

AYUDAS Y SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AÉREA

/ INDICE

/ INDICE.....	2
/ 1. INTRODUCCIÓN.....	5
/ 1.1. ¿QUÉ ES LA NAVEGACIÓN?	5
/ 1.2. FASES DEL VUELO	5
/ 1.3. OPERACIONES VFR/IFR.....	6
/ 1.4. FUNCIONES DE NAVEGACIÓN.....	7
/ 1.5. TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN	7
/ 2. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN	9
/ 2.1. INTRODUCCIÓN.....	9
/ 2.2. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMOS	10
/ 2.2.1 INS (INERTIAL NAVIGATION SYSTEM / SISTEMA DE NAVEGACIÓN INERCIAL)	10
/ 2.2.2 RADAR DOPPLER.....	12
/ 2.3. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTONÓMOS.....	13
/ 2.4. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTONÓMOS Y TERRESTRES: RADIOAYUDAS.....	14
/ 2.4.1 NDB: NON DIRECTIONAL BEACON / RADIOFARO NO DIRECCIONAL.....	15

/ 2.4.2 VOR (VERY HIGH FREQUENCY OMNIDIRECTIONAL RANGE / RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL DE MUY ALTA FRECUENCIA)	18
/ 2.4.3 DME (DISTANCE MESAURING EQUIPMENT / EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIA).....	24
/ 2.4.4 ILS (INSTRUMENT LANDING SYSTEM / SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS)	27
/ 2.4.5 TACAN	31
/ 2.5. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTÓNOMOS TERRESTRES: VISUALES.....	31
/ 2.6. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTÓNOMOS: ESPACIALES ...	32
/ 2.6.1. EL SISTEMA MUNDIAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)	32
/ 2.6.2 SISTEMAS DE AUMENTACIÓN.....	35
/ 2.7. TABLA RESUMEN DE LOS SISTEMAS.....	38
/ 3. NAVEGACIÓN DE ÁREA	39
/ 3.1. INTRODUCCIÓN.....	39
/ 3.2. CONCEPTO PBN – PERFORMANCE BASED NAVIGATION.....	39
/ 3.2.1 RELACIÓN RNAV/RNP	41
/ 3.2.2 VENTAJAS DEL CONCEPTO PBN	45
/ 4. FUNCIONES Y SISTEMAS DE VIGILANCIA.....	47
/ 4.1 INTRODUCCIÓN: CONCEPTO DE VIGILANCIA	47
/ 4.2 DEFINICIÓN DE RADAR	48

/ 4.3 RADAR PRIMARIO.....	48
/ 4.3.1 RADAR DE SUPERFICIE	50
/ 4.4 RADAR SECUNDARIO.....	51
/ 4.5 ADS (AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE / VIGILANCIA AUTOMÁTICA DEPENDIENTE).....	54
/ ANEXO I: ACRÓNIMOS	57
/ 5. BIBLIOGRAFÍA.....	60

/ 1. INTRODUCCIÓN

/ 1.1. ¿QUÉ ES LA NAVEGACIÓN?

La navegación aérea se define como **"el proceso de determinar la posición geográfica y mantener la dirección deseada de una aeronave en relación con la superficie de la Tierra"**.

Antes de abordar las distintas técnicas de navegación, vamos a explicar algunos conceptos básicos de navegación.

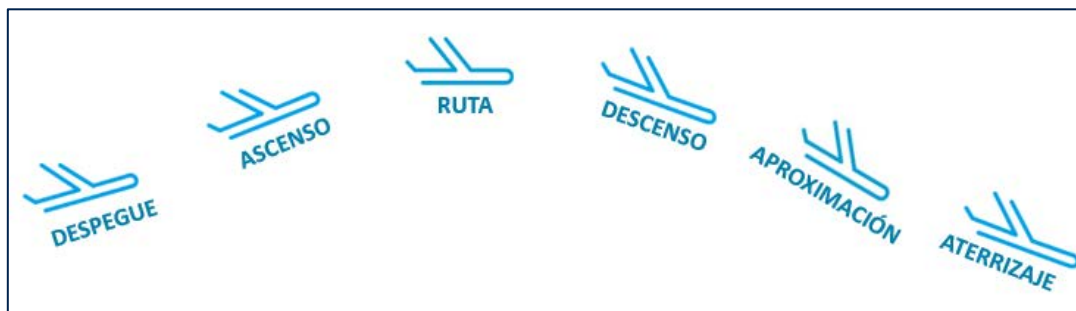
/ 1.2. FASES DEL VUELO

La navegación aérea tiene como principal objetivo dirigir la aeronave de un lugar geográfico a otro a través de una ruta establecida.

La ruta a seguir por una aeronave debe ser planificada antes de la realización del vuelo y se determina mediante una serie de puntos de recorrido entre el origen y el destino.

De esta forma, el vuelo de una aeronave se puede dividir en seis fases:

- **Despegue:** Es la fase en que la aeronave comienza el ascenso, abandonando el aeropuerto de origen.
- **Ascenso** (salida): La aeronave continúa el ascenso, siguiendo las rutas de salida establecidas, hasta alcanzar el punto donde se inicia la fase de ruta.
- **Ruta:** Es la fase donde la aeronave completa la mayor parte del trayecto, realizando el vuelo de manera estable y nivelada.
- **Descenso** (llegada): En esta fase, la aeronave abandona la fase de ruta y comienza el descenso, siguiendo las rutas de llegada establecidas, hasta el punto donde se inician las últimas fases del vuelo.
- **Aproximación:** La aeronave comienza el descenso final.
- **Aterrizaje:** La aeronave llega al aeropuerto de destino y aterriza en la pista.



/ 1.3. OPERACIONES VFR/IFR



OPERACIONES VFR

- Son aquellas que se realizan bajo las Reglas de Vuelo Visual (Visual Flight Rules), un conjunto de normas y procedimientos que regulan el vuelo de aeronaves en condiciones que permitan la utilización **de técnicas de navegación visual**.



OPERACIONES IFR

- Son aquellas que se realizan bajo las **Reglas de Vuelo Instrumental** (Instrumental Flight Rules), un conjunto de normas y procedimientos que regulan el vuelo de aeronaves en condiciones que requieran la utilización de **técnicas de navegación instrumental**.

Las condiciones para realizar vuelos en VFR o IFR dependen principalmente de la **situación meteorológica y el tipo de espacio aéreo**. De este modo, se han definido una serie de parámetros que identifican estas condiciones según el valor de visibilidad en vuelo y distancia de las nubes. Así, se pueden dar:

- **Condiciones VMC** (Visual Meteorological Conditions): aquellas que posibilitan el vuelo en VFR e IFR.
- **Condiciones IMC** (Instrumental Meteorological Conditions): aquellas que solo permiten vuelos en IFR.

/ 1.4. FUNCIONES DE NAVEGACIÓN

En cada una de las fases del vuelo, el proceso de navegación requiere de dos funciones principales:



Función de posicionamiento: En la que el piloto debe conocer, en todo momento, la situación de la aeronave respecto a la ruta establecida.



Función de guiado: En la que el piloto debe dirigir convenientemente la aeronave, con objeto de mantener la ruta establecida, según los datos de posición.

La precisión y la eficacia requeridas en la ejecución de estas funciones dependerán necesariamente de la fase en que se encuentre el vuelo.

/ 1.5. TÉCNICAS DE NAVEGACIÓN

Las técnicas de navegación son los métodos y procedimientos que utilizan los pilotos para dirigir la aeronave desde su origen hasta su destino.

La clasificación de las distintas técnicas de navegación aérea ha surgido en función de la necesidad de volar en diferentes entornos geográficos y operativos, así como de la continua evolución tecnológica de las aeronaves y los sistemas de ayuda a la navegación:

NAVEGACIÓN VISUAL

Definición: Es una técnica basada en la **observación directa del piloto de las referencias externas a la aeronave.**

Procedimientos

Se planifica sobre una carta la ruta a seguir, estableciendo una serie de puntos de recorrido que coincidan con elementos fácilmente identificables (ríos, carreteras, edificaciones, etc.) Durante el vuelo, el piloto utiliza las referencias existentes en el terreno para conocer su posición y guiar la aeronave hacia los puntos de marcados en la ruta.

Observaciones

Se trata de una navegación muy elemental cuya eficacia depende del grado de pericia del piloto. Presenta **muchas limitaciones**, desde volar próximo al terreno, hasta la dependencia de las condiciones meteorológicas y de visibilidad.

NAVEGACIÓN A ESTIMA

Definición: Es una técnica basada en el uso de tres parámetros: la **velocidad, el tiempo y el rumbo de la aeronave.**

Procedimientos

Se planifica sobre una carta la ruta a seguir, estableciendo una serie de puntos de recorrido que se unen por tramos rectos caracterizados por su **rumbo y su distancia.** Tras verificar la posición de partida, el piloto se dirige hacia el siguiente punto, manteniendo el rumbo establecido en la ruta con la brújula. Si se mantiene una velocidad constante, se puede estimar la posición de la aeronave en cualquier momento, así como el instante en que alcanza el siguiente punto de la ruta, midiendo el tiempo transcurrido en el intervalo.

Observaciones

Las posiciones calculadas son una estimación respecto a la real, al no tener en cuenta factores como la presencia de viento o los errores de pilotaje o instrumentales. Aunque se trate de un tipo de navegación sometido a imprecisiones, su principio de funcionamiento se utiliza en determinados sistemas de ayuda a la navegación, como la navegación inercial.

NAVEGACIÓN RADIOELÉCTRICA

Definición: Es una técnica instrumental basada en el vuelo hacia o desde radioayudas.

Procedimientos

Se establece la ruta de vuelo de forma que **los puntos de recorrido coincidan con estaciones terrestres de radioayudas.** El piloto dirige la aeronave de estación en estación, utilizando la información de navegación (posición y guiado) proporcionada por las propias radioayudas.

Observaciones:

La imposibilidad de determinar trayectorias de vuelo flexibles impide una utilización óptima del espacio aéreo y aumenta la complejidad de las operaciones. Además, tiene importantes repercusiones en los costes operativos y medioambientales.

NAVEGACIÓN DE ÁREA

Definición: Es una técnica de navegación que permite a la aeronave desplazarse en cualquier trayectoria deseada.

Procedimientos

La ruta se define mediante las **coordenadas de latitud y longitud** de los puntos de recorrido que se establezcan, sin necesidad de que éstos coincidan con instalaciones terrestres de radioayudas. El piloto ejecuta las funciones de navegación según las instrucciones proporcionadas por los **equipos RNAV de abordó**, que determinan automáticamente los datos de posición y guiado a partir de la información tomada de los distintos dispositivos de ayuda a la navegación de los que dispone la aeronave, de acuerdo con la ruta programada.

Observaciones:

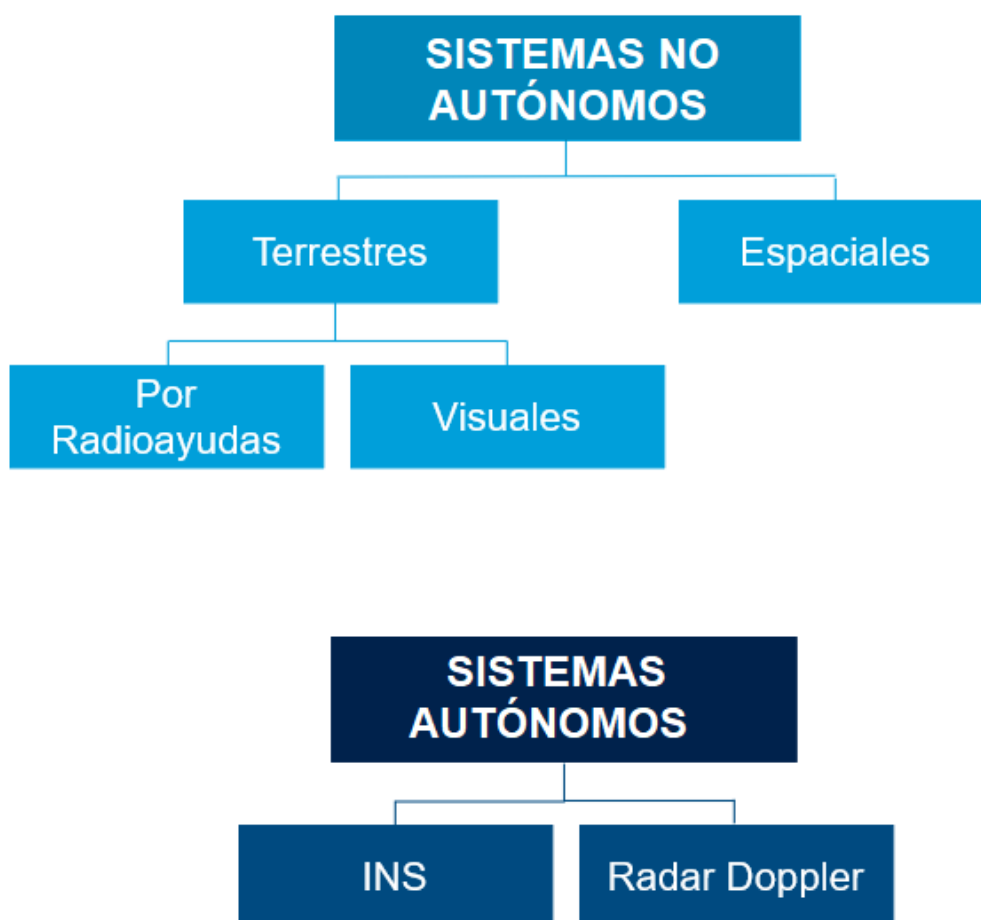
Se desarrolla en el punto siguiente dado la importancia que tienen en la actualidad

/ 2. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

/ 2.1. INTRODUCCIÓN

Los inicios de la navegación aérea se basaron en el cálculo y las técnicas de navegación visual, pero el desarrollo de la aviación a lo largo del siglo pasado obligó a crear sistemas de navegación más precisos que permitieran navegar en cualquier condición meteorológica.

Los diferentes sistemas de navegación aérea pueden clasificarse en función de las técnicas utilizadas y de los elementos que los integran:



/ 2.2. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMOS

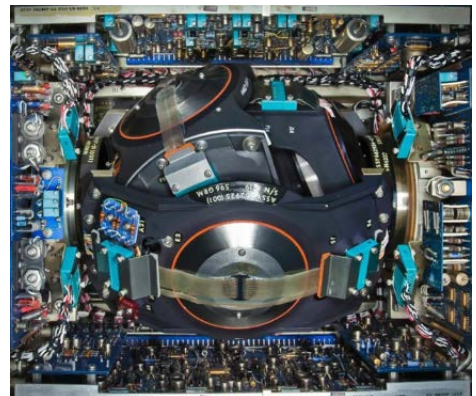
Se compone de un equipo de a bordo capaz de calcular y **proporcionar al piloto la información de posición y guiado de la aeronave**, basándose en la medición directa de diferentes parámetros de vuelo (velocidad, presión, etc.) y actitud (es decir, su posición respecto a sus ejes principales).

Son sistemas de altas prestaciones, al no requerir de una infraestructura externa a la aeronave, y se suelen utilizar en zonas donde no existe la cobertura de otro tipo de ayudas.

/ 2.2.1 INS (INERTIAL NAVIGATION SYSTEM / SISTEMA DE NAVEGACIÓN INERCIAL)

El INS es un sistema de ayuda a la navegación que proporciona a una aeronave **información de posición**, que permite determinar la situación exacta del avión sin requerir ninguna referencia externa para su funcionamiento.

El INS es completamente independiente de las transmisiones terrestres o espaciales y funciona de manera pasiva (no emiten señal).



Además, el INS proporciona:

- Velocidad con respecto a tierra.
- Posición instantánea.
- Distancia a un destino u objeto preestablecido.

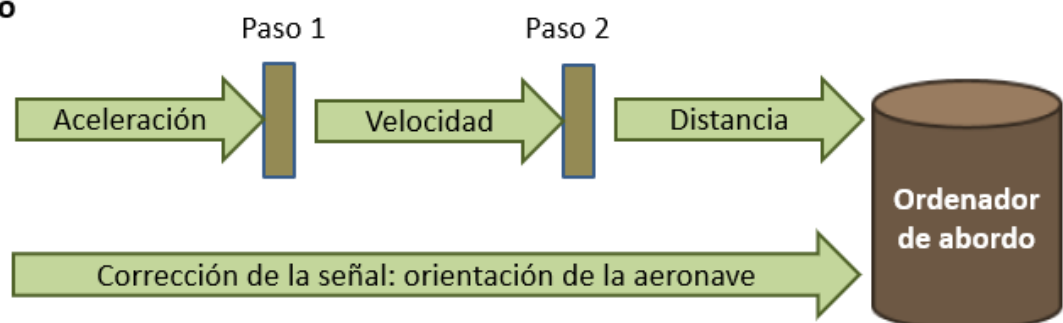
El **principio básico de la navegación** inercial es sencillo. Partiendo de un punto conocido, el sistema calcula la posición de la aeronave a partir de la dirección y la velocidad recorrida desde el inicio de la navegación.

1. Las aceleraciones son detectadas por tres acelerómetros¹.
2. Estas aceleraciones se integran a lo largo del tiempo para determinar los cambios en la velocidad, luego la velocidad se integra por segunda vez para determinar la distancia recorrida.
3. Finalmente, a través de los giroscopios², podremos conocer el cambio de orientación de la aeronave a partir de una orientación inicial.

Acelerómetro



Giroscopio



¹ Acelerómetro es un instrumento que mide la aceleración de una aeronave.

² El giróscopo o giroscopio es un dispositivo mecánico que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato o aeronave.

/ 2.2.2 RADAR DOPPLER

El Radar Doppler **es un sistema de ayuda a la navegación que usa el efecto Doppler** en los ecos de retorno de blancos para proporcionar al piloto la información no sólo del **rumbo, distancia y altitud, sino también de la velocidad.**

¿CÓMO FUNCIONA?

El Equipo de abordo de un Radar Doppler consiste en un transmisor de señales localizado en el avión que dirige hacia el suelo tres o cuatro haces de ondas electromagnéticas.



Estas ondas se reflejan en la superficie de la tierra y una porción de la energía reflejada es recibida por un receptor de ondas situado también en el avión.



La información recibida es procesada por el ordenador de abordo, que a través de un instrumento visual proporciona la distancia transversal a la ruta preseleccionada y la distancia por recorrer a lo largo de la ruta.

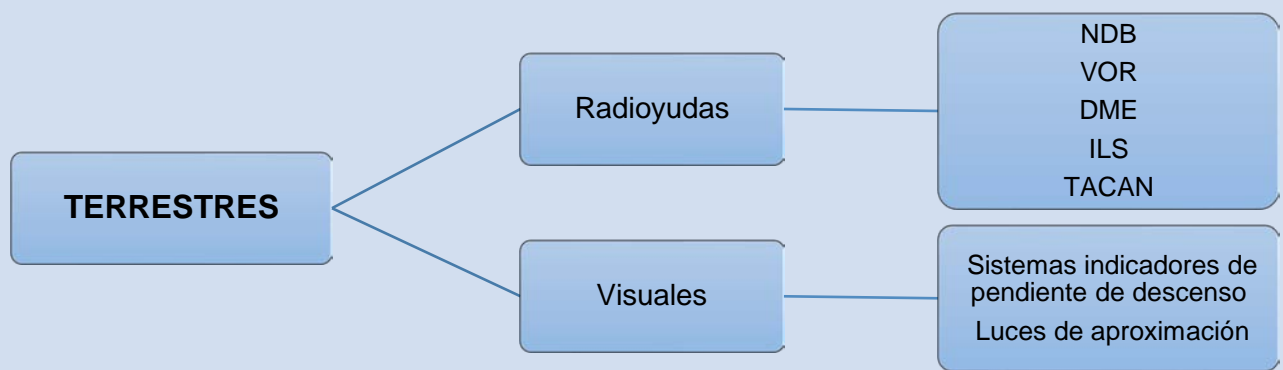


/ 2.3. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTONÓMOS

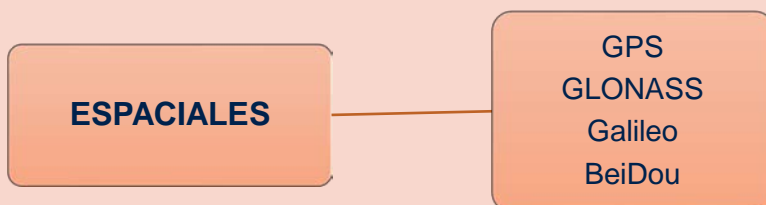
Se componen de un **equipo de a bordo** capaz de calcular y proporcionar a piloto la información de navegación a partir de los datos suministrados por una **infraestructura externa a la aeronave**.

Hay dos tipos:

Son los que utilizan una infraestructura auxiliar constituida por **instalaciones fijas terrestres**.



La infraestructura externa a la aeronave incluye una **constelación de satélites**, cada uno de los cuales suministra información de navegación mediante su codificación y emisión en señales de radiofrecuencia. Estas señales son captadas y decodificadas por el equipo de a bordo del sistema, que puede proporcionar al piloto los datos de posición y guiado.



/ 2.4. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTONÓMOS Y TERRESTRES: RADIOAYUDAS

Son aquellos en los que la infraestructura externa a la aeronave está constituida por **estaciones terrestres fijas**, las cuales suministran la información de navegación mediante su codificación y emisión en **señales de radiofrecuencia**.

Estas señales son captadas y decodificadas por el equipo de a bordo del sistema, dando al piloto los datos de posición y guiado.

Existen 5 tipos:

NDB	N on- D irectional B eacon. Radiofaro no direccional.
VOR	V ery high frequency O mnidirectional R ange. Radiofaro onmidireccional de muy alta frecuencia.
DME	Distance Measuring Equipment. Equipo medidor de distancia.
ILS	I nstrument L anding S ystem. Sistema de aterrizaje por instrumentos.
TACAN	T actical A ir N avigation System. Sistema táctico de navegación aérea.

/ 2.4.1 NDB: NON DIRECTIONAL BEACON / RADIOFARO NO DIRECCIONAL

El NDB es un sistema de ayuda a la navegación, que proporciona a una aeronave guiado horizontal, es decir, **rumbos**.

EQUIPO EN TIERRA

El equipo en tierra del sistema es un *radiotransmisor* que transmite señales en todas las direcciones.

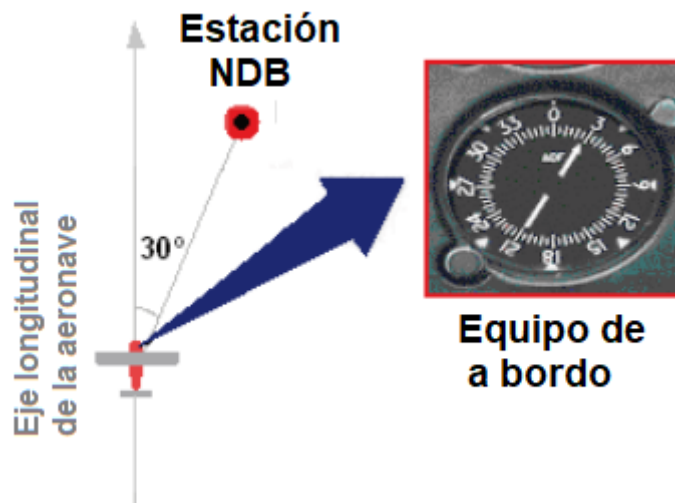
La información se envía a 360°, por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se encuentre la aeronave, siempre y cuando esté dentro de la cobertura de la señal.



EQUIPO DE A BORDO

El equipo de a bordo del sistema es el **ADF** (Automatic Direction Finder / Radiofaro no direccional).

Este equipo indica la dirección desde la que se reciben las señales de la estación terrestre NDB seleccionada, es decir, **el rumbo relativo a la estación**.



El propósito básico de un ADF en un avión es que su aguja apunte directamente hacia la estación terrestre NDB seleccionada, de manera que:

- Si la aguja del ADF apunta hacia arriba, el NDB está por delante, y nos acercamos a él.
- Si la aguja del ADF apunta hacia abajo, el NDB está detrás, y nos alejamos de él.
- Si la aguja del ADF apunta hacia un lado, el NDB se encuentra en algún lugar de ese lado.



La señal transmitida de un NDB sigue un patrón de radiación omnidireccional, pero su señal no es utilizable o **no se recibe sobre la propia estación**. Sobre la estación se genera un "cono de silencio" invertido donde la intensidad de la señal es demasiado baja para ser utilizada, lo que causa indicaciones erróneas del equipo.

Cabe señalar que el período durante el cual una aeronave no recibirá señales utilizables aumentará a medida que aumente la altitud.



IDENTIFICACIÓN

Cada NDB dispone de su propia identificación que consistirá en:

- Un nombre en lenguaje claro:

Almería

Andraitx.

- Un nombre corto o abreviado, de dos o tres letras codificadas en Morse, emitidas mediante un tono de audio:

AMN para Almería

ADX para Andraitx.

- Su nombre corto o abreviado en código Morse

El símbolo que se utiliza para representar un NDB es:

Notificación	A petición		Obligatoria
NDB			

Detalle del AIP-España, GEN 2.3

/ 2.4.2 VOR (VERY HIGH FREQUENCY OMNIDIRECTIONAL RANGE / RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL DE MUY ALTA FRECUENCIA)

El VOR proporciona **información para el guiado horizontal respecto a una línea de situación magnética**.

A diferencia del NDB, que transmite una señal no direccional, la señal transmitida por el VOR contiene información direccional que genera 360 radiales/trayectos, los cuales están alineados en relación con el norte magnético en la ubicación del VOR.

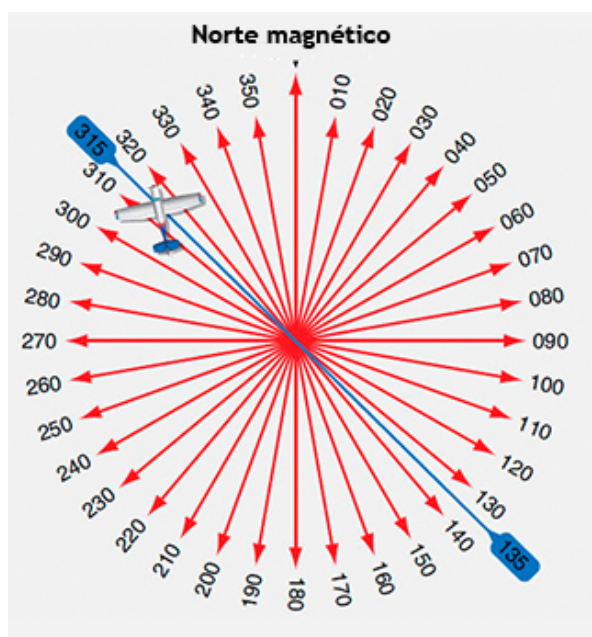


Imagen de www.aviatorbluewings.com

El VOR es un sistema de corto y medio alcance utilizado en las fases de vuelo de ruta, llegada, salida y aproximación.

EQUIPO DE TIERRA

El equipo de tierra consiste en una estación de tierra VOR, que es un pequeño edificio bajo, rematado con un disco blanco plano, sobre el cual se encuentran las antenas VOR.



EQUIPO DE A BORDO

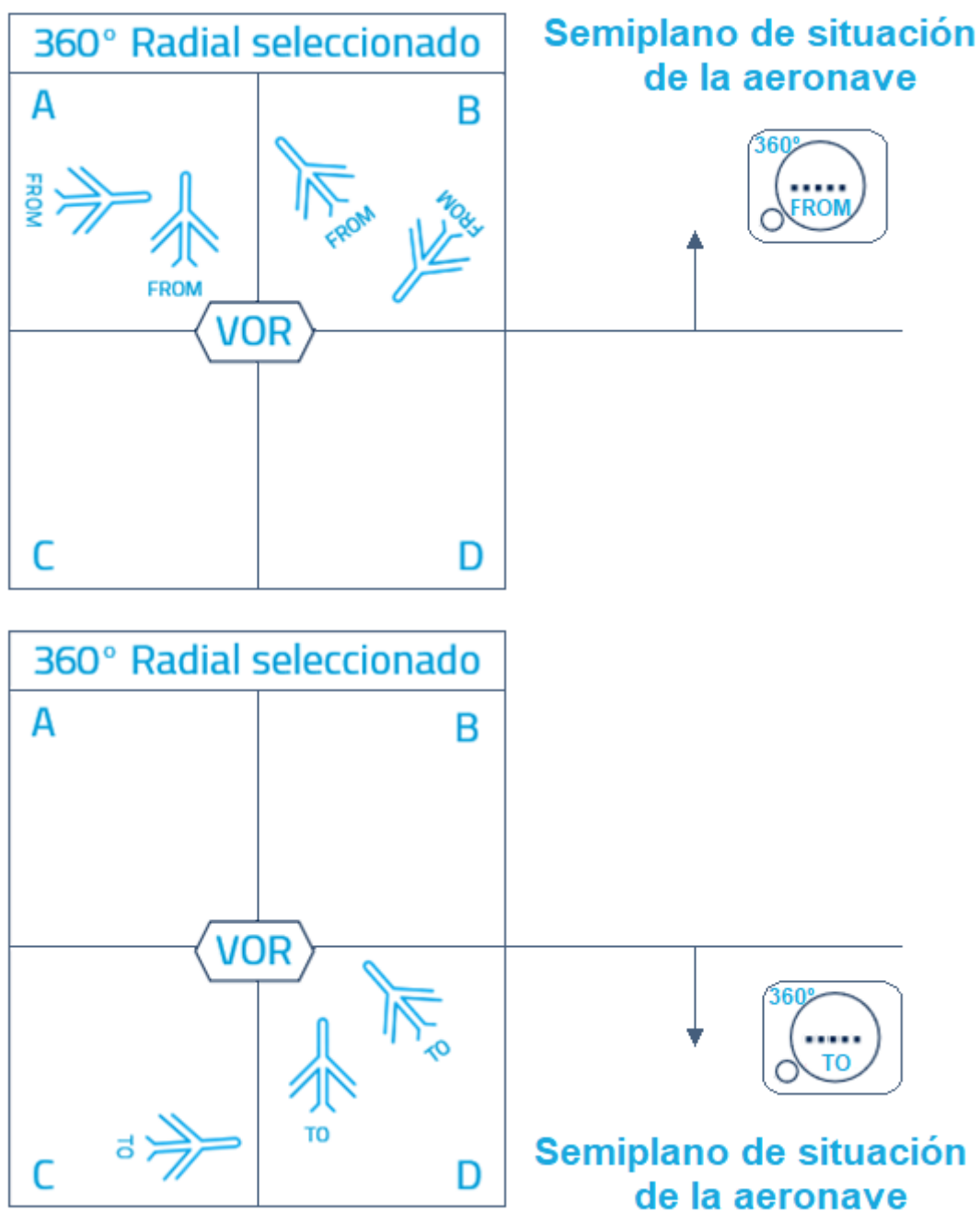
El equipo de a bordo es el **HSI** (Indicador Horizontal de Situación / Horizontal Situation Indicator). Incluye una antena, un receptor y el instrumento indicador.

El instrumento indicador de a bordo se compone de los siguientes elementos:

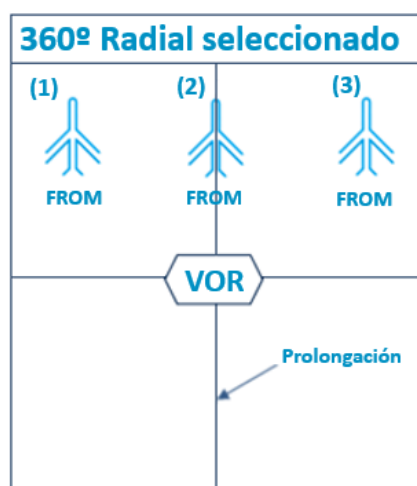
- **OBS** (Omni-Bearing Selector /Selector de Radiales): Dispositivo que permite al piloto seleccionar el radial de vuelo que desea utilizar, siendo capaz de diferenciar un de los 360 radiales.
- **CDI** (Course Deviation Indicator / Indicador de Desviación de Curso): Aguja situada en el centro del instrumento que determina el desplazamiento de la aeronave hacia la derecha o izquierda del radial seleccionado. Esta información indica mando, es decir, lo que debe hacer el piloto para mantener a la aeronave sobre el radial seleccionado (aguja centrada).
- **Indicador TO/FROM**: Dispositivo que muestra si la aeronave está volando hacia (TO) o desde (FROM) la estación terrestre.



La indicación TO-FROM determina el semiplano de situación de la aeronave, **independientemente del rumbo**. Aparecerá FROM en la ventanilla del indicador, cuando la aeronave esté situada en el semiplano que contiene al radial seleccionado, y aparecerá TO, cuando el receptor esté situado en cualquier punto del semiplano que contiene a la prolongación del radial seleccionado.

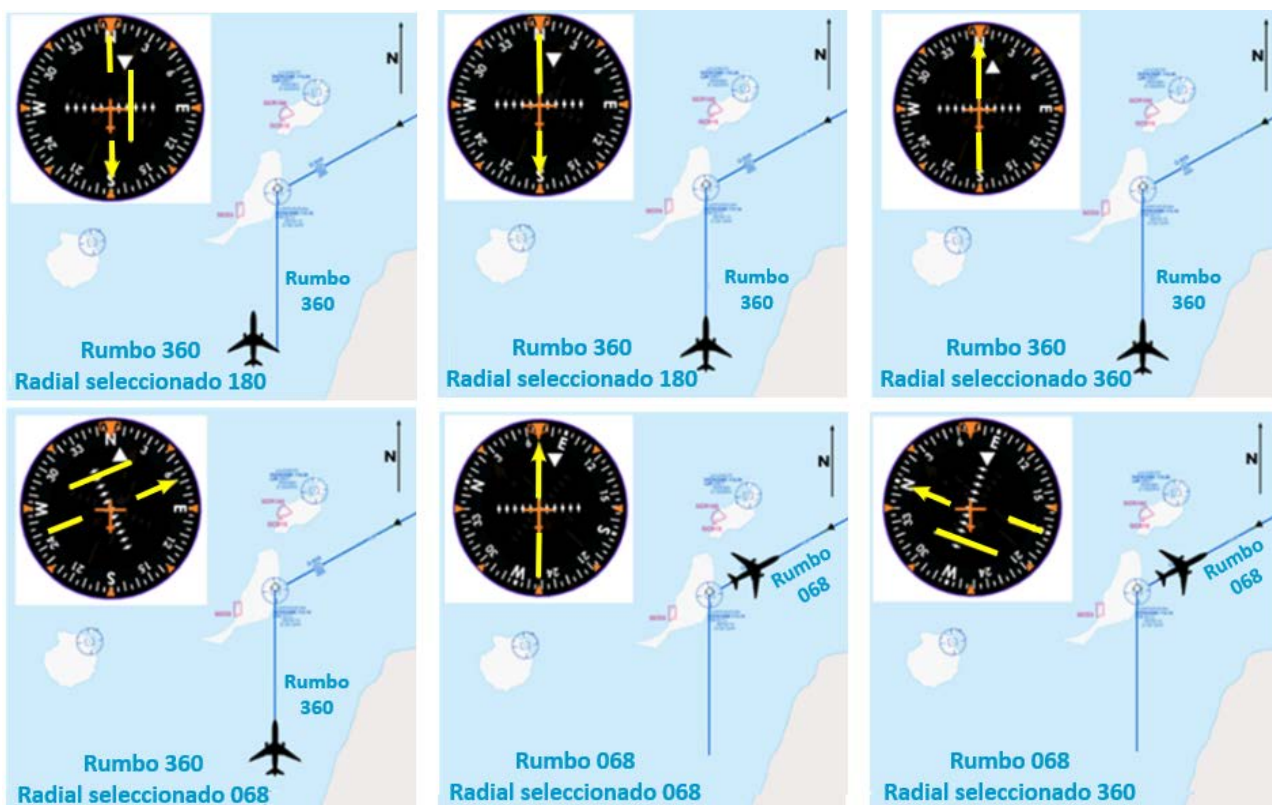


La indicación del CDI determina el cuadrante de situación (dentro del semiplano de situación), proporcionando la posición del radial seleccionado -o su prolongación- con relación a la aeronave, independientemente del rumbo.



- (1)  El CDI del receptor del avión 1 indica que el radial seleccionado está a su derecha.
- (2)  El CDI del receptor del avión 2 indica que está situado exactamente sobre el radial seleccionado.
- (3)  El CDI del receptor del avión 3 indica que el radial seleccionado está a su izquierda.

Veamos a continuación algunos ejemplos.



IDENTIFICACIÓN

Cada VOR dispone de su propia identificación que consistirá:

- Un nombre en lenguaje claro:

Altet

Perales de Tajuña

- Un nombre corto de dos o tres letras codificadas en Morse emitidas mediante un tono de audio.

ALT para Altet

PDT para Perales de Tajuña

- Su nombre corto o abreviado en código Morse

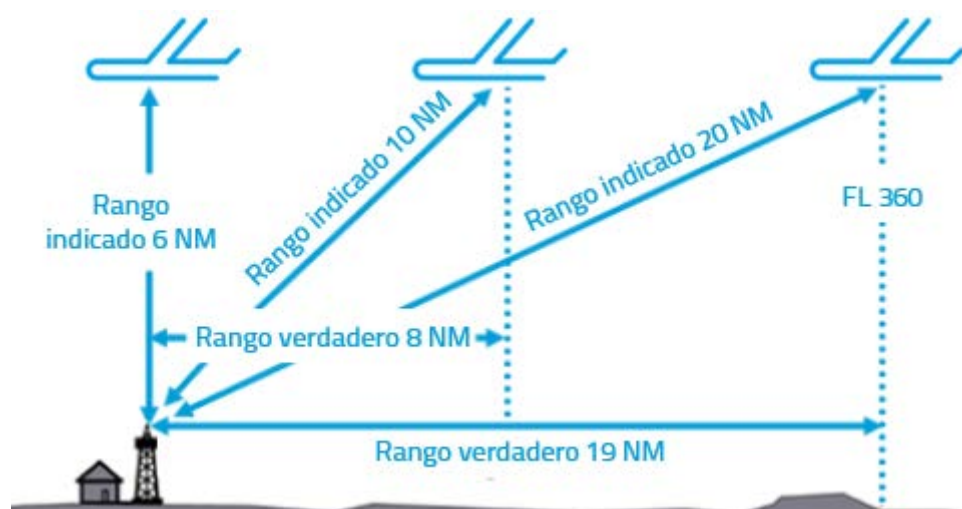
El símbolo que se utiliza para representar un VOR es:

Notificación	A petición	Obligatoria
VOR		

Detalle del AIP-España, GEN 2.3

/ 2.4.3 DME (DISTANCE MEASURING EQUIPMENT / EQUIPO MEDIDOR DE DISTANCIA)

El DME es un sistema de ayuda a la navegación que proporciona información de la distancia oblicua entre una aeronave y una estación en tierra.



EQUIPO DE TIERRA

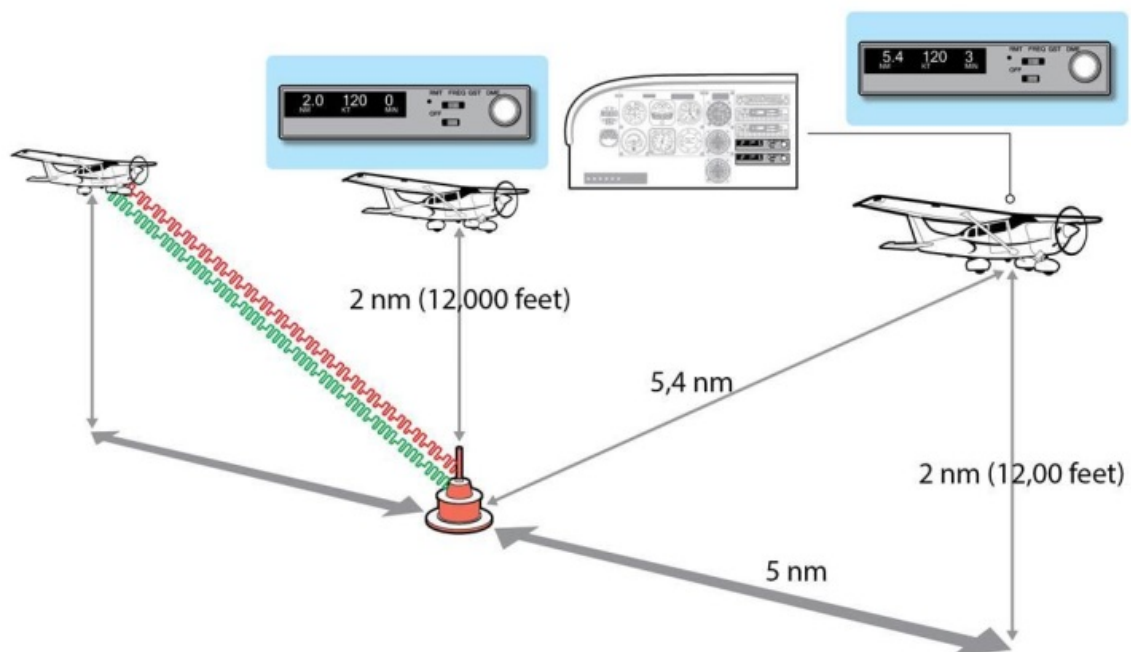
El equipo de tierra consta de un receptor y un transmisor.



EQUIPO DE A BORDO

El equipo de a bordo consiste en:

- Una antena de hoja omnidireccional.
- Un transmisor/receptor, un medidor de tiempo y un panel de control.
- Una unidad de visualización.



El equipo de a bordo DME transmite una serie de señales que son recibidas por el equipo de tierra. Éste procesa las señales y las devuelve al avión que las generó. El equipo de a bordo calcula la distancia al equipo terrestre.

El cálculo de la distancia se realiza con el tiempo que emplea la señal en hacer el viaje de ida y vuelta, obteniéndose automáticamente la información en millas náuticas.

La estación DME sólo puede servir a un número determinado de usuarios, aunque dependerá del tipo y de las características operacionales de la instalación.

El uso del DME como medidor de distancia, tiene como ventajas que **no está influenciado por las interferencias atmosféricas**.

El DME es un sistema utilizado como complemento a otras radioayudas. La instalación más típica es el VOR/DME.

IDENTIFICACIÓN

Cada DME dispone de su propia identificación que consistirá:

- Un nombre en lenguaje claro:
 - El Hierro.
- Un nombre corto de dos o tres letras codificadas en Morse emitidas mediante un tono de audio.
 - HR para El Hierro.
- Si complete a un VOR o a un ILS, comparten la identificación
 - Nombre en lenguaje claro para VOR/DME: Hinojosa del Duque.
 - Nombre corto para VOR/DME: HIJ.
- Su nombre corto o abreviado en código Morse.

El símbolo que se utilizan en relación con un DME es:

DME	
VOR/DME	

Detalle del AIP-España, GEN 2.3

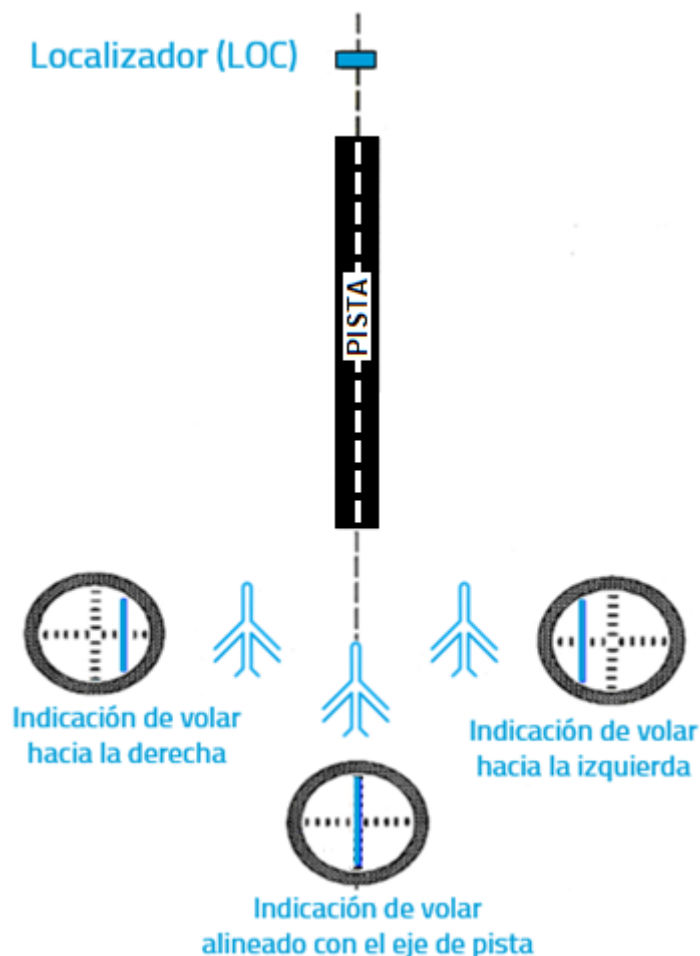
/ 2.4.4 ILS (INSTRUMENT LANDING SYSTEM / SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS)

El ILS es un sistema de ayuda a la navegación, que proporciona a una aeronave **información de precisión para guiado horizontal (dirección) y vertical (trayectoria de planeo en descenso) en la fase de aproximación y aterrizaje.**

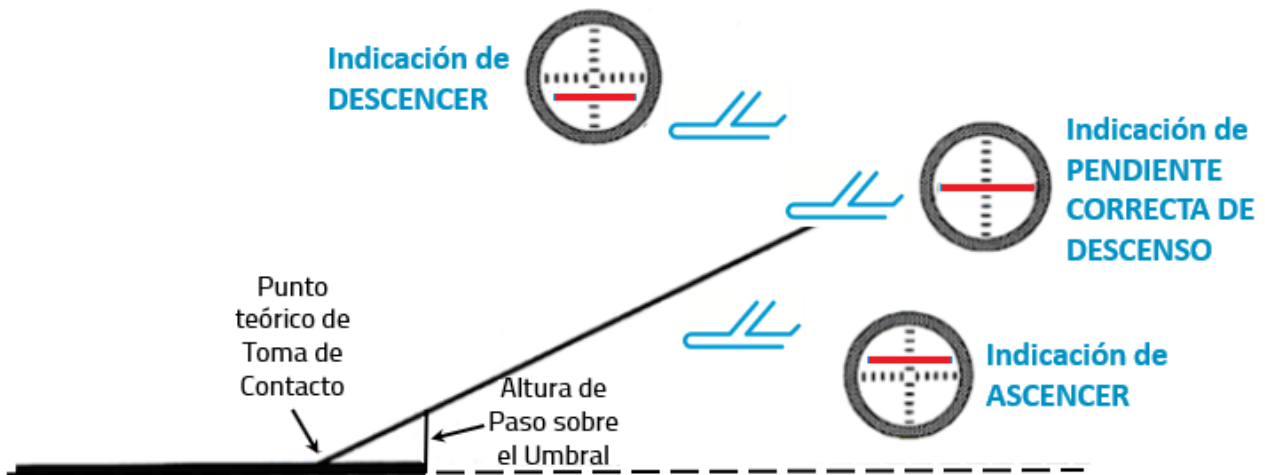
EQUIPO DE TIERRA Y A BORDO

El **equipo de tierra** consta de los siguientes componentes:

1. **Localizador** (LOC, Localizer) que proporciona guía horizontal (izquierda/derecha) a lo largo de la línea central extendida de la pista.



2. **Senda de planeo** (GS, Glide-Path) que proporciona orientación vertical (arriba/abajo) hacia el punto de aterrizaje de la pista, generalmente en una pendiente de 3°.



3. **Radiobalizas:** en la actualidad este sistema **está completamente en desuso**, ha sido reemplazado por el DME. Existían 3, exterior, intermedia e interior, cuya función era estar a una distancia determinada del umbral, y, cuando la aeronave pasaba sobre ellas, recibía un aviso, con lo que conocía la distancia a la que se encontraba del umbral.
4. **DME:** que proporciona la distancia al umbral de aterrizaje.

El **equipo de a bordo** consiste en un equipo antena/receptor instalado en la aeronave, encargado de procesar las señales recibidas por los componentes terrestres del sistema, y un sistema que las interpreta y las presenta por medio de indicaciones visuales y acústicas. Son los avisos que en los gráficos anteriores vemos de virar a la izquierda o derecha, o ascender o descender o se va correctamente.

CATEGORÍAS

Se han definido tres categorías de actuación de las instalaciones, en función de las diferentes necesidades operacionales, de acuerdo con el Anexo 10, Vol. I, de Julio 2018, de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), y teniendo en cuenta dos parámetros:

1. **Alcance visual en pista (RVR):** Distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que señalan su eje.
2. **Altura de decisión (DH):** Altura específica en la aproximación de precisión con respecto a la elevación del umbral, a la cual debe iniciarse una maniobra de aproximación frustrada si no se ha establecido la referencia visual requerida para continuar la aproximación y aterrizaje.

CATEGORÍA DE OPERACIÓN	ALCANCE VISUAL EN PISTA (RVR) (metros)	ALTURA DE DECISIÓN (DH) (metros)
ILS CAT I	No inferior a 550	No inferior a 60
ILS CAT II	No inferior a 300	Inferior a 60, no inferior a 30
ILS CAT III-A	No inferior a 175	0 a 30
ILS CAT III-B	Inferior a 175, No inferior a 50	0 a 15
ILS CAT III-c	0	0

IDENTIFICACIÓN

Cada ILS dispone de su propia identificación que consistirá:

- Un nombre en lenguaje claro generalmente coincide con el aeródromo al que presta servicio, pista a la que sirve:

Barajas, pista 32L

- Un nombre corto de dos o tres letras codificadas en Morse emitidas mediante un tono de audio.

MAA para el ILS de la pista 32L

- Si un DME completa a un ILS, comparten la identificación

Nombre en lenguaje claro para ILS/DME RWY 32L: Barajas, pista 32L

Nombre corto para ILS/DME RWY 32L: MAA

- Su nombre corto o abreviado en código Morse

El símbolo que se utilizan en las aproximaciones:



Detalle del AIP-España, GEN 2.3

/ 2.4.5 TACAN

Proviene del término inglés Tactical Air Navigation System, es decir, Sistema táctico de navegación aérea.

Es un sistema de navegación **utilizado por los militares**, que proporciona **información de rumbo y distancia a la estación TACAN**.

Puede acompañar a un VOR, en cuyo caso proporcionará solo distancia.

/ 2.5. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTÓNOMOS TERRESTRES: VISUALES

Son aquellos cuya infraestructura externa a la aeronave está constituida por **agrupamientos de luces**, que suministran la información de navegación mediante su disposición sobre el terreno y la utilización de códigos de colores.

En este caso, **no existe un dispositivo a bordo específico**, siendo el piloto de la aeronave quien debe interpretar la información proporcionada por los elementos luminosos.

Existen 2 **tipos**:

- Sistemas indicadores de pendiente de descenso.
- Luces de aproximación.

Este apartado se desarrolla en el Manual de Aeródromo.

/ 2.6. SISTEMAS DE NAVEGACIÓN NO AUTÓNOMOS: ESPACIALES

Aquellos, cuya infraestructura externa a la aeronave incluye una constelación de satélites, cada uno de los cuales suministra información de navegación mediante su codificación y emisión en señales de radiofrecuencia.

Estas señales son captadas y decodificadas por el equipo de a bordo del sistema, que puede proporcionar al piloto los datos de posición y guiado.



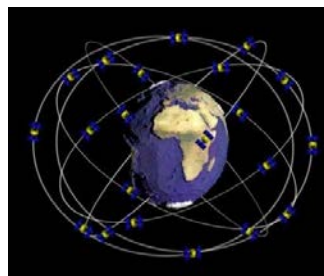
/ 2.6.1. EL SISTEMA MUNDIAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

El sistema GNSS (Global Navigation Satellite System / Sistema Global de Navegación por Satélite) es un sistema de navegación y posicionamiento geoespacial de cobertura global, proporcionando, con mucha exactitud, la posición (metros) y el tiempo (nanosegundos) en todo el mundo.

FUNCIONAMIENTO

La arquitectura de un sistema de navegación por satélite consta de tres componentes:

- a) **EL SEGMENTO ESPACIAL:** está formado por los satélites, conocidos colectivamente como una **constelación**, que emiten señales de radiofrecuencia con mensajes de navegación a partir de los cuales se calcula la posición del receptor.



Las señales emitidas por los satélites incorporan:

- **Códigos de distancia**, que permiten al equipo del usuario determinar la hora a la que se transmiten las señales recibidas.
- **Mensajes de datos de navegación**, que incluye parámetros de temporización e información sobre las órbitas del satélite.

- b) **EL SEGMENTO DE CONTROL:** también llamado segmento terrestre.

Consiste en una **red de estaciones terrestres de seguimiento y control** a fin de:

- Mantener los satélites en la órbita apropiada mediante maniobras de mando.
- Ajustar los relojes satelitales para un funcionamiento adecuado de la constelación.

- c) **EL SEGMENTO DE USUARIO:** formado por los **receptores** que captan y procesan las señales transmitidas por los satélites, **proporcionando la posición y el tiempo a los usuarios** (aeronaves).

TIPOS DE SISTEMA

GPS



Origen: ESTADOS UNIDOS.

Segmento espacial:

- ▶ Constelación: 33 satélites, pero solo necesarios 24 para los cálculos de posicionamiento, el resto son de respaldo y pruebas.
- ▶ Altura: 20.200 km.
- ▶ Planos orbitales: 6.

Segmento de control: Está formado por estaciones de seguimiento y control distribuidas por todo el mundo con una estación principal, 4 antenas en tierra y 5 estaciones de seguimientos.

GLONASS



Origen: RUSIA.

Segmento espacial:

- ▶ Constelación: 24 satélites más 2 de respaldo.
- ▶ Altura: 19.130 km
- ▶ Planos orbitales: 3

Segmento control: El segmento de control en tierra está compuesto por el Centro de Control de Sistemas situado en la zona de Moscú, y varias estaciones de telemetría, seguimiento y control distribuidas por todo el territorio ruso.

GALILEO



Origen: EUROPA.

Segmento espacial:

- ▶ Constelación: utiliza 30.
- ▶ Altura: 23.222 km.
- ▶ Planos orbitales: 3.

Segmento control: Dispone de un centro de operaciones principal ubicado en Alemania, un centro de respaldo en Italia, distintas estaciones de transmisión de información a los satélites y estaciones de Seguimiento, Telemetría y Telecomando a nivel mundial.

BEIDOU



Origen: CHINA

Segmento espacial:

- ▶ Constelación: 33 satélites, utilizará 35.
- ▶ Altura: 21.150 km.
- ▶ Planos orbitales: 3

Segmento control: Tiene una estación de control maestra responsable del control de la constelación de satélites y del procesamiento de las mediciones recibidas, y tres estaciones de seguimiento terrestre en Jamushi, Kashi y Zhanjiang, además cuenta con 30 estaciones de monitoreo que recopilan datos de todos los satélites a la vista.

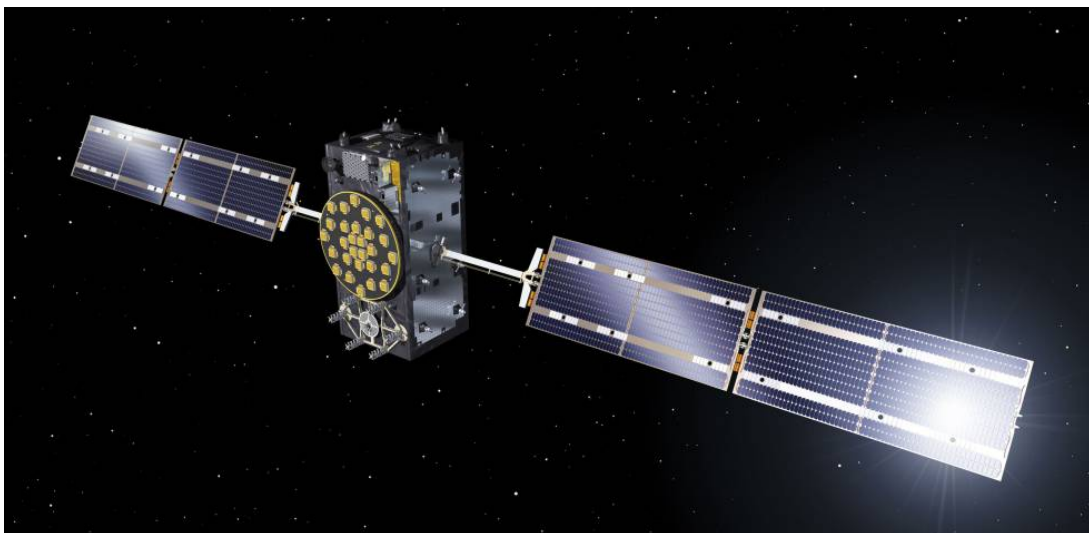
Además, de estos sistemas mundiales, existen dos sistemas regionales, IRNSS en India y QZSS en Japón.

/ 2.6.2 SISTEMAS DE AUMENTACIÓN

Para mejorar las prestaciones de navegación de los sistemas GNSS básicos (GPS, GLONASS, Galileo o BeiDou, o en el futuro, una combinación de ellos) y hacerlos aptos para el uso en la navegación aérea, se desarrollan los sistemas de aumentación.

Estos sistemas proporcionan **correcciones y/o información de integridad** al receptor (segmento usuario) que los usa para aumentar las prestaciones de exactitud, integridad, continuidad y disponibilidad del sistema GNSS.

Cada sistema de aumentación tiene su área de servicio dentro de la cual se recibe y se puede usar su señal de aumentación. El uso de cada tipo de sistema de aumentación requiere capacidades específicas en los receptores/equipos de a bordo.



Existen tres tipos de sistemas de aumentación:

SBAS	GBAS	ABAS
<p><u>Siglas:</u> Sistema de aumentación basado en satélite / Satellite-based augmentation system.</p>	<p><u>Siglas:</u> Sistema de aumentación basado en tierra / Ground-based augmentation system.</p>	<p><u>Siglas:</u> Sistema de aumentación basado en la aeronave / Aircraft-based augmentation system.</p>
<p><u>Área de servicio:</u> Este sistema mejora las prestaciones de un sistema GNSS básico sobre un área de servicio amplio (región).</p>	<p><u>Área de servicio:</u> Este sistema mejora las prestaciones de un sistema GNSS básico sobre un área de servicio local (cerca del aeropuerto en el que se instala).</p>	<p><u>Área de servicio:</u> Su área de servicio es global.</p>
<p><u>Funcionamiento:</u> Proporciona correcciones a las señales de los GNSS para mejorar la estimación de la posición geográfica, la integridad de los datos y disponibilidad de las señales de navegación a través de satélites geoestacionarios. EGNOS es el SBAS desarrollado en Europa.</p>	<p><u>Funcionamiento:</u> Proporciona correcciones a las señales de los GNSS para mejorar la estimación en la posición geográfica, la integridad de los datos, así como la continuidad y disponibilidad de las señales de navegación emitiendo la información de aumentación a través de una o varias antenas VHF en tierra.</p>	<p><u>Funcionamiento:</u> Aumenta y/o integra la información GNSS con la información disponible a bordo de la aeronave. La más común se realiza mediante mediciones redundantes de distancia de los satélites con el fin de detectar señales defectuosas y avisar al piloto.</p>
<p><u>Fases:</u> El sistema SBAS habilita PBN en todas las fases de vuelo, y dependiendo donde nos situemos dentro de su área de servicio, puede llegar a habilitar aproximaciones de precisión³.</p>	<p><u>Fases:</u> Habilita aproximaciones de precisión³, actualmente CAT I y en el futuro CAT II/III.</p>	<p><u>Fases:</u> Solo habilita hasta aproximaciones de no precisión⁴.</p>

³ Las aproximaciones de precisión son aquellas que se apoyan en el ILS completo (localizador y senda de planeo).

⁴ Las aproximaciones de no precisión son aquellas que se basan en VOR, VOR/DME, NDB o ILS sin senda de planeo.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

Es un sistema de aumentación regional basado en satélites (SBAS) desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA), la Comisión Europea y Eurocontrol.

Ideado como un complemento para las redes GPS y GLONASS para proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales, permitiendo una precisión inferior a dos metros.

Garantiza la disponibilidad continua del servicio, excepto en circunstancias extremas. Esto lo hace conveniente para aplicaciones donde la seguridad es crucial, tal como las aplicaciones ferroviarias, la conducción de automóviles o el control del tráfico aéreo.



/ 2.7. TABLA RESUMEN DE LOS SISTEMAS

SISTEMAS AUTÓNOMOS					
Definición		Se componen de un equipo de a bordo capaz de calcular y proporcionar al piloto la información de posición y guiado de la aeronave, basándose en la medición directa de diferentes parámetros de vuelo (velocidad, presión, etc.) y actitud (se denomina actitud de una aeronave a su posición respecto a sus ejes principales). Son sistemas de altas prestaciones, no requieren de una infraestructura externa a la aeronave y se usan para la navegación en zonas donde no existe la cobertura de otro tipo de ayudas.			
Tipos		<ul style="list-style-type: none">▶ Radar Doppler.▶ Equipos inerciales (INS / Inertial Navigation Systems).			
SISTEMAS NO AUTÓNOMOS					
Definición		Se componen de un equipo de a bordo capaz de calcular y proporcionar al piloto la información de navegación, a partir de los datos suministrados por una infraestructura externa a la aeronave			
Tipos	TERRESTRES	Definición	Utilizan una infraestructura auxiliar constituida por instalaciones fijas terrestres.		
		Tipos	POR RADIOAYUDAS	Definición	La infraestructura externa a la aeronave está constituida por estaciones terrestres fijas, las cuales suministran la información de navegación mediante su codificación y emisión en señales de radiofrecuencia. Estas señales son captadas y decodificadas por el equipo de a bordo del sistema, dando al piloto los datos de posición y guiado.
			POR RADIOAYUDAS	Tipos	<ul style="list-style-type: none">▶ NDB▶ VOR▶ DME▶ ILS
		Tipos	VISUALES	Definición	La infraestructura externa a la aeronave está constituida por agrupamientos de luces, que suministran la información de navegación mediante su disposición sobre el terreno y la utilización de códigos de colores. En este caso, no existe un dispositivo de a bordo específico, siendo el piloto de la aeronave quien debe interpretar la información proporcionada por los elementos luminosos.
	Tipos			<ul style="list-style-type: none">▶ Sistemas indicadores de pendiente de descenso▶ Luces de aproximación	
		ESPACIALES	Definición	La infraestructura externa a la aeronave incluye una constelación de satélites, cada uno de los cuales suministra información de navegación mediante su codificación y emisión en señales de radiofrecuencia. Estas señales son captadas y decodificadas por el equipo de a bordo del sistema, que puede proporcionar al piloto los datos de posición y guiado. Estos sistemas, también denominados sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System), tienen la ventaja de proporcionar una cobertura global en toda la superficie terrestre.	
Tipos			<ul style="list-style-type: none">▶ GPS (estadounidense)▶ GLONASS (ruso)▶ Galileo (europeo)▶ BeiDou (chino)		

/ 3. NAVEGACIÓN DE ÁREA

/ 3.1. INTRODUCCIÓN

Navegación de Área es un método de navegación aérea basada en puntos que no se corresponden necesariamente con radioayudas en tierra.

Se define de una forma más técnica: **"el modo de navegación que permite la operación del avión en cualquier trayectoria de vuelo deseada:**

- **dentro de la cobertura de las ayudas para la navegación referidas a una estación terrestre, o**
- **dentro de los límites de las posibilidades de los equipos autónomos, o**
- **de una combinación de ambas".**

Esto elimina la restricción impuesta a las rutas y procedimientos convencionales, por la cual es necesario apoyarse en radioayudas para volar, haciendo que el sistema tenga más flexibilidad y eficiencia operacional.

El concepto de Navegación de Área (RNAV) se ha ido implantando en muchas partes del mundo durante los últimos 20 años utilizando estándares y práctica locales.

Esta dispersión y falta de armonización entre los países condujo a que la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) propusiera el concepto PBN (Navegación basada en prestaciones), que viniera a constituir el marco regulatorio.

/ 3.2. CONCEPTO PBN – PERFORMANCE BASED NAVIGATION

Es un concepto definido por OACI por el que se pretende alcanzar un nivel óptimo de seguridad y eficiencia para los vuelos realizados en un espacio aéreo determinado, condicionando la operatividad en el mismo al cumplimiento de unas prestaciones definidas para la navegación relacionadas con los parámetros de precisión, integridad, continuidad, disponibilidad y funcionalidad.

DEFINICIÓN

- Es la navegación de aérea basada en requisito de performance que se aplican a las aeronaves que realizan operaciones en una ruta ATS (una aerovía, una llegada y/o una salida), en un procedimiento de aproximación por instrumentos o en un espacio aéreo designado.

PARÁMETROS BÁSICOS

- **PRECISIÓN**: Se define como la diferencia entre la posición indicada por el sistema de navegación y la posición real de la aeronave.

INTEGRIDAD: Es el grado de confianza que ofrece el sistema y comprende la capacidad de un sistema para proporcionar advertencias oportunas y válidas al usuario en los casos en que el sistema no debe utilizarse para la operación prevista.

CONTINUIDAD: Se define como la capacidad del sistema para realizar sus funciones durante una determinada operación aérea, sin sufrir interrupciones imprevistas en el servicio. Este parámetro se suele expresar como el número de interrupciones por intervalo de tiempo o por operación.

DISPONIBILIDAD: Se define como la capacidad del sistema para realizar sus funciones al inicio de una operación. Este parámetro se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema se encuentra operativo, cumpliendo simultáneamente con los requerimientos de exactitud, integridad y continuidad.

FUNCIONALIDAD: Hace referencia a las funciones de navegación que el sistema de a bordo debe tener para las operaciones propuestas en un determinado espacio aéreo.

PERMITE OPERAR

- Dentro de un espacio aéreo, este concepto es aplicable a cualquier tipo de operación que se pueda desarrollar en las diversas fases del vuelo.

La PBN tiene dos familias de especificaciones:

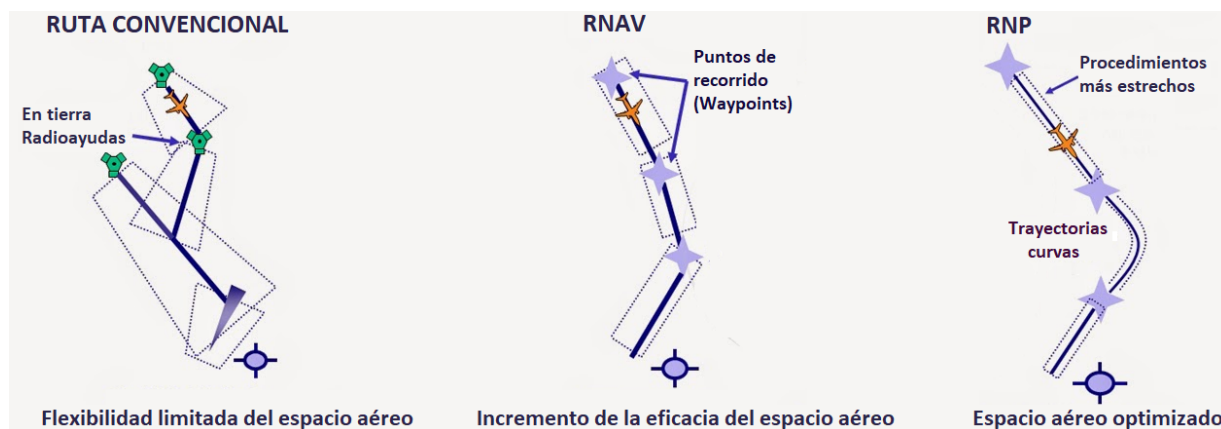


/ 3.2.1 RELACIÓN RNAV/RNP

Para ambas designaciones, RNP y RNAV, la expresión “X” (cuando está indicada) se refiere a **la precisión de navegación lateral** en millas náuticas que se espera que logre, en por lo menos el **95% del tiempo de vuelo**. Así RNAV 5 requiere una precisión de navegación lateral de 5 NM, es decir, 5 NM a cada lado de la ruta deseada por lo menos el 95% del tiempo de vuelo.

De acuerdo con el Doc. 9613 de OACI “Manual de Navegación Basada en Prestaciones PBN”, se definen las siguientes Especificaciones de Navegación, de aplicación a las fases de vuelo indicadas:

- **RNAV 10:** Se utiliza para apoyar operaciones RNAV en la fase de vuelo en ruta para mantener mínimas de separación longitudinal basadas en la distancia, en el espacio aéreo oceánico o dentro de áreas remotas.
- **RNAV 5:** Se utiliza para apoyar operaciones RNAV en la fase de vuelo en ruta para el espacio aéreo continental.
- **RNAV 1 y 2:** Se utilizan para apoyar operaciones RNAV en la fase de vuelo en ruta, en salidas, llegadas y en aproximaciones hasta el punto o fijo donde se empieza la aproximación final.
- **RNP 4:** Se utiliza para apoyar operaciones RNAV en la fase de vuelo en ruta para mantener mínimas de separación longitudinal basadas en distancia en el espacio aéreo oceánico o de áreas remotas.
- **RNP 1:** Se utilizan para apoyar operaciones RNAV en salidas, llegadas y en aproximaciones hasta el punto o fijo donde se empieza la aproximación final con vigilancia ATS limitada o sin ella y con tránsito de baja a media densidad.
- **RNP APCH:** Se utiliza para apoyar operaciones de aproximación RNAV de hasta RNP 0,3 diseñadas con tramos rectos. Se puede incluir un requisito de capacidades baro-VNAV, que es un sistema que proporciona guiado vertical a través de información baroaltimétrica.
- **RNP AR APCH:** Se utiliza para apoyar operaciones de aproximación RNAV con un tramo de aproximación final de RNP 0,3 o menor y está diseñada para tramos rectos y/o tramos de radio fijo.
- **RNP 0.3:** La especificación RNP 0.3 está principalmente dirigida a operaciones de helicópteros.



Detalle de flap152.com (Roberto Julio Gómez)

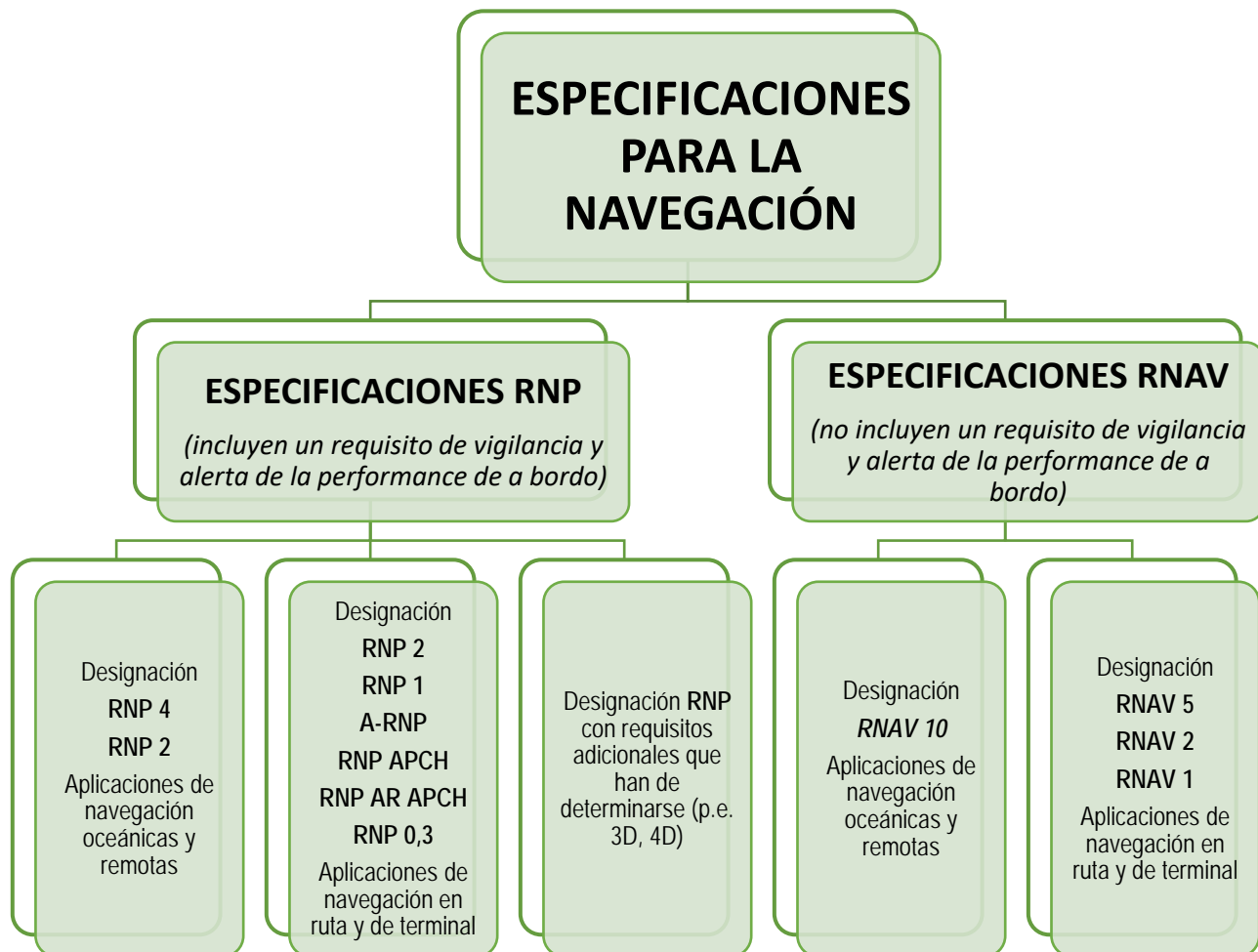
Aunque están siendo progresivamente sustituidas para adecuarse al Doc. 9613, aún existen dos tipos de RNAV que hay que tener en cuenta:

▪ **NAVEGACIÓN DE ÁREA BÁSICA (B-RNAV):**

- ◆ Se introdujo para la navegación en ruta.
- ◆ El B-RNAV requiere que la aeronave se ajuste a una precisión de mantenimiento de la trayectoria de ± 5 NM, durante al menos el 95% del tiempo de vuelo, para garantizar que se consiguen los aumentos de capacidad, al tiempo que se cumplen los objetivos de seguridad exigidos.
- ◆ Corresponde a la actual RNAV 5.

▪ **NAVEGACIÓN DE ÁREA DE PRECISIÓN (P-RNAV):**

- ◆ Se introdujo para aplicaciones de RNAV totalmente adecuadas también para operaciones en ruta y/o TMA. Ofrece la posibilidad de utilizar la funcionalidad RNAV en todas las fases del vuelo, excepto en la aproximación final.
- ◆ El P-RNAV requiere que la aeronave cumpla con una precisión de rastreo de ± 1 NM, durante al menos el 95% del tiempo de vuelo, junto con una funcionalidad avanzada y bases de datos de navegación de alta integridad.
- ◆ Corresponde a la actual RNAV 1.



/ 3.2.2 VENTAJAS DEL CONCEPTO PBN

El PBN ofrece un amplio rango de ventajas sobre el método de sensores específicos de desarrollo de criterios para la localización de obstáculos y espacios aéreos:

1. **Reduce la necesidad de mantener rutas y procedimientos exclusivos de algunos sensores.**

Por ejemplo, mover un único VOR puede impactar en docenas de procedimientos, puesto que un VOR puede ser usado en rutas, aproximaciones de VOR, aproximaciones fallidas, etc. Añadiendo nuevos procedimientos específicos para sensores se aumentaría este coste, lo cual unido al rápido crecimiento de los sistemas de navegación disponibles, haría que pronto las rutas y procedimientos de uso exclusivo de sensores fueran demasiado caros.

2. **Evitar la necesidad de desarrollar operaciones específicas de sensores** con cada nueva evolución de los sistemas de navegación, lo cual degeneraría en un coste desorbitado.

Se espera que la expansión de los servicios de navegación por satélite contribuya a la continua diversificación de los sistemas RPN y RNAV en distintas aeronaves.

El equipamiento básico original del GNSS está evolucionando debido al desarrollo al que se están viendo sometidos sistemas tales como el Sistema de Aumento Basado en Satélites SBAS, o el Sistemas de Aumento basados en el Suelo (GBAS) y los Sistemas Regionales de Aumento basados en el Suelo (GRAS), mientras que la introducción de Galileo y la modernización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y el Sistema de Satélites de Navegación Global (GLONASS) impulsarán la mejora del desempeño del GNSS. El uso de sistemas GNSS/inerciales integrados también está aumentando.

3. **Permite un uso más eficiente del espacio aéreo** (planteamiento de las rutas, eficiencia de combustible y mitigación de ruidos).
4. **Aclara cómo funcionan los sistemas RNAV.**
5. **Facilita el proceso de aprobación de las operaciones para las autoridades** de aviación civil aportándoles un conjunto limitado de especificaciones de navegación previsto para un uso generalizado.

/ 4. FUNCIONES Y SISTEMAS DE VIGILANCIA

/ 4.1 INTRODUCCIÓN: CONCEPTO DE VIGILANCIA

El objetivo de la función de vigilancia es obtener un **conocimiento exacto y en tiempo real de la ubicación de las aeronaves en un determinado entorno operativo**.

Esta labor está estrechamente relacionada con el **control de tráfico aéreo**, ya que proporciona un servicio indispensable a la hora de mantener la seguridad y la fluidez en el tránsito de aeronaves.

Los sistemas de vigilancia son el conjunto de infraestructuras terrestres y equipos de a bordo, que determinan y proporcionan la información de la función de vigilancia. Existen dos tipos de sistemas:

SISTEMAS DE VIGILANCIA INDEPENDIENTE	Definición	Aquellos en los que los datos de vigilancia se determinan en las instalaciones terrestres.	
	Tipos	PSR	Radar Primario de Vigilancia / Primary Surveillance Radar.
			No requiere la colaboración activa de la aeronave. La aeronave no requiere tener equipos específicos.
		SSR	Radar Secundario de Vigilancia / Secondary Surveillance Radar.
			Requiere la colaboración activa de la aeronave.

SISTEMAS DE VIGILANCIA DEPENDIENTE	Definición	Aquellos en los que los datos de vigilancia se generan directamente en los equipos de a bordo de la aeronave.	
	Tipos	ADS-B	Vigilancia Dependiente Automática - Difusión / Automatic Dependent Surveillance – Broadcast.
		ADS-C	Vigilancia Dependiente Automática por Contrato / Automatic Dependent Surveillance – Contract.

/ 4.2 DEFINICIÓN DE RADAR

RADAR (Radio Detection And Ranging) es un sistema electrónico mediante el cual se puede **detectar la presencia de objetos o superficies**, y también determinar **su posición y movimiento exactos**, gracias a la propiedad que tienen de reflejar, total o parcialmente, las ondas electromagnéticas.



El radar es, por lo tanto, un sistema de radio basado en la comparación entre las señales de referencia y las señales de radio reflejadas, o retransmitidas, desde la posición a determinar.

/ 4.3 RADAR PRIMARIO

El **principio de funcionamiento** de un radar primario (PSR) se basa en:

- El equipo de radar emite impulsos de radiofrecuencia (RF) a intervalos regulares (PULSE RADAR).
- Los impulsos de RF emitidos por el radar se reflejan cuando chocan con obstáculos y parte de la energía reflejada es recibida por la antena del radar (RADAR ECHO).
- El equipo de radar mide el tiempo transcurrido entre la emisión del impulso del radar y la recepción del eco del radar (t).
- Con los datos anteriores (tiempo), determina la distancia del objeto (R).
- El azimut del objeto detectado (q) se determina con respecto a la posición de la antena en el momento de emitir y recibir el retorno del impulso del radar.

Por tanto, **información que proporciona** es:



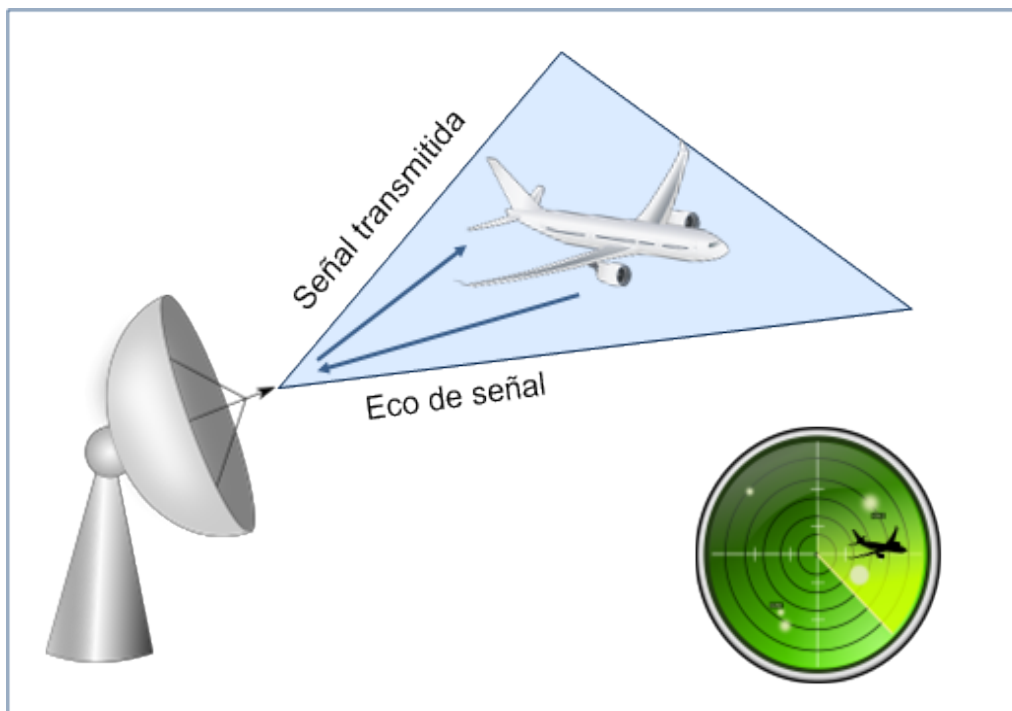
Distancia del blanco respecto a la estación terrestre: Este parámetro se obtiene a partir de la medida del tiempo transcurrido desde que se envía la señal de interrogación hasta que recibe la señal reflejada en el blanco.



Marcación angular del blanco: Este parámetro se obtiene a partir del ángulo de posición de la antena en el instante de recepción de la señal reflejada.



Tiempo de la detección: Instante en el que el blanco fue detectado.



Los **Servicios de Tránsito Aéreo** utilizan este tipo de radar para obtener **información** de la situación del tráfico aéreo tanto en **ruta como en aproximación** y detección de movimientos en el área de maniobras.

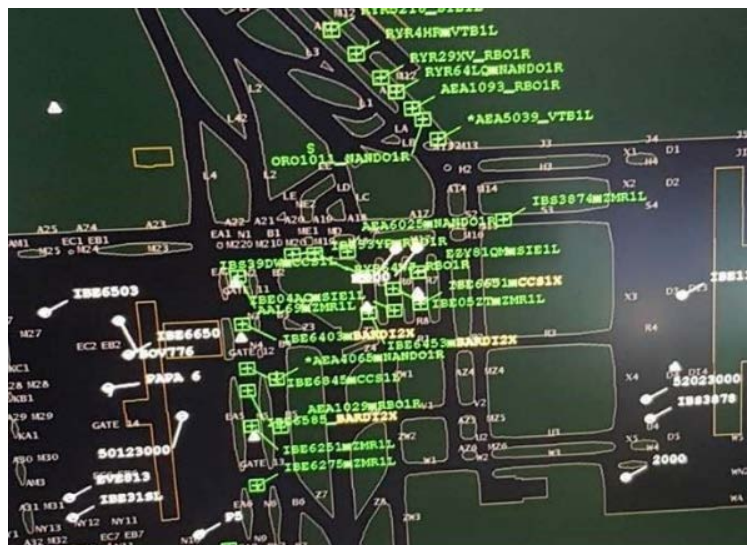
Aparte de efectuar la vigilancia de aeronaves, el PSR también se emplea para la **detección de fenómenos meteorológicos**.

Los **inconvenientes** que se presentan al trabajar con este radar son debidos a **imprecisiones en la identificación y pérdidas de señales** como consecuencia de reflejos del terreno.

/ 4.3.1 RADAR DE SUPERFICIE

Un radar de superficie SMR (Surface Movement Radar) consiste básicamente en un radar de pulso primario. Posibilita la **detección de blancos no cooperativos, fijos y en movimiento**, en entornos aeroportuarios.

Permite a los controladores la posibilidad de presentar todas las actividades desplegadas en la superficie del aeródromo, e **identificar**, con precisión, **la ubicación del tránsito** en la superficie, especialmente en condiciones de baja visibilidad.



/ 4.4 RADAR SECUNDARIO

Durante la Segunda Guerra Mundial, debido a la necesidad de distinguir los aviones que eran amigos de los enemigos, se desarrolló un sistema de identificación llamado IFF (Identification, Friend or Foe). Por una parte, utilizaba el equipo que los aviones aliados tenían a bordo (transpondedor o conocido como "Loro o Parrot") y, por otra parte, emitían señales codificadas (conocidas como "graznidos o squawks").

El Radar de Vigilancia Secundaria (SSR) es el desarrollo civil del sistema militar IFF.

Al **requerir la cooperación activa de los equipos móviles**, este tipo de radar sólo se utiliza en escenarios no hostiles, como en el Control de Tráfico Aéreo Civil.

El **principio de funcionamiento** de un radar secundario (SSR) se basa en:

- El equipo de radar de tierra emite una secuencia de impulsos espaciados en el tiempo (PULSE INTERROGATION). Los diferentes tiempos de separación de los pulsos de interrogación definen los MODOS DE INTERROGACIÓN.
- Los pulsos de interrogación emitidos por el equipo de tierra son recibidos a bordo de la aeronave por un equipo llamado TRANSPONDER.
- El transpondedor mide el tiempo de separación de los pulsos de interrogación y determina el MODO DE INTERROGACIÓN.
- Se procesan los datos del código transpondedor para la identificación de la aeronave, junto con la altitud desde el altímetro barométrico, y se genera un tren de pulsos que se envía al equipo de tierra. Este tren de se llama RESPUESTAS.
- El equipo de tierra obtiene las respuestas transmitidas desde el transpondedor, mide el tiempo entre la emisión de los pulsos de interrogación y la recepción de los pulsos de respuesta. Por lo tanto, se calcula la distancia (R) a la que la aeronave se encuentra desde la estación en tierra.
- El equipo de tierra decodifica la información contenida en la respuesta de pulso y la procesa para su presentación.



Por tanto, **la información que proporciona es:**

- Distancia respecto a la estación terrestre.
- Tiempo de la detección.
- Marcación angular.
- Altitud de la aeronave.
- Situaciones de emergencia (fallo, secuestro, etc.).
- Identificación de la aeronave (incluyendo compañía y número de vuelo).
- Información relativa a la intención de la aeronave: nivel de vuelo seleccionado, reporte de giro, rumbo y velocidad.

El equipo de a bordo tiene que activarse para poder detectar a las aeronaves. Una vez activado, trabajará en el “modo” que es interrogado desde tierra.

Existen distintos modos de trabajo del transpondedor:

MODO 3/A

- El equipo de a bordo transmite una señal de identificación, que cuando es requerida por el control de tierra, hace que se ilumine en la pantalla radar con mayor intensidad el «blanco» que representa el avión.

MODO C

- Con este modo conectado, además de estar seleccionado el Modo 3/A, el equipo transmite una señal de altitud (lo que equivale al nivel de vuelo), que aparecerá en la pantalla radar.

INTERMODO

- Interrogación en Modos A, C y S. De esta forma se obtendrán respuestas para vigilancia de respondedores en los Modos A/C y S.
- Interrogación en Modo A y C solamente. De esta forma se obtienen respuestas para vigilancia de respondedores en Modos A/C.

MODO S

- Es un sistema avanzado de interrogación llamado selectivo. Cada interrogación está dirigida a una única aeronave y solo su transponder responde a la interrogación. Las restantes aeronaves que se encuentren dentro de la cobertura de este rada en modo S ignorarán toda interrogación que vayan dirigida a ellas, evitándose solapes de respuesta.
- Es el de mayor uso, ya que permite controlar un gran número de aeronaves mejorando la exactitud de la información y la rapidez en las transmisiones tierra-aire-tierra, permitiendo el intercambio de información específica con cada usuario
- La operación en modo S:
 - Es el de mayor uso, ya que permite controlar un gran número de aeronaves mejorando la exactitud de la información y la rapidez en las transmisiones tierra-aire-tierra, permitiendo el intercambio de información específica con cada usuario
 - Mejora la capacidad de suministrar información adicional, como situaciones de emergencia

La siguiente figura muestra una captura de pantalla de radar desde un centro ATC:



/ 4.5 ADS (AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE / VIGILANCIA AUTOMÁTICA DEPENDIENTE)

ADS es una **técnica de vigilancia** en la que el **objeto determina su posición por sí mismo** (aviónica) y lo **comunica a los sistemas de tierra y a otras aeronaves** a través de un enlace de datos.

La tecnología ADS proporciona:

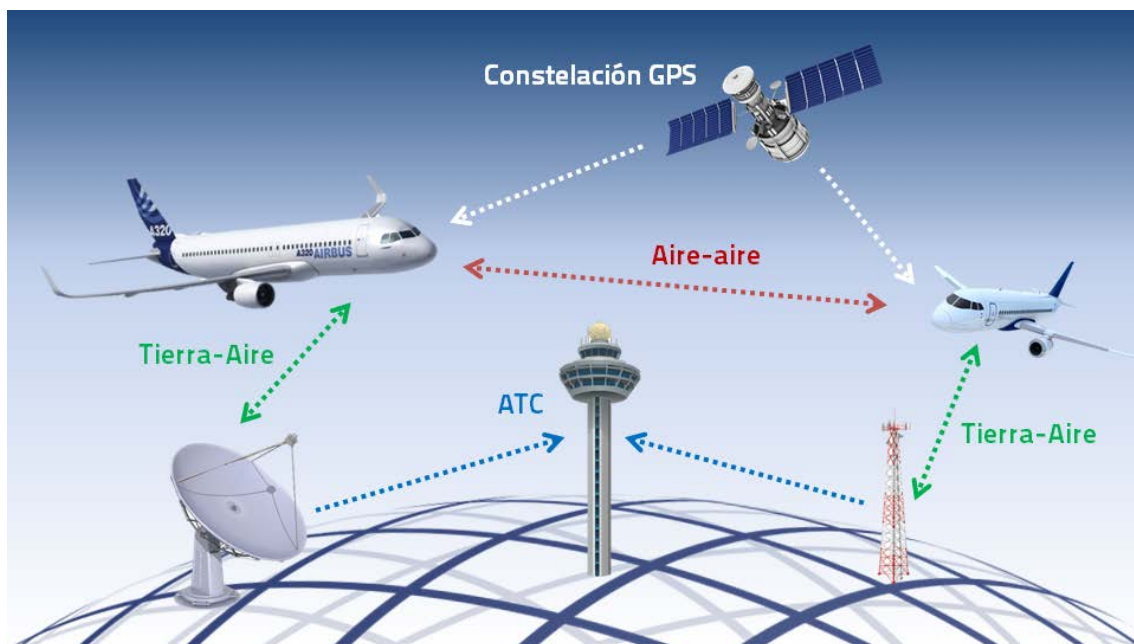
- Identificación de la aeronave.
- La posición de la aeronave en cuatro dimensiones (tres espaciales más la medición del tiempo).
- Información adicional, como la intención de vuelo, altitud, velocidad, etc.

El sistema ADS es

- **Automático**, no necesita la intervención del piloto ya que los datos se envían a una estación de control.
- **Dependiente**, porque la información necesaria se genera en la propia aeronave, es decir, depende de los sistemas a bordo.

Dentro de la aeronave, la tecnología ADS **requiere un sistema de recogida y procesamiento de datos** de navegación y un enlace de datos.

En tierra, se necesita una **estación que reciba la información ADS** para que pueda ser utilizada por los sistemas de procesamiento de datos y vigilancia.



Este sistema es esencial para la vigilancia de las **zonas oceánicas, desiertos y selvas**, donde prácticamente no existe una cobertura radar convencional. Del mismo modo, gracias a la comunicación aire-aire de los datos, se mejora la vigilancia en las zonas cubiertas por el radar.

La ADS se ha dividido en dos técnicas que se basan en los mismos principios:

ADS- B



Se trata de la transmisión, mediante enlace de datos, de determinados parámetros a bordo de una aeronave a tierra y a otras aeronaves (tierra-tierra y aire-aire).

Emite a intervalos frecuentes y regulares, sin necesidad de ser interrogado, como en los radares.

ADS- C



Se trata de la transmisión de ciertos datos de la aeronave a una estación en tierra solamente cuando existe un contrato con dicha estación.

En dicho contrato se indica las condiciones en que han de iniciarse los informes ADS-C, así como los datos que deben figurar en los mismos y se pueden establecer varios contratos separados con varias estaciones terrenas.

/ ANEXO I: ACRÓNIMOS

ABAS	Sistema de aumentación basado en la aeronave.	Aircraft-based augmentation system.
ADF	Equipo radiogoniométrico automático.	Automatic direction finder.
ADS	Vigilancia dependiente automática.	Automatic dependent surveillance.
ALS	Sistema de iluminación de aproximación.	Approach lighting system.
APAPI	Indicador simplificado de trayectoria de aproximación de precisión.	Abbreviated precision approach path indicator.
ATM	Gestión del tránsito aéreo.	Air traffic management.
B-RNAV	Navegación de área básica.	Basic area navigation.
CDI	Indicador de desviación de curso	Course deviation indicator.
CNS	Comunicaciones, navegación y vigilancia.	Communications, navigation and surveillance.
DME	Equipo medidor de distancia.	Distance measuring equipment.
FAF	Punto de referencia de aproximación final (para procedimientos de no precisión como VOR, NDB, LOC).	Final approach fix.
FAP	Punto de aproximación final (para procedimientos de precisión ILS).	Final approach point.
GBAS	Sistema de aumentación basado en tierra.	Ground-based augmentation system.
GLONASS	Sistema global de navegación por satélite.	Global navigation Satellite system.
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite.	Global navigation satellite system.
GP	Trayectoria de planeo.	Glide path.
GPS	Sistema mundial de determinación de la posición.	Global positioning system.

GS	Velocidad respecto al suelo.	Ground speed.
HDG	Rumbo.	Heading.
HSI	Indicador de situación horizontal.	Horizontal situation indicator.
IAS	Velocidad indicada.	Indicated air speed.
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos	Instrument landing system.
IM	Radiobaliza interna.	Inner marker.
INS	Sistema de navegación inercial.	Inertial navigation system.
LOC	Localizador.	Localizer.
MM	Radiobaliza intermedia.	Middle marker.
NDB	Radiofaro no direccional.	Non-directional radio beacon.
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional.	International Civil Aviation Organization (ICAO).
OBS	Selector de radial.	Omnibearing selector.
OM	Radiobaliza exterior.	Outer marker.
PAPI	Indicador de trayectoria de aproximación de precisión.	Precision approach path indicator.
PBN	Navegación basada en performance.	Performance based navigation.
P-RNAV	Navegación de área d precisión.	Precession area navigation.
PSR	Radar primario de vigilancia.	Primary surveillance radar.
RDL	Radial	Radial
RMI	Indicador radiomagnético.	Radio magnetic indicator.
RNAV	Navegación de área.	Area navigation.
RNP	Especificación para performance de navegación requerida.	Required navigation performance.
SBAS	Sistema de aumentación basado en satélite.	Satellite-based augmentation system.

SID	Salida normalizada por instrumentos.	Standard instrument departure.
SNA	Sistema de navegación aérea.	Air navigation system.
SSR	Radar secundario de vigilancia.	Secondary surveillance radar.
STAR	Llegada normalizada por instrumentos.	Standard instrument arrival.
TACAN	Sistema táctico de navegación aérea.	Tactical air navigation system.
THDG	Rumbo verdadero.	True heading.
UHF	Frecuencia ultra alta (300 a 3000 MHz).	Ultra-high frequency (300 to 3000 MHz).
VHF	Muy alta frecuencia (30 a 300 MHz).	Very high frequency (30 to 300 MHz).
VOR	Radiofaro omnidireccional muy alta frecuencia.	Very high frequency omnidirectional radio range.

/ 5. BIBLIOGRAFÍA

- OACI, Anexo 4, Cartas aeronáuticas
- OACI, Anexo 10, Radioayudas para la Navegación
- PÉREZ SANZ, Luis; GOMEZ COMENDADOR, Fernando. Introducción a la navegación y circulación aéreas. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, EUITA, 2003
- International airport review. FAA, 2006, Nº 3. Kent (UK),: Russell Publishing
- España. Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea
- SÁEZ NIETO, Francisco J., PORTILLO PÉREZ, Yolanda. Descubrir la navegación aérea. Madrid: Centro de documentación y publicaciones de Aena, 2003
- MATA MORALES, Juan de. Sistema CNS/ATM, Madrid: Centro de documentación y publicaciones de Aena, 2001
- Training activities 2007. Eurocontrol. IANS. Luxemburgo: 2006
- SÁEZ NIETO, Francisco J., SALAMANCA BUENO, Miguel Angel. Sistemas y equipos para la navegación y circulación aérea. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 1995
- HERNANDEZ RAPOSO, Jesús. Sistema de navegación aérea. Madrid: Paraninfo, 1971
- MARTÍNEZ VADILLO, Juan F.; BELDA VALIENTE, Ricardo. Navegación: sistemas y equipos: maniobras y procedimientos. 7ª ed., Madrid
- GARRIDO-VILLEN, Natalia: Artículo “Sistemas GNSS. Introducción a los sistemas de posicionamiento global”, 9 septiembre 2014,
- MARTINEZ GORDILLO, Germán; Artículo “Sistemas de posicionamiento global, ubicación terrestre mediante satélites”, 30 de junio 2019,
- VILCHEZ, Sonia & SECO, Gonzalo; Artículo “Descripción y presentación de las señales GNSS”, junio 2019
- PECOS MACÍAS, Rafael; Web hispaviacion.es, Artículos “PBN, la navegación basada en prestaciones”

- Web gps total, artículo “¿qué es y cómo funciona Beidou?”, de 3 de enero 2020
- Web infoespacila, “Misión galileo”
- AIP-ESPAÑA