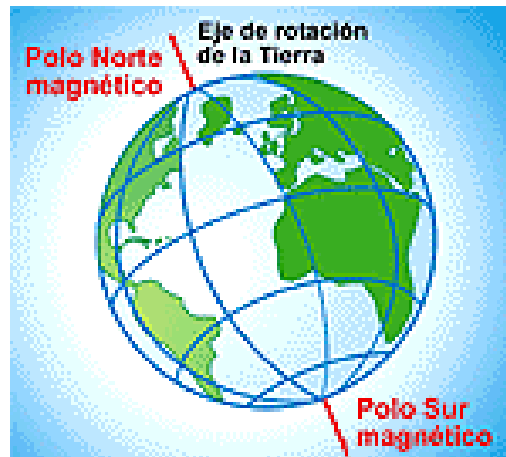
- **- Nutació:** Les bases del con generat per l'eix de gir de la Terra no són cercles perfectes sinó que tenen el contorn ondulat. Aquesta pertorbació la ocasiona La Lluna.



d) Polos geográficos

Al eje imaginario que pasa por el centro de la Tierra y alrededor del cual efectúa la rotación lo llamamos **Eje Terrestre**, y los puntos en los que corta a la superficie terrestre los llamaremos **Polos**.

El **Polo Norte** será aquel desde el cual veríamos girar la Tierra en sentido opuesto a las agujas del reloj y el **Polo Sur** aquel desde el cual la veríamos girar en el mismo sentido que las agujas del reloj.



e) Círculos Máximos y Círculos Menores.

Un plano que cortara la Tierra pasando por su centro determinaría un **Círculo Máximo**. Este Círculo Máximo tendría el mismo diámetro, radio y centro que la Tierra. Asimismo, la Tierra quedaría dividida en dos partes iguales.

Cualquier otro plano que corte la Tierra sin pasar por su centro determinará un **Círculo Menor**.

El Círculo máximo perpendicular al eje terrestre se llama **Ecuador**, y divide la Tierra en dos mitades que llamaremos **Hemisferio Norte** y **Hemisferio Sur**.

Los **meridianos** son semicírculos máximos formados por los planos que cortan la Tierra pasando por el eje terrestre y, por tanto, son perpendiculares al Ecuador. Podemos considerar en cada meridiano el conjunto formado por dos semicírculos máximos, uno el que contiene al observador y el opuesto llamado **antimeridiano**.

Cada meridiano y su antimeridiano dividen la Tierra en los Hemisferios Oriental y Hemisferio Occidental. El oriental será el situado al Este del meridiano considerado y el occidental el situado al Oeste.

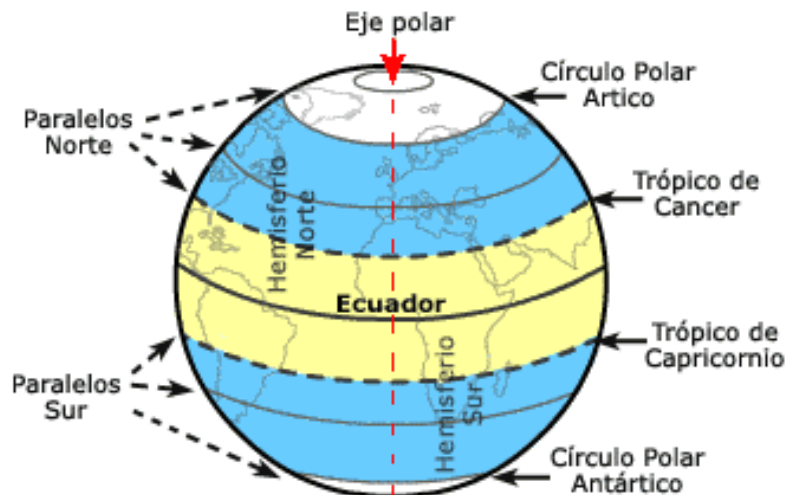
Por cualquier punto de la superficie terrestre podemos trazar un meridiano que se denomina **meridiano del lugar**.



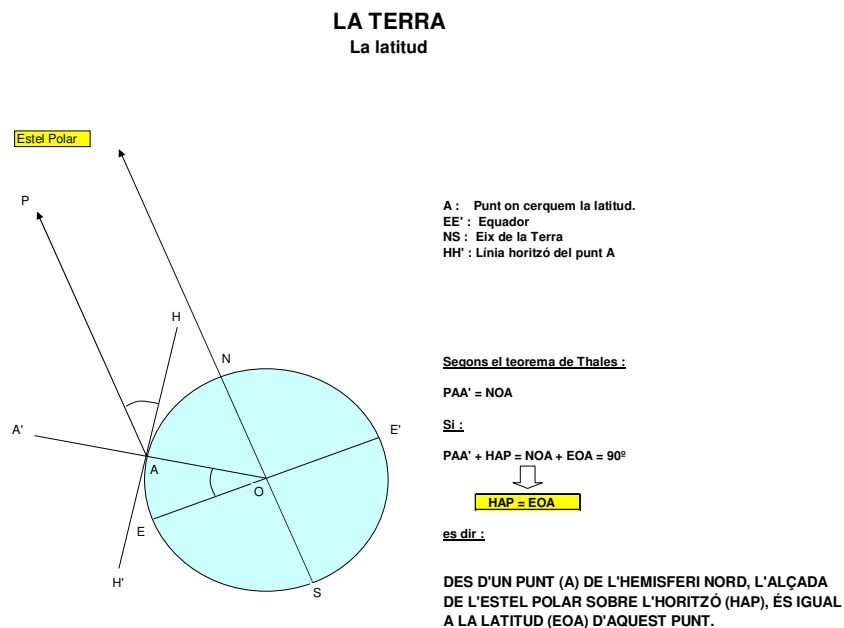
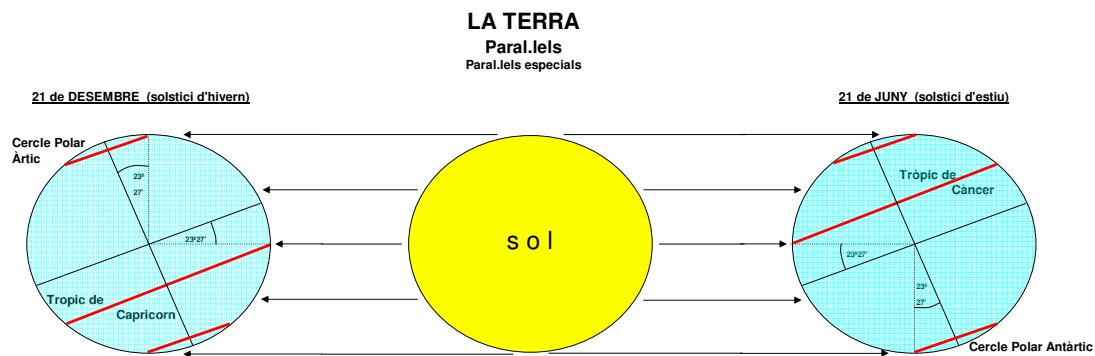
Meridianos terrestres.

Los **paralelos** son círculos menores paralelos al Ecuador. Estos círculos son perpendiculares a los meridianos.

Por cualquier punto de la superficie terrestre podemos trazar un **paralelo del lugar**.



- Paralelos terrestres.



f) Latitud y Longitud – Coordenadas geográficas.

Definimos **latitud** como el arco de meridiano que va desde el Ecuador hasta el punto que queremos definir. La latitud se mide en grados, minutos y segundos y la denominamos Norte o Sur según el punto esté situado al norte al Sur del Ecuador. Por lo tanto, la latitud puede variar entre 0° y 90° , siendo la latitud de cualquier punto que se encuentre sobre el Ecuador $0^\circ 0' 0''$. La latitud del Polo Norte será $90^\circ 0' 0''$ N y la del Polo sur $90^\circ 0' 0''$ S.

Para tener una referencia en relación a la cual podamos denominar a los meridianos se define un meridiano de origen que es el que pasa por el observatorio de Greenwich en Inglaterra. Se le denomina como **Meridiano 0** o **Meridiano de Greenwich**.

La **longitud** se expresa como el arco más corto de Ecuador entre el meridiano del lugar que queremos definir y el meridiano de Greenwich. La longitud de un punto se mide en grados, minutos y segundos y la denominamos Este u Oeste según el punto esté situado al este o al oeste del meridiano 0. De este modo, la longitud varía entre 0° en el meridiano de Greenwich y 180° en su antimeridiano.

Por cualquier punto de la superficie terrestre podemos trazar un paralelo y un meridiano del lugar. Por lo tanto, cualquier punto tiene

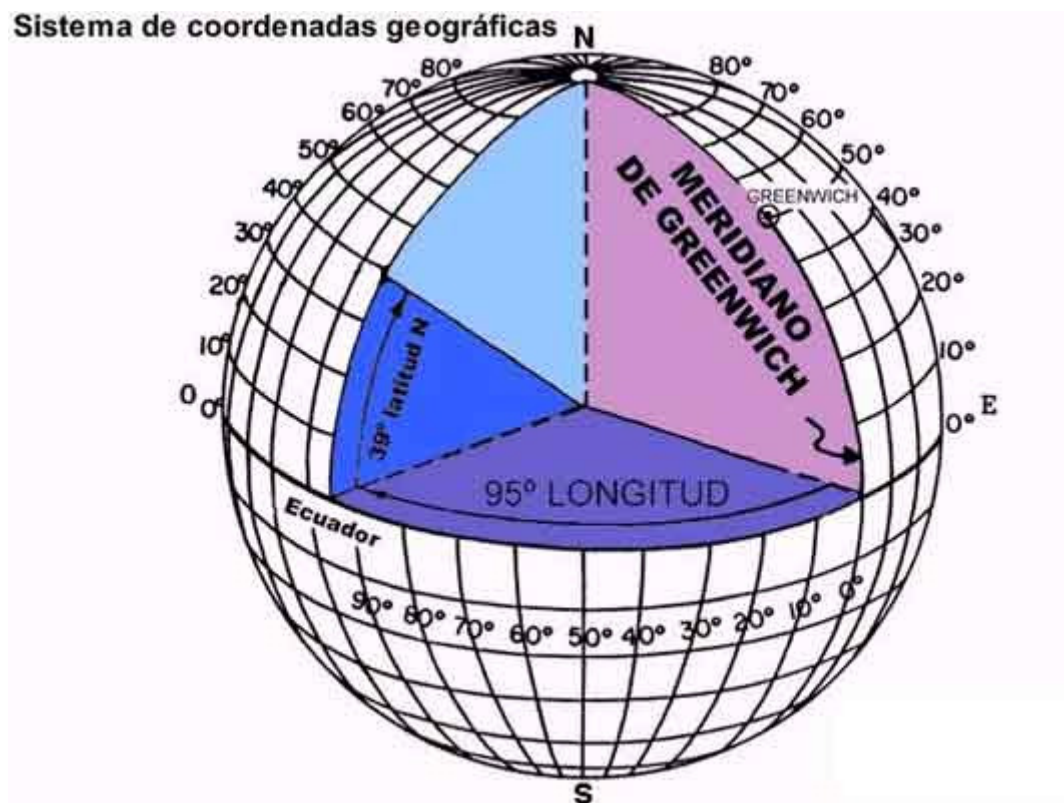
dos **coordenadas geográficas**, una de latitud y otra de longitud que definen exactamente su posición.

Cuando se nombran las coordenadas geográficas de un punto la coordenada de latitud es la primera que se expresa siempre.

Por ejemplo, el aeródromo de Igualada tiene la siguiente posición:

41°35'30" N (Coordenada de latitud)

01°37'33" E (Coordenada de longitud)



g) Polos magnéticos – Declinación.

Las líneas de fuerza del campo magnético terrestre conforman dos **polos magnéticos** que no coinciden exactamente con los polos geográficos. Los polos magnéticos no están diametralmente opuestos y, además, tienen un pequeño desplazamiento anual.

La existencia de los polos geográficos y de los polos magnéticos hace que podamos hablar, asimismo, de **Norte Geográfico (Ng)** y **Norte Magnético (Nm)**, dependiendo de cuál de ellos utilicemos como referencia.

Llamamos ángulo de **declinación** a la diferencia angular entre el Norte geográfico y el norte magnético. La declinación puede ser Este u Oeste y varía según el lugar donde nos encontremos.

Asimismo llamamos **Líneas Isógonas** a las líneas que unen, en una carta, puntos de igual declinación. En muchas cartas de navegación se indica el año de la línea Isógona y la dirección del cambio anual debido al desplazamiento de los polos magnéticos.

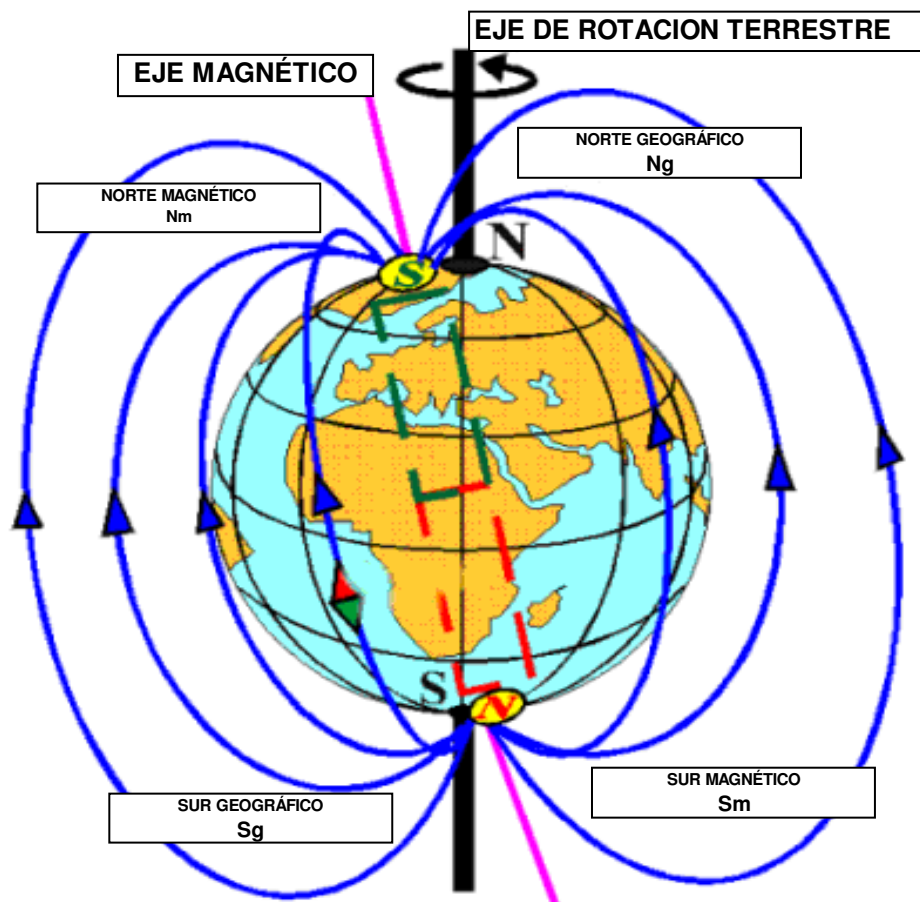
Como bien es de prever, el conocimiento de los polos magnéticos es de vital importancia, ya que uno de los principales

instrumentos para la navegación, la brújula magnética, detecta el Norte Magnético.

Por lo tanto, para traducir el rumbo geográfico que tomamos en la carta, al rumbo magnético que hemos de leer en la brújula para seguir el camino deseado, tenemos que sumarle o restarle la declinación según sea Este u Oeste. Este cálculo lo podemos hacer gráficamente o aplicando la siguiente fórmula:

$$R_m = R_g - (\pm \Delta)$$

Donde: $+\Delta$ si la declinación es Este.
 $-\Delta$ si la declinación es Oeste.



h) Distancia – Milla náutica

La **Milla náutica (NM)** es la unidad de distancia que se utiliza normalmente en navegación. **Equivale a la longitud de un minuto de arco de círculo máximo, y mide 1.852 m.** Por lo tanto, un grado de arco de Ecuador mide 60 NM y todo el Ecuador medirá 3.600 NM.

$$1 \text{ NM} = \frac{\text{Longitud del Ecuador}}{360^\circ \times 60'} = 1.852 \text{ m.}$$

Un minuto de longitud medido en el Ecuador es igual a 1 NM, en cambio, un minuto de longitud medido en cualquier otro paralelo no medirá 1 NM ya que se trata de un arco de círculo menor, y su dimensión será, asimismo, tanto más inferior a 1 NM cuanto más alejado esté del Ecuador. Para calcular cuánto mide 1 minuto de longitud en cualquier latitud, aplicaremos:

$$D = 1 \text{ NM} \times \cos \beta$$

Donde: D = Distancia en NM.
 β = Latitud del punto.

Por ejemplo:

Para el Ecuador, $\beta = 0^\circ$; $\cos \beta = 1$; y D = 1 NM

Para la latitud 60, $\beta = 60^\circ$; $\cos 60 = 0,5$; y D = 0,5 NM.

Un minuto de latitud siempre medirá 1 NM, ya que se mide sobre un meridiano, que es un semicírculo máximo.

6.1.2. Representación de las formas del terreno

a) Proyecciones

Las cartas aeronáuticas son la representación en un plano y a una escala determinada de las formas y de las elevaciones del terreno. Sobre ellas planificaremos nuestra ruta y obtendremos los diferentes rumbos a seguir y las distancias a recorrer.

A continuación veremos cuál es el proceso para su obtención, sus diferentes tipos y características.

Como ya hemos visto, la Tierra tiene una forma irregular, y aún cuando para su estudio hemos considerado una reducción a un elipsoide de referencia, se trata de una superficie geométrica no desarrollable, y por lo tanto no apta para obtener planos.

Para la representación en un plano bidimensional de la superficie de la Tierra, que es tridimensional, se utiliza un mecanismo geométrico denominado proyección.

Una **proyección cartográfica** consiste en obtener de cada punto de la superficie terrestre, su equivalente situado en un plano o en una superficie desarrollable. La proyección se realiza partiendo de un punto de vista y se hace sobre una superficie proyectada.

En este proceso se producen una serie de deformaciones entre la realidad y lo proyectado. Estas distorsiones o anamorfosis pueden ser de tres tipos:

Anamorfosis lineal: Cuando la proyección no conserva la longitud real de las líneas. En todas las proyecciones cartográficas se da esta distorsión en mayor o menor medida. Las líneas que una vez proyectadas mantienen su longitud real se denominan LINEAS AUTOMECÓICAS.

Anamorfosis superficial: Cuando la superficie de lo proyectado no coincide con la realidad. Una proyección que mantiene inalteradas las superficies se denomina proyección AUTALICA o EQUIVALENTE.

Anamorfosis angular: Cuando la proyección no mantiene los ángulos reales. Una proyección que no distorsiona los ángulos se denomina proyección CONFORME.

b) Clasificación de las proyecciones.

Las proyecciones cartográficas se clasifican según sean los puntos de vista y las superficies sobre las que se proyecta.

Así pues, **según donde esté situado el punto de vista** tenemos los siguientes tipos de proyección:

Gnomónicas o centrográficas: El punto de vista está situado en el centro de la Tierra.

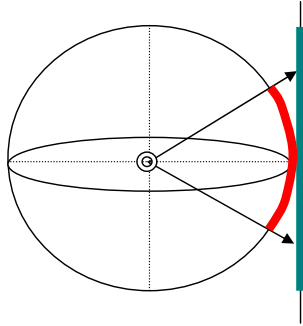
Estereográficas: El punto de vista está situado en la superficie terrestre.

Escenográficas: El punto de vista está fuera de la Tierra.

Ortográficas: El punto de vista se halla situado en el infinito.

CLASSIFICACIÓ DE LES PROJECCIONS CARTOGRÀFIQUES

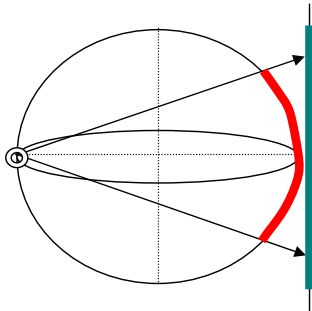
(segons el punt de vista)



GNOMÒNIQUES

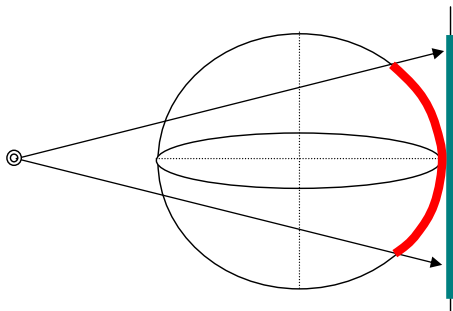
o CENTROGRÀFIQUES

Quant el punt de vista se situa en el centre de la Terra.



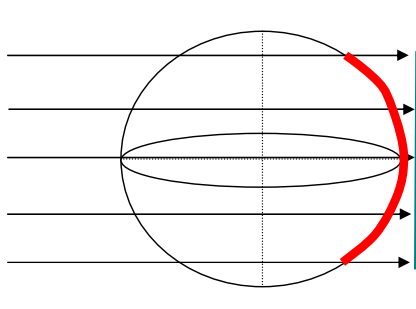
ESTEREOGRÀFIQUES

Quan el punt de vista es troba a la superfície terrestre



ESCENOGRÀFIQUES

Quan el punt de vista es troba fora de la Terra.



ORTOGRÀFIQUES

Quan el punt de vista el situem a l'infinit.

Según el tipo de superficie sobre la que se proyecta, la proyección puede ser:

Azimutal: Se proyecta sobre un plano. Las proyecciones azimutales pueden ser, a su vez, de tres tipos:

Polar: El plano es tangente a un polo.

Ecuatorial: El plano es tangente al Ecuador.

Oblicua: El plano es tangente a cualquier otro punto de la superficie terrestre.

La más conocida de las proyecciones azimutales es la estereográfica polar, que se utiliza para la navegación por los polos.

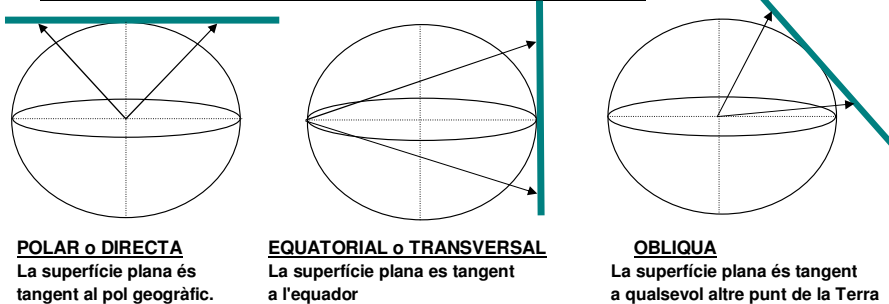
Cilíndrica: Se proyecta sobre un cilindro tangente a la Tierra, que luego se desarrolla. La más conocida en navegación de las proyecciones cilíndricas es la de Mercator, donde el eje del cilindro coincide con el de la Tierra.

Cónica: La superficie de proyección es un cono tangente o secante a la superficie de la Tierra, que luego se desarrolla. El paralelo tangente o los paralelos secantes se denominan paralelos estándar o automecóicos. La proyección cónica más conocida es la cónica de Lambert, en la que el cono es secante a la superficie terrestre y, por tanto, con dos paralelos estándar.

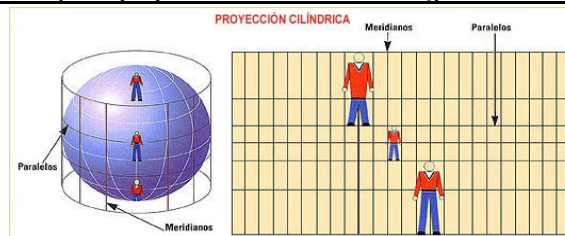
CLASSIFICACIÓ DE LES PROJECCIONS CARTOGRÀFIQUES

(segons la superfície on es projecta)

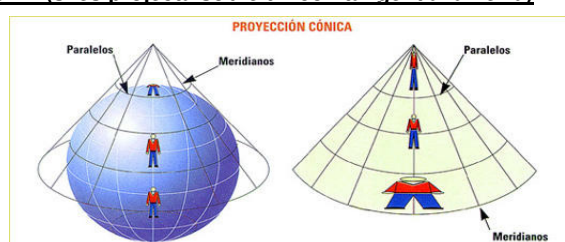
1) AZIMUTAL (si es projecta sobre una superfície plana)



2) CILÍNDRICA (si es projecta sobre un cilindre tangent a la Terra)



3) CÓNICA (si es projecta sobre un con tangent a la Terra)



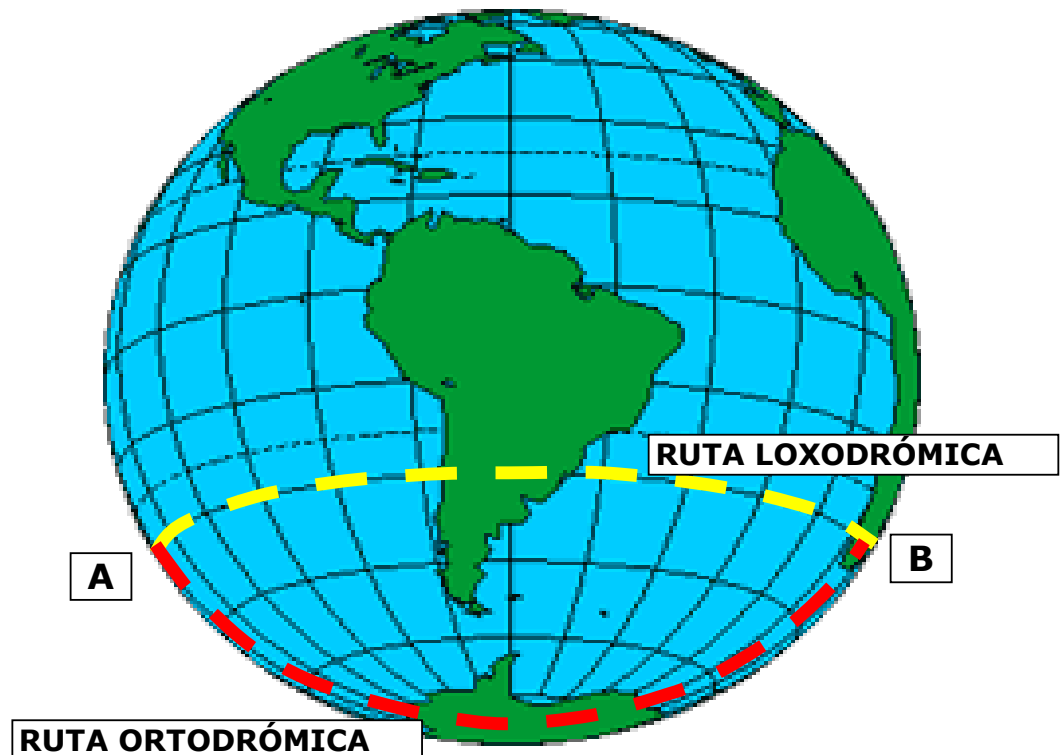
c) Ruta ortodrómica

Se define como el arco de círculo máximo menor de 180° , que une dos puntos de la superficie terrestre y que, por tanto, nos determina la distancia más corta entre ambos.

La ruta ortodrómica, si bien representa el camino más corto entre dos puntos, por otra parte presenta el inconveniente de que corta a los meridianos con ángulos distintos. Este hecho hace que la navegación por esta ruta sea más complicada al tener que ir cambiando frecuentemente de rumbo.

d) Ruta loxodrómica

Es aquella ruta que corta todo los meridianos con el mismo ángulo. En la ruta loxodrómica el ángulo o rumbo de salida se mantiene constante durante todo el trayecto, y sólo se variará para corregir la declinación magnética. Por tanto, aunque representa una distancia mayor entre dos puntos es más sencilla de seguir.



La ruta ortodrómica y la loxodrómica prácticamente coinciden en los siguientes casos:

- Rutas inferiores a 1.000 Km.
- La ruta sigue una dirección paralela y cercana al Ecuador.
- La ruta sigue aproximadamente la dirección de los meridianos.

Por lo tanto, cuando se dé una de estas condiciones, podremos navegar siguiendo la ruta loxodrómica, que nos permite mantener un rumbo constante sin por ello recorrer una distancia mucho mayor.

Cuando no se cumplan ninguna de estas condiciones, para realizar un trayecto largo, se traza la ortodrómica entre los dos puntos y se divide en tramos parciales que se seguirán por loxodrómicas sucesivas.

6.1.3. Principales cartas aeronáuticas, Interpretación

a) Proyección cilíndrica de Mercator

Es una proyección sobre un cilindro cuyo eje es la línea que une los polos. Este cilindro de proyección es tangente a la Tierra en el Ecuador.

El punto de vista se sitúa en el centro de la Tierra, siendo, por tanto, una proyección gnomónica.

En esta proyección, los puntos de proyección más próximos a la línea de tangencia, el Ecuador, serán proyectados con menos deformaciones que los que estén más alejados. –así pues, existe una anamorfosis lineal de orden creciente desde el Ecuador hacia los polos que sigue la siguiente ley:

$$m = \frac{1}{\cos \alpha}$$

Donde: m = anamorfosis lineal ; α = latitud.

Se considera que esta deformación es excesiva cuando m llega al valor de 3, cosa que sucede en la latitud 70° , aproximadamente. Así, pues, esta carta queda limitada entre las latitudes 70° N y 70° S y los polos no tienen representación.

Los meridianos aparecen como líneas rectas verticales con igual separación entre ellas, mientras que los paralelos son líneas rectas, perpendiculares a los meridianos, pero con una separación creciente a medida que nos alejamos del Ecuador.

Esta carta tiene la particularidad de que las líneas loxodrómicas se proyectan rectas, lo que ha hecho que sea muy utilizada en navegación.

- Resumen de propiedades:

ESCALA: No uniforme. Diferentes escalas gráficas para medir las distancias, según la latitud.

ISOGONAS: Se miden directamente sobre la carta.

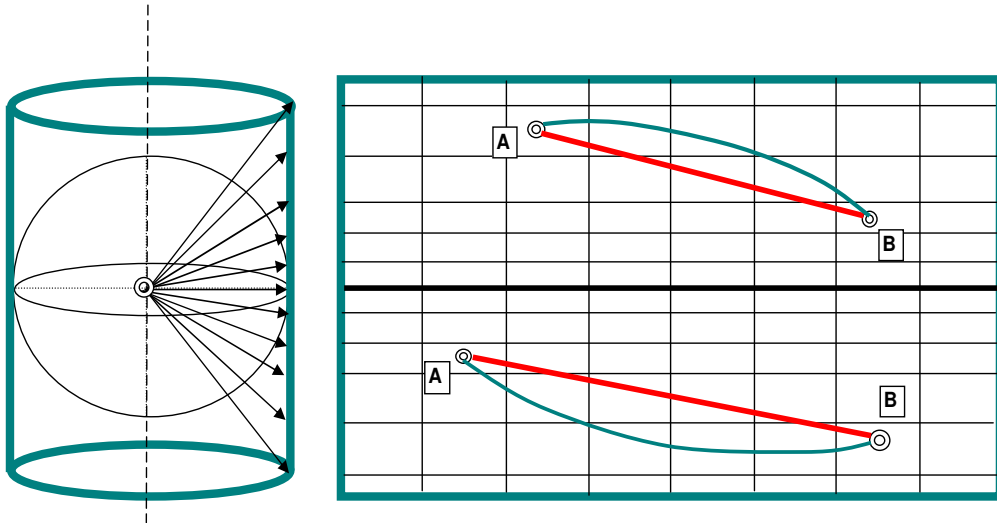
LOXODRÓMICA: Es una línea recta.

ORTODRÓMICA: Es una línea curva cóncava al Ecuador.

DEFORMACIONES: En el Ecuador son mínimas y van aumentando según aumenta la latitud.

PRINCIPALS CARTES AERONÀUTIQUES

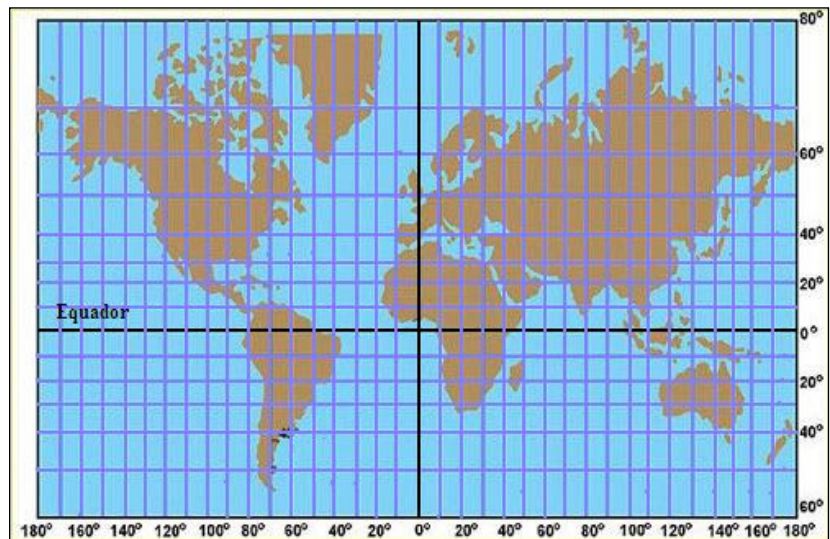
1) PROJECCIÓ CILÍNDRICA DE MERCATOR



- Projectió sobre un cilindre que té com a eix el que uneix els pols. Tangent a la Terra a l'Equador
- Gnomònica (el punt de vista situat al centre de la Terra)
- Deformació augmenta amb la latitud. Vàlid fins a latituds inferiors a 70.
- Els meridians són rectes verticals (igual separació entre elles)
- Els paral·lels són rectes horitzontals (la separació augmenta amb la latitud)

- Propietats :

- **ESCALA** : No uniforme. Diferents escales segons la latitud.
- **ISÒGONES** : Es mesuren directament sobre la carta.
- **LOXODRÒMICA** : És una línia recta.
- **ORTODRÒMICA** : És una línia corba còncaua a l'Equador.



b) Proyección cónica conforme de Lambert

Esta carta es producto de una proyección sobre un cono que es secante a la superficie terrestre por dos paralelos estándar. Con esto se consigue que una línea recta en la carta represente, aproximadamente, un arco de círculo máximo y, además, que las deformaciones sean muy pequeñas en toda la proyección. El punto de vista de la proyección es el centro de la Tierra.

Esta carta es ideal para la representación de superficies extensas Este-Oeste.

En las cartas de Lambert, los paralelos son arcos de círculo concéntricos y los meridianos son los radios de estos círculos.

Resumen de propiedades:

ESCALA: Prácticamente constante en toda la carta.

ISÓGONAS: Se miden directamente sobre la carta.

LOXODRÓMICA: Es una línea curva, cóncava al vértice del cono.

ORTODRÓMICA: Es una línea recta.

DEFORMACIONES: Deformaciones muy pequeñas.

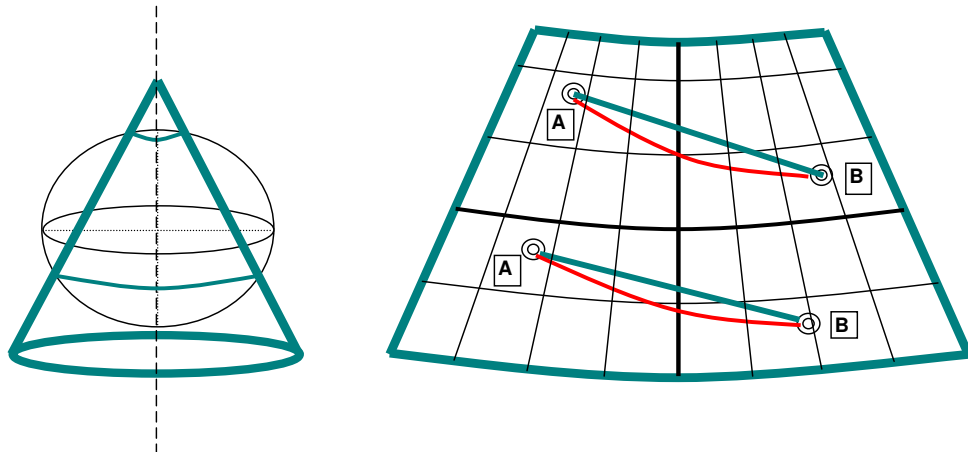
Esta proyección es la que reúne las mejores características para la navegación aérea y es utilizada, prácticamente, por todos los pilotos para planificar y llevar a cabo sus viajes.

Los pilotos de motor utilizan para la navegación observada y a la estima, la Carta Aeronáutica de la Península Ibérica a escala 1:1.000.000 tipo OACI, publicada por el Servicio Cartográfico del Aire. Esta carta es una proyección cónica conforme de Lambert, y consta de cuatro cartas que cubren los cuatro cuadrantes en que se divide la Península.

Para el vuelo a vela, por las distancias recorridas usualmente, esta carta resulta demasiado grande y se suele optar por otras escalas menores como la 1:250.000 o la 1:500.000.

PRINCIPALS CARTES AERONÀUTIQUES

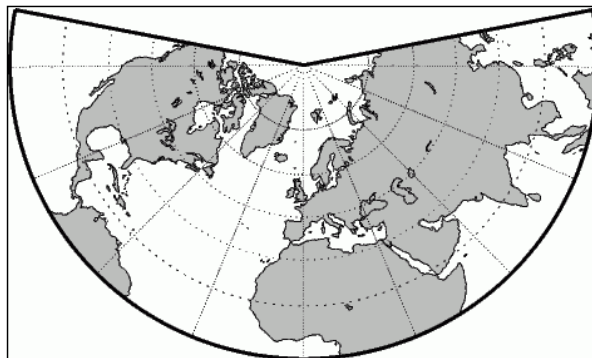
2) PROJECCIÓ CÒNICA DE LAMBERT



- Projectió sobre un con, secant a la Terra per dos paral·lels estàndar.
- Els paral·lels són arcs concèntrics.
- Els meridians són radis dels cercles.
- Ideal per a grans superfícies Est-Oest (molt baixa la deformació)

- Propietats :

- **ESCALA** : Pràcticament constant a tota la carta.
- **ISÒGONES** : Es mesuren directament sobre la carta.
- **LOXODRÒMICA** : És una línia corba, còncava al vèrtex del con.
- **ORTODRÒMICA** : És una línia recta.

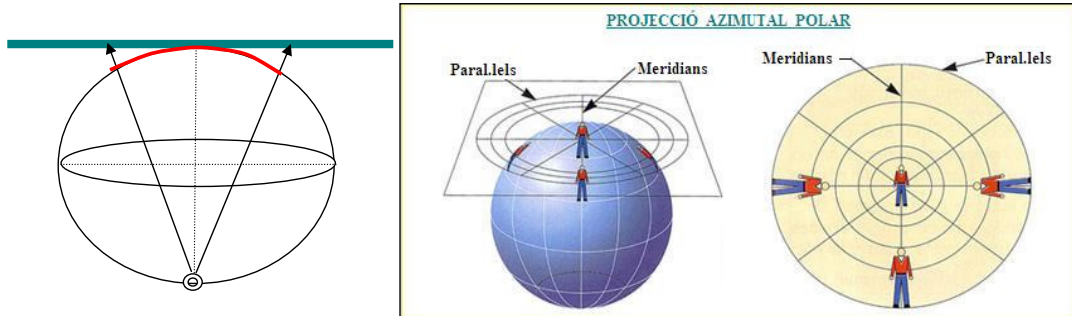


c) Otras proyecciones cartográficas

Existen otras proyecciones cartográficas que se utilizan para navegar por las distintas zonas del globo terrestre y que se adecuan a cada necesidad. La más importante es la **estereográfica polar**, que se utiliza para navegar por los polos, y que complementa en cobertura a las vistas anteriormente.

PRINCIPALS CARTES AERONÀUTQUES

3) ESTEREOGRÀFICA POLAR

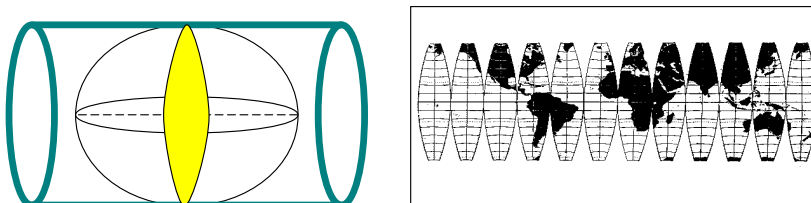


- Azimutal : Es projecta sobre superfície plana.
- Estereogràfica : El punt de vista és a la superfície terrestre, just al pol contrari.
- Ideal per la navegació pels pols.
- Complementa a les altres cartes aeronàutiques.

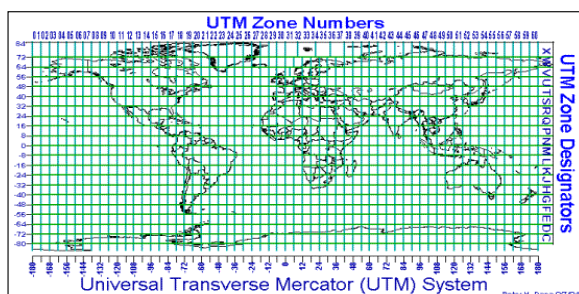
Otra proyección muy conocida, pero no muy utilizada en la navegación aérea, es la **proyección U.T.M. (Universal Transversal Mercator)**, en la que proyecta la superficie terrestre sobre un cilindro perpendicular al eje de la Tierra y que, por tanto, es tangente a un meridiano. La representación de toda la superficie se hace mediante 60 cilindros que producen otros tantos gajos o husos de 6° cada uno.

Con esta proyección se obtienen cartas muy precisas para extensiones limitadas del terreno y son idóneas para grandes extensiones alargadas en sentido Norte-Sur.

4) PROJECCIÓ U.T.M. (UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR)



- Projecció sobre un cilindre perpendicular a l'eix terrestre i tangent a un meridià.
- La representació de tota la superfície terrestre es fa amb 60 cilindres que corresponen a 60 fusos de 6°.
- Carta molt precisa per extensions limitades Est-Oest i idònies per grans extensions Nord-Sud.



- La península Ibèrica es troba en els fusos 29/30/31 i entre les zones S/T.
- Les Illes Canàries es troben entre els fusos 27/28. Zona R.

d) Qué propiedades queremos que tenga una carta

Las características que debemos buscar en una carta para que ésta nos sea lo más útil posible son:

- Que la escala sea uniforme en toda la carta.
- Que las deformaciones sean pequeñas.
- Que los rumbos se puedan medir directamente sobre la carta, midiendo el ángulo que forman la línea que une los dos puntos con los meridianos.
- Que las distancias se puedan medir según líneas rectas (ortodrómica como línea recta).
- Que los meridianos y los paralelos se corten en ángulos rectos (90°).
- Que sea fácil localizar las coordenadas de un punto.

A partir del estudio que hemos hecho de las cartas más usuales, podemos deducir que estas características no se pueden dar todas juntas en una misma carta. Las proyecciones, según cual sea su naturaleza, consiguen mantener alguna de ellas en detrimento de otras. Por lo tanto, será el piloto el que decidirá, en función del vuelo que está planificando, cuál será la carta más apropiada a utilizar.

e) Información en las cartas aeronáuticas

La Organización Internacional de Aviación Civil tiene establecidas una serie de normas por las que debe regirse la elaboración de cartas para la navegación Aérea.

La representación de la forma y la elevación del terreno se ilustran mediante **curvas de nivel**, que son líneas que unen puntos de igual elevación. El grado de separación entre las líneas nos indica el grado de la pendiente, siendo ésta mayor cuanto más juntas estén las curvas.

Estas curvas se complementan con **tintas hipsométricas** de distintos tonos, más oscuros cuanto mayor es la elevación del terreno. La equivalencia de los tonos y las respectivas elevaciones aparecen en la propia carta.

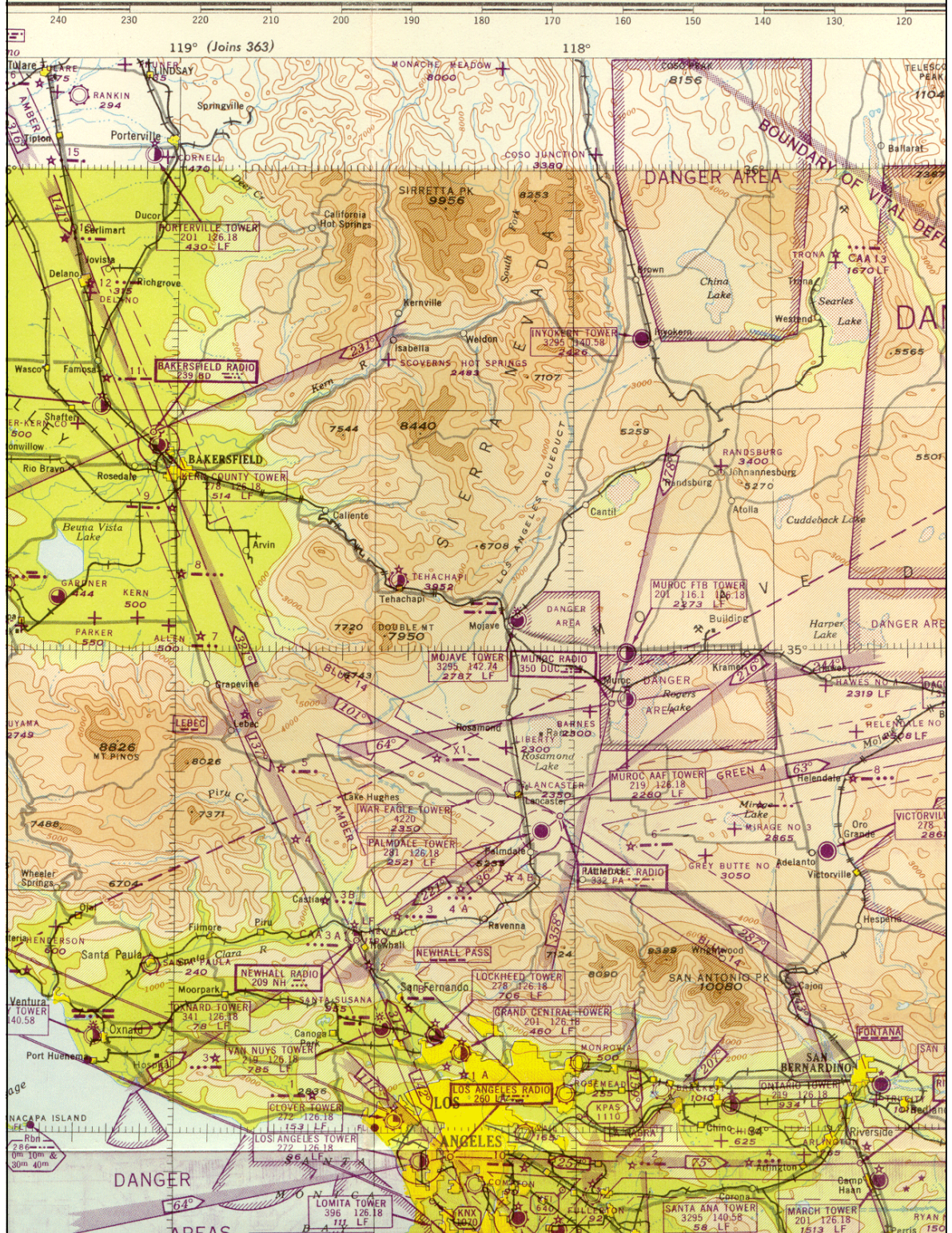
La **elevación de los puntos más altos** (picos, cerros..) aparece indicada en pies o metros.

La **simbología**, que varía poco entre diferentes cartas, para representar los distintos accidentes geográficos más significativos del terreno, (**ríos, líneas ferroviarias, lagos, pantanos, pueblos, ciudades, carreteras...**)

También se incluyen la situación de las **radioayudas** con indicación de sus frecuencias e identificación en código Morse, las **aerovías** con su nombre, los **aeropuertos** y las **zonas peligrosas, restringidas y prohibidas** con su denominación.

Por supuesto, también están representados los **meridianos**, los **paralelos** y las **líneas isógonas** con la variación anual de la declinación.

Lambert Conformal Co
Standard Parallels 33° and 45



Cercles concèntrics de 5 en 5 Km. amb centre a l'aeròdrom de sortida

b) Medición de direcciones (Rumbos y Rutas)

En primer lugar, veamos dos definiciones importantes en la navegación aérea:

Llamamos **Ruta** al ángulo que forma la línea que une los dos puntos (salida y destino) con un meridiano. Intuitivamente podemos decir que la ruta es el camino que queremos recorrer.

Entendemos por **Rumbo** el ángulo que forma la línea donde apunta el morro de nuestro planeador con un meridiano. La diferencia en grados que pudiera haber entre el rumbo y la ruta será mayor o menor según sea la componente de viento lateral que haya que contrarrestar orientando el morro del velero al viento.

Para obtener tanto la ruta como el rumbo podemos tomar como referencia el meridiano geográfico o verdadero, el meridiano magnético, o la línea N-S de la brújula. Por lo tanto, en función del meridiano considerado podemos hablar de ruta o rumbo geográfico, magnético o de aguja.

Los rumbos y las rutas se denominan por medio de tres cifras que representan el ángulo respecto al origen, que es el Norte y medido en sentido de giro de las agujas del reloj. Así pues, van desde 000 hasta 359, siendo las direcciones de los cuatro puntos cardinales, las siguientes:

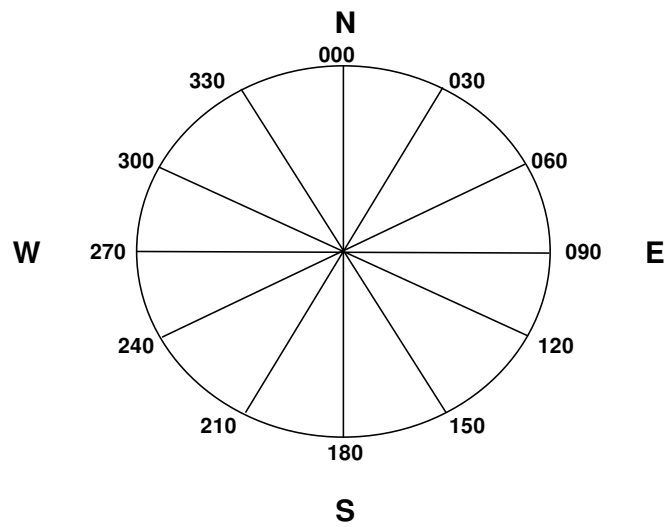
Norte:	000
Este:	090
Sur:	180
Oeste:	270

En la brújula, en cambio, las direcciones se representan por dos cifras. O sea, que si estamos volando hacia el Oeste en la brújula observaremos que nos marcará 27.

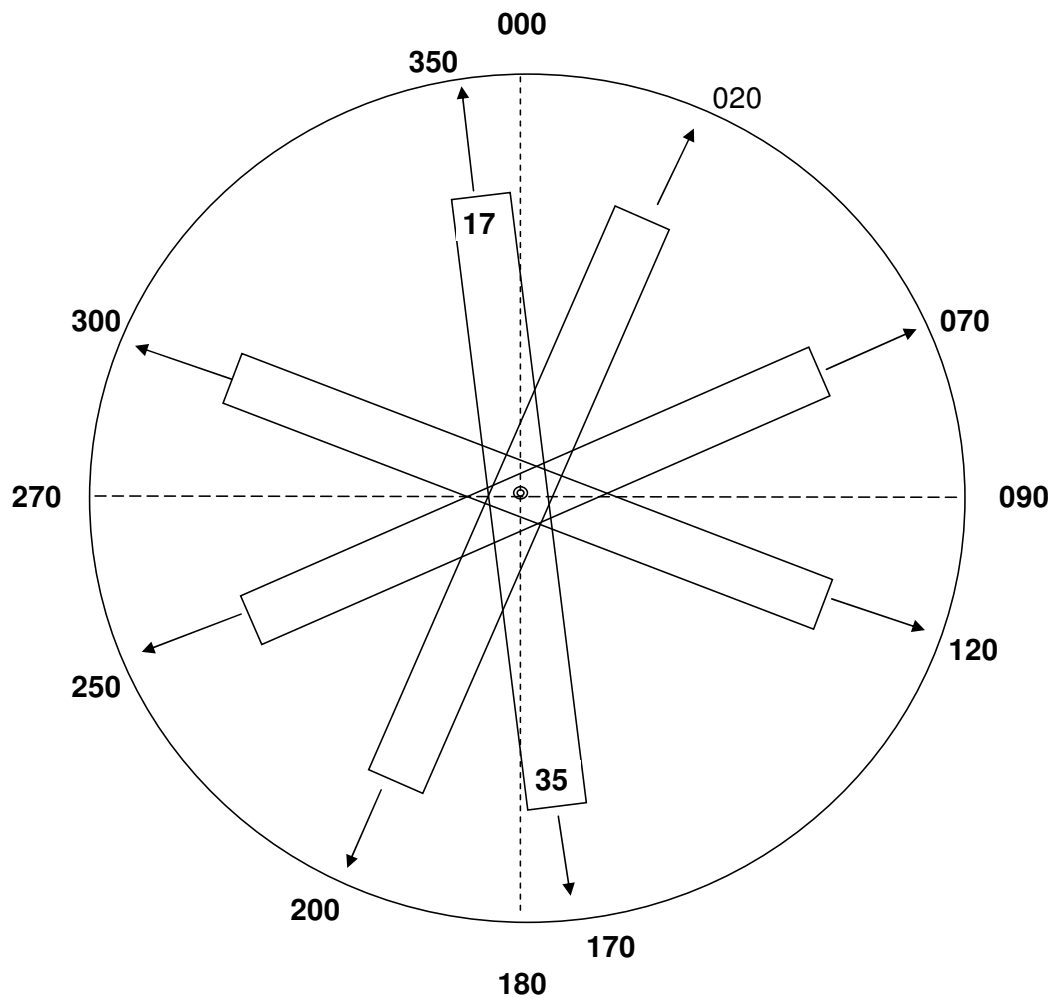
La numeración de las pistas de aterrizaje también, al igual que la brújula, se realiza con dos cifras. Si estamos a punto de despegue por la pista 20, significa que en la brújula ha de aparecer también 20 y que, por tanto, despegaremos hacia el rumbo 200.

Dado que las dos cabeceras de una pista de aterrizaje apuntan a rumbos diametralmente opuestos, la diferencia de numeración entre las dos cabeceras de pista siempre es 18 (180°).

RUMBS I RUTES (TRES XIFRES)



ORIENTACIÓ DE LES PISTES DELS AERÒDROMS (DUES XIFRES)



c) Medición de distancia

La medición de distancias en una carta conforme de Lambert se puede hacer directamente sobre ella. Para este fin mediremos con una regla la distancia sobre la carta entre los dos puntos deseados y multiplicándola por la escala nos dará la distancia real. Por ejemplo, en una carta a escala 1:500.000, 1 cm. En el mapa representará en la realidad $1 \times 500.000 = 500.000$ cm. Que equivale a 500 m o 0,5 Km.

Las cartas, además, están provistas de una escala gráfica en Kilómetros y en millas náuticas que nos permiten traducir sin cálculos la distancia medida sobre la carta a la distancia real. Si nuestro velero está equipado con un anemómetro que nos da la velocidad de aire en Km. /h. nos interesa medir la distancia en Km. para así poder, más tarde, calcular el tiempo de vuelo previsto.

6.2. NAVEGACIÓN VISUAL

Navegación visual es aquella en que no se pierde de vista nunca el terreno y en la que sus accidentes geográficos son los que sirven de referencia para saber cuál es nuestra posición en todo momento y si nuestro rumbo es el correcto.

6.2.1 Navegación observada

La Navegación observada consiste en establecer, en una carta, la ruta a seguir y, a continuación, despegar y orientar la aeronave en relación a la observación y reconocimiento de los accidentes del terreno (montañas, pueblos, ríos, vías férreas, etc....).

Este procedimiento de navegación, si bien es bastante rudimentario, aplicado correctamente es muy fiable y seguro. Para su realización es necesario que el piloto esté familiarizado con la lectura de la carta y su simbología, ya que la identificación de los accidentes del terreno es delicada y un error puede provocar que termine totalmente desorientado.

6.2.2. Navegación a la estima

La navegación a la estima se realiza calculando la posición de la aeronave en función de la velocidad y destiempo transcurrido en una dirección determinada.

Una vez marcada la ruta en la carta, debemos tener en cuenta la dirección e intensidad del viento, que tenderá a desviar la aeronave de su ruta, y aplicar la corrección de deriva necesaria.

Para navegar según este método el piloto debe saber utilizar una carta, la brújula y un reloj.

6.2.3. Navegación observada y a la estima

La navegación visual que se realiza en la práctica es a la estima, verificando la posición prevista o estimada y, a la vez, observando los accidentes del terreno. Se trata, por lo tanto, de una combinación de los dos métodos y que recibe el nombre de navegación observada y a la estima.

a) Uso de la carta

Contrariamente a lo que cabía esperar, la lectura de la carta desde un avión no es una tarea sencilla debido a la existencia de algunos factores que hay que tener en cuenta y que pasamos a enumerar:

El aspecto distinto del suelo.

La perspectiva cambia la escala de los detalles, y a medida que se gana altura el relieve del terreno desaparece.

El campo oblicuo de visión.

Dependiendo de la altitud y de las condiciones atmosféricas, las referencias del suelo (ríos, bosques,...) aparecen deformadas respecto

al aspecto que el piloto esperaba encontrar. Asimismo, el relieve puede hacer que algunos puntos de referencia aparezcan antes que otros que deberían ser anteriores.

La velocidad.

Si no se va siguiendo la carta y el piloto deja pasar una o dos referencias puede llegar la desorientación.

Cuanto más bajo se vuela, mejor se verán los detalles de las referencias pero también será mayor la velocidad relativa a la que se sucede el terreno. Por lo tanto, debido al más reducido campo de visión, las referencias se verán durante un período más corto de tiempo.

La similitud.

Algunas referencias (carreteras, vías férreas, ríos, pueblos...) son difíciles de diferenciar rápidamente debido a su aparente semejanza con otras. Este hecho puede confundir al piloto al suponer que ha pasado ya sobre algún punto de los previstos y desconcertarle aún más cuando busque el siguiente.

Para hacer un uso y lectura correctos de la carta y evitar al máximo el riesgo de la desorientación, el piloto que vaya a realizar una navegación observada y a la estima deberá seguir las siguientes reglas:

- **Conocer la simbología de la carta**, perfectamente, para no dudar en su interpretación durante el vuelo

- **SIEMPRE debe observarse primero la carta y luego buscar la referencia y reconocerla sobre el suelo.**

En la carta no aparecen algunas características secundarias que sí existen en el suelo. Así pues, si se estudia primero el terreno para luego reconocer la referencia sobre la carta, el piloto se arriesga a no encontrarla.

- **Estudiar la referencia en la carta antes de pretender identificarla sobre el terreno.**

Por ejemplo, si se elige como referencia un pueblo hay que saber también si llega una vía férrea, algún cruce de carreteras, ríos que lo atraviesan o pasan cercanos, bosques o montes próximos que permitan reconocer, sin duda alguna, el mencionado pueblo de referencia.

- **Orientar la carta de manera que la ruta trazada coincida con la dirección que siga el avión.**

De ese modo, las referencias aparecerán en el mismo orden y distribución que en la carta.

- **Escoger referencias que sean puntos destacados.**

Según su importancia se pueden clasificar en:

Referencias hidrográficas: Lagos, ríos, pantanos.

Vías férreas y carreteras: (con atención a su similitud)

Pueblos, bosques, aeródromos, plazas de toros, etc....

Montañas aisladas

En general, una referencia es mejor cuanto más singular sea. Por ejemplo, un espeso bosque será una buena referencia en Castilla pero, en cambio, no lo será en Asturias.

- Estimar la posición del avión sobre la ruta y prever el paso por las diferentes referencias.

Mediante un conocimiento lo más preciso posible de la distancia recorrida en función del tiempo.

Por ejemplo, si en nuestro velero efectuamos una transición a 120 Km. /h, equivale a que recorreremos 2Km. cada minuto. Si la siguiente referencia está a 20 Km. tardaremos en llegar unos 10 minutos.

b) Líneas de posición

Una línea de posición es una línea recta o curva sobre la que se sabe que el avión ha estado o está en un momento dado. Por ejemplo, si un avión va siguiendo el cauce de un río, el piloto sabe que su posición está localizada en algún punto de ese río.

Cualquier otra línea de posición que cruce a la primera en el momento e nuestro paso, nos determinará exactamente la posición en la que nos encontramos. Por ejemplo, si siguiendo el río encontramos una autovía que lo cruza con un puente, sabremos con precisión nuestra posición sobre el terreno que estará fijada por la intersección de las dos línea de posición.

6.2.4 Técnica y procedimientos.

Una vez decididos los puntos de partida y de destino, y antes de emprender el viaje, llegamos a la fase de planificación del vuelo.

Para ello, a partir de la información meteorológica, cartografía apropiada y el conocimiento de las características y prestaciones de nuestro avión, obtendremos los rumbos a seguir en cada tramo que hayamos decidido efectuar, así como el tiempo que tardaremos en recorrerlos.

Necesitaremos el siguiente equipo y datos:

- Cartografía adecuada.
- Medidor de ángulos y regla graduada.
- Dirección e intensidad del viento.
- Velocidad de crucero del avión.
- Error de desvío de la brújula.

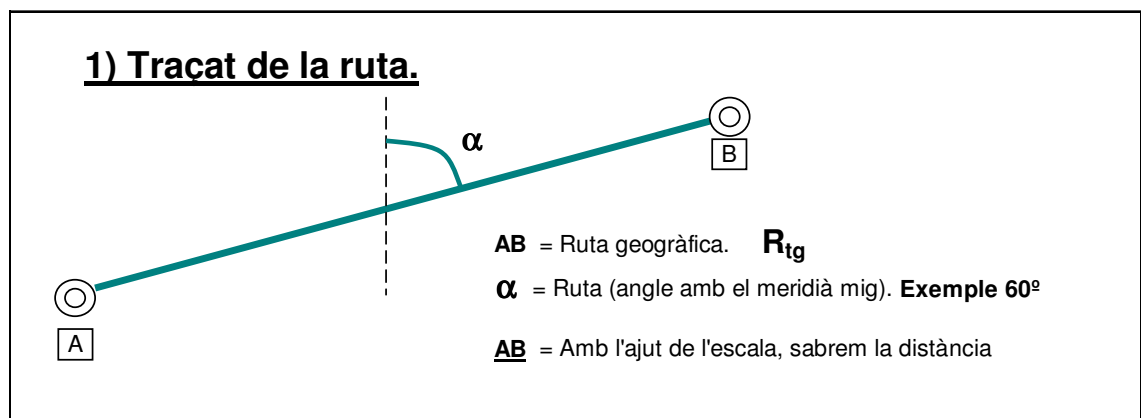
La planificación del vuelo la podemos dividir en tres partes:

a) Trazado de la ruta

Sobre la carta unimos los puntos origen y destino y medimos el ángulo que forma esta línea con el meridiano. Obtenemos de esta manera la **ruta geográfica o verdadera (Rtg)**.

Hay que tener en cuenta que los meridianos convergen en los polos. Por ese motivo la medición del ángulo de la ruta debe hacerse sobre un meridiano cercano al punto medio de la mencionada ruta. Así el ángulo que calculamos es el ángulo medio de los que forma la ruta con todos los meridianos que corta.

A continuación, medimos con la regla la **distancia** entre los dos puntos y la traducimos (mediante la escala gráfica o calculándola por medio de la escala) a los Km. o NM reales.



b) Triángulo de velocidades

La existencia de viento en nuestra ruta nos hará derivar de ella, debiendo aplicar una corrección de deriva para, de ese modo, mantener un rumbo que nos permita seguir la ruta determinada.

Utilizaremos para ello el denominado triángulo de velocidades, que gráficamente se compone:

Sobre una línea (AB) con ángulo igual a la ruta geográfica marcamos el vector desplazamiento del avión (V_c) cuya longitud es igual a la velocidad verdadera (TAS) de crucero.

En el extremo de dicho vector marcamos la línea de la dirección del viento y, a continuación, dibujamos el vector de desplazamiento que produce el viento (w) con longitud, a escala, igual a la intensidad dada del viento. Como la información que tenemos del viento nos da la dirección de procedencia, para contrarrestarlo debemos aplicar la dirección opuesta a nuestro vector (w). (Ver gráfico).

Finalmente, cerramos el triángulo uniendo los extremos obteniendo el vector desplazamiento resultante (R_g). La longitud del vector (R_g) nos indicará la velocidad verdadera sobre el terreno GS (ground speed).

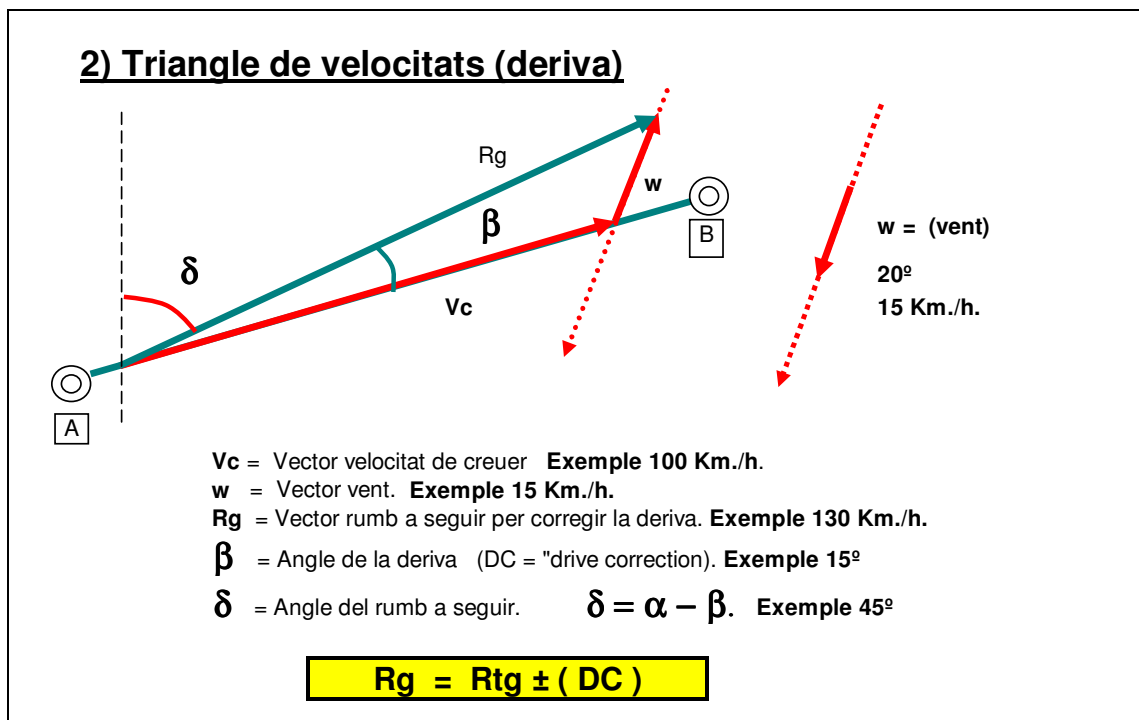
El ángulo (β) que forman los vectores V_c y R_b nos indica los grados que el viento nos hará derivar. Hay que aplicar, pues, los mismos grados de corrección de deriva DC (Drive correction). Con esta operación obtenemos el rumbo geográfico o verdadero (R_g).

$$R_g = R_{tg} \pm DC$$

Con los datos de la velocidad sobre el terreno y la distancia total del tramo calculamos el tiempo que emplearemos en efectuar este tramo mediante una regla de tres o aplicando la fórmula:

$$T = \frac{D}{GS}$$

Una vez obtenido el tiempo debemos dividir la ruta en tramos de 10/20 minutos. Esto nos permitirá llevar un control sencillo de nuestra posición según el tiempo de vuelo además de facilitar y prever la localización de las referencias de paso.



c) Rumbo magnético y rumbo de aguja

En el punto anterior hemos obtenido el rumbo geográfico (R_g) (respecto al norte geográfico) que representa la dirección en que hemos de apuntar el morro del avión para seguir la ruta geográfica (R_{tg}) establecida.

Como para tomar este rumbo nos guiaremos por la brújula, que detecta el norte magnético, hemos de aplicar la corrección de la declinación y la de error de desvío de la brújula.

De esa manera, el rumbo de aguja (R_a) que es el que debemos leer en la brújula magnética del avión, lo podemos obtener aplicando la siguiente fórmula:

$$R_a = R_g \pm \Delta \pm \epsilon$$

Donde: Δ es la declinación magnética
 ϵ es el error de desvío de la brújula.

3) Rumb d'agulla

El rumb d'agulla (Ra) que és el que podem llegir a la brúixola, el podem obtenir al tenir present la declinació magnètica (Δ) (diferència entre el pol geogràfic i el pol magnètic de la Terra).

$$\mathbf{Ra = Rtg \pm (DC) \pm (\Delta) \pm \epsilon}$$

Suposant que estem a Catalunya, on la declinació magnètica és de +3°, el rumb d'agulla de l'exemple seria :

$$\mathbf{Ra = 60^{\circ} - 15^{\circ} + 3^{\circ} \pm \epsilon = 48^{\circ}}$$

6.3. DESORIENTACIÓN

Siempre existe la posibilidad de que debido a una disminución de la visibilidad, un viento fuerte no previsto adecuadamente (triángulo de velocidades) o una incorrecta interpretación de la carta y de las referencias del terreno, el piloto se salga de la ruta y se extravíe.

Es probable que, en este caso, el piloto decida efectuar virajes de 360° y cambios de rumbo tratando de localizar algún punto conocido, sin un plan de actuación preconcebido y que sólo contribuirán a aumentar su desorientación.

Es fundamental tener prevista esta posibilidad y contar con unos procedimientos lógicos y sencillos pensados para solucionar esta eventualidad.

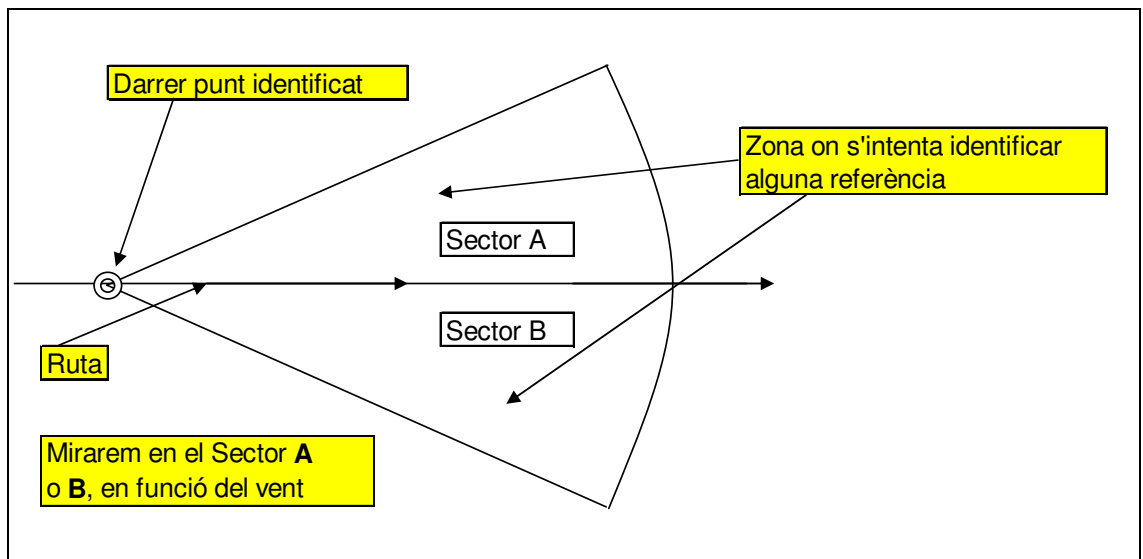
6.3.1. Actuación y posibles soluciones.

Los procedimientos a seguir, en caso de extravío ser, a los siguientes:

- 1.- No variar el rumbo.
- 2.- A partir del último punto que se haya identificado, y del tiempo transcurrido desde entonces, determinar un sector de 20° a 30° a cada lado de la ruta con un radio igual a la distancia teórica recorrida.

Dentro del sector trazado intentar localizar algún accidente significativo del terreno que nos pueda orientar para volver a nuestra ruta o confirmar que estábamos en ella.

Conociendo la dirección del viento buscar primero en la zona contraria, es decir, en aquella en la que podamos haber sido desplazados.



3.- Si transcurrido un tiempo (unos 10 minutos) el piloto no se ha conseguido orientar, dirigirse a uno de los accidentes significativos que sean más o menos paralelos a la ruta, tomándolo como una línea de posición y seguirlo hasta volver a establecer la situación exacta.

4.- Si, a pesar de todo, el piloto no consigue establecer su posición, no se debe permitir que se haga de noche. En ese caso, buscar un campo apropiado y aterrizar.

O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O-O

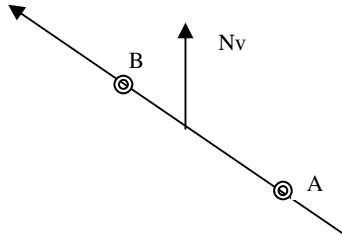
NAVEGACIÓN

TEST

1) La declinación magnética varía con:

- a) La altitud.
- b) La hora del día.
- c) El lugar (la latitud).

2) Para ir de A a B la Ruta verdadera tiene un valor aproximado de:



- a) 050°
- b) 130°
- c) 310°

3) La declinación magnética es el ángulo comprendido entre:

- a) El Norte geográfico o verdadero y el norte magnético.
- b) El eje del planeador y la ruta verdadera
- c) El rumbo y la ruta verdadera.

4) Antes del despegue, con el planeador alineado en la pista, constatáis un error de brújula de 35°. Durante el vuelo:

- a) Corregís los rumbos 35° para obtener el rumbo exacto.
- b) Utilizáis la brújula sin tener en cuenta este error.
- c) Consideráis la brújula como prácticamente no utilizable.

5) La indicación 3 en la brújula corresponde a un rumbo de:

- a) 003°
- b) 030°
- c) 300°

6) En una carta escala 1:200.000, 5 cm. en la carta, representan:

- a) 4 Km.
- b) 10 Km.
- c) 40 Km.

7) Voláis con rumbo 340°. Queréis virar a rumbo 30°. ¿Hacia qué lado hay que virar para llegar antes a ese rumbo?

- a) a la derecha.
- b) a la izquierda.
- c) Ambos virajes son idénticos.

8) Cuando voláis con rumbo 030°, sin viento, vuestra ruta se orienta hacia el:

- a) Oeste
- b) Noroeste
- c) Noreste.

9) Son las 18:30. Voláis en línea recta de cara al sol. Vuestra brújula indica 080°. Deducís que:

- a) La brújula va bien.
- b) La brújula va mal.
- c) No se puede deducir nada.

10) En España, la declinación magnética media es de 3° W. Si vuestra ruta se orienta hacia 060°, ¿cuál será la ruta magnética?:

- a) 060°
- b) 057°
- c) 063°