
4 RADIOAYUDAS Y SISTEMAS DE NAVEGACIÓN

4.1 PRINCIPIOS DE RADIO

4.1.1 Características de las ondas

- 4.1.1.1 Onda superficial o terrestre: Esta onda se propaga sobre la superficie de la tierra. Le afecta la conductividad del suelo. Toma la forma de la superficie, así es que no lo afectan los cerros. Su alcance es proporcional a la potencia de emisión y a su longitud de onda. **(Fig. 4-1)**

$$\lambda = \frac{\text{velocidad de propagación}}{\text{frecuencia}}$$

Figura 4-1

Este modo de propagación se hace factible en las bandas VLF, LF, MF, y en parte baja del HF.

- 4.1.1.2 Onda directa: Esta onda va directamente desde el transmisor al receptor, sufriendo solamente refracciones en la Troposfera. Esto se produce con las ondas de las Bandas VHF y UHF hacia arriba.
- 4.1.1.3 Onda Ionosférica: Esta onda viaja hasta la ionosfera produciéndose sucesivas refracciones, que hacen que la onda regrese a la tierra. Este modo de propagación se hace posible en la Banda HF.
- 4.1.1.4 Onda Difractada: Este fenómeno se produce al pasar el frente de ondas por un obstáculo (cerro, edificio, etc.) y una parte de la energía se difracta detrás del obstáculo. Este modo de propagación se hace posible en la Banda VHF principalmente.
- 4.1.1.5 Onda Dispersada: Esta dispersión se produce en la parte alta de la Troposfera (10 Km) y con esto se puede lograr enlaces de hasta 350 Km. La banda que produce mejor la dispersión es la UHF.
- 4.1.1.6 Onda Reflejada: Esto se produce en todas las Bandas y se conoce como trayectoria múltiple, o sea, llega al receptor un campo electromagnético directo más los reflejados en diferentes lugares. Si llega un campo directo y uno reflejado al mismo tiempo, a un receptor y en contrafase (180°), éstas se anulan.

4.2 El Espectro Electromagnético y su Uso

4.2.1 Comunicaciones Aéreas

HF	3 – 30	MHZ
VHF	117 – 135	MHZ
UHF	225 – 339.9	MHZ

4.2.2 Ayudas a la Navegación

OMEGA	VLf	
ADF	100 – 1750	KHZ
VOR	108 – 117.9	MHZ
ILS	329 – 335	MHZ
BALIZAS	75 -	MHZ
DME	900 – 1100	MHZ
RADAR TERRESTRE	2 - 3,5	GHZ
RADAR AÉREO	9 - 10	GHZ (BANDA x) (Fig. 4- 2)

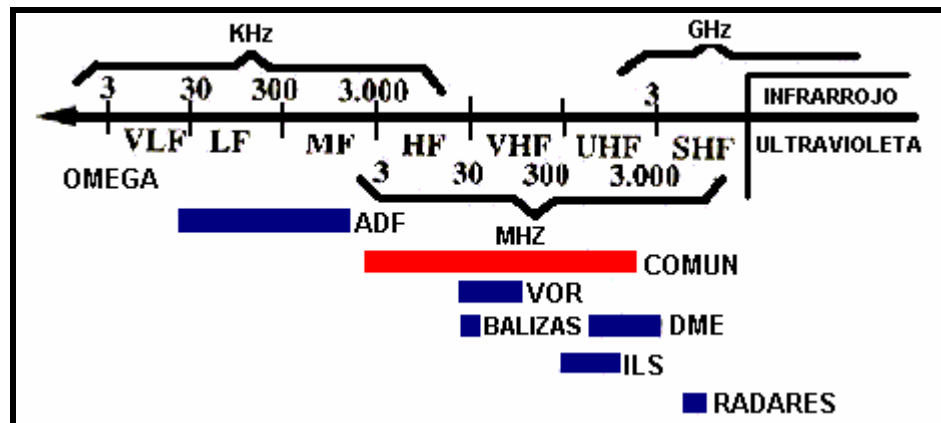


Figura 4-2

4.3 AUTOMATIC DIRECTION FINDER (A.D.F.)

El radio compás es una ayuda a la navegación que, en la forma de un receptor de baja frecuencia (100 a 1.750 KHz.), le da al piloto la posición relativa de su avión con respecto a una estación determinada que esté dentro del alcance del equipo en tierra. Esta posición es presentada a través de una aguja sobre la carátula del compás. (**Fig. 4-3**)

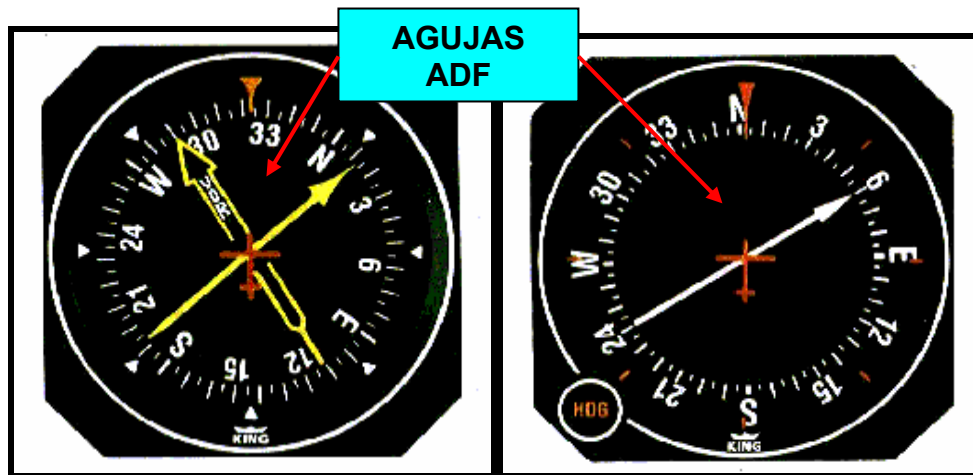


Figura 4-3

4.3.1 Componentes

Todos los equipos tienen por lo general, los mismos componentes, con pequeñas variaciones de un equipo a otro. Éstos son:

- a. Antena LOOP o direccional (cuadro)
- b. Antena Sensitiva
- c. Receptor
- d. Motor del LOOP
- e. Transmisor AUTOSIN
- f. Caja de Control
- g. Indicadores

4.3.2 Principio de Operación

El Radiocompás determina automáticamente la dirección hacia cualquier estación que esté en la frecuencia y rango de sensibilidad, pudiendo ser una estación de radio AM, como también un NDB.

Basa su funcionamiento en las características de la antena LOOP, dando la máxima indicación cuando está paralela a la señal y a medida que adquiere una posición

perpendicular, disminuye la señal hasta que llega al mínimo o NULO. Esto último ocurre debido a que ambos lados de la antena LOOP están equidistantes de la estación y la onda llega a ambos lados del LOOP en el mismo punto de su ciclo. El voltaje es teóricamente cero y la fuerza de las señales recibidas es mínima.

En el siguiente dibujo se aprecia esta característica, (Fig. 4-4):

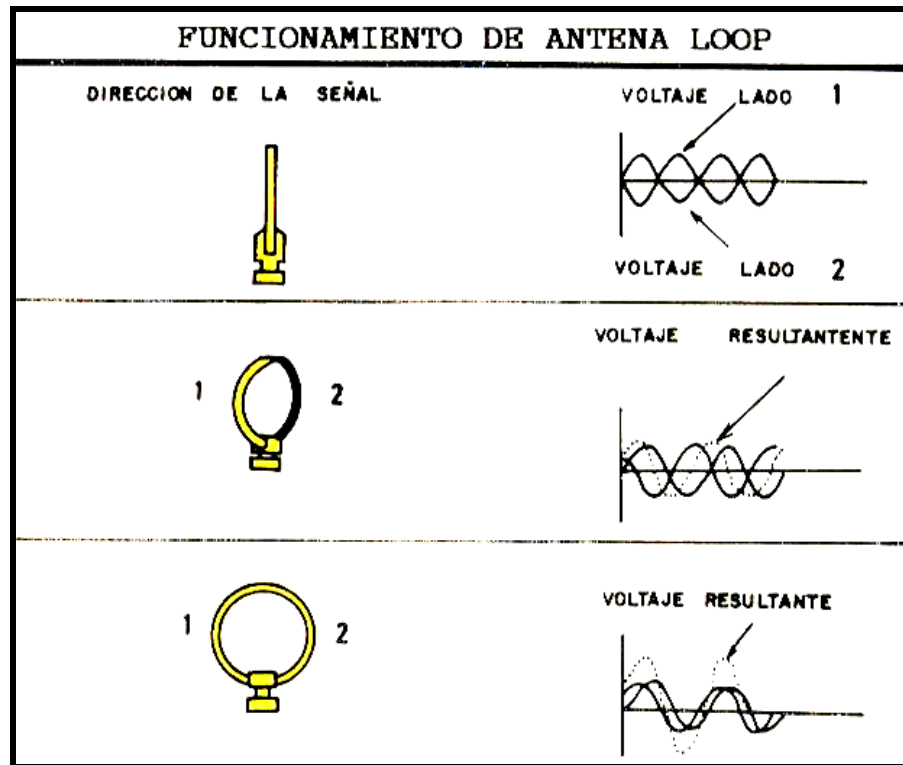


Figura 4-4

Cuando la antena LOOP se encuentra paralela a las ondas, la corriente fluye en un conductor LOOP debiendo seguir en direcciones opuestas en cada mitad de éste. El hecho de que un lado de ella esté más cerca de la estación, produce un ligero retardo entre el tiempo en que la onda de radio llega a un lado y el tiempo que llega al otro. Debido a esto, hay una diferencia de fase entre los voltajes inducidos en cada mitad del Loop, lo que provoca que la corriente resultante fluya a través del transformador y que haya una señal de entrada hacia el receptor.

La antena Loop posee una limitación que es la incapacidad de discernir desde que lado viene la señal. Esto se denomina "Ambigüedad de 180°". Es solucionada por medio de la Antena Sensitiva, cuya función es entregar al equipo receptor una señal, que respecto a la suministrada por la de cuadro o Loop, esté fuera de fase.

El Radio-Compás puede usar dos tipos de indicadores, ambos son impulsados por el mecanismo receptor AUTOSIN y los dos muestran la posición angular de la antena Loop con relación al eje longitudinal del avión. El primero es el de la Carátula Fija en donde la marcación cero grados representa la nariz del avión y la aguja ADF indica la estación en un QDR relativo. El otro caso es el indicador de Carátula Móvil, generalmente el RMI, ID-250 o HSI, en los cuales se representan rumbos magnéticos del avión bajo el TOP-INDEX y la aguja del ADF indica la estación en QDM y QDR.

4.3.3 Prueba Del Equipo ADF En Tierra

Refiérase al Manual de operación o al Manual de Fase de su unidad, para revisar el proceso de prueba del equipo a bordo de su aeronave.

Sin embargo, tome en consideración los siguientes puntos para efectuar la prueba, independiente del tipo de equipo que posea:

- Seleccionar la frecuencia NDB más potente o la que se encuentre más cercana al aeródromo para efectuar la prueba.
- Identificar la señal Morse de la estación NDB seleccionada con la carta ADC (reverso de la cartilla de aproximación IAC 1), correspondiente al aeródromo.

4.3.4 Cajas de Control

Refiérase al manual de vuelo de su avión, para obtener las características y capacidades específicas de su equipo.

4.3.5 Operación General de un ADF

- Encienda el receptor
- Seleccione la frecuencia deseada
- Identifique la señal de la estación
- Lleve el selector ADF / NAV del HSI a la posición ADF.
- Seleccione ADF en el panel de control de audio.
- Verifique que la o las agujas se orienten a la estación

NOTA: Durante la operación, se debe monitorear continuamente la señal audible. La única información de falla de la estación terrestre es la ausencia de identificación audible, ya que muchos equipos no cuentan con la capacidad de advertir una falla de la señal.

4.3.6 Errores del Radio-Compás

4.3.6.1 Efecto Nocturno

Por descenso de la capa ionosférica, las ondas que emite un NDB rebotan en ella y bajan nuevamente distorsionadas.

4.3.6.2 Efecto de Costa

Al salir al mar, las ondas cambian su dirección y aumentan su velocidad. Esto hace que tiendan a deflectarse. La zona confiable queda más allá de los 30° con respecto a la línea general de costa. Esto se aprecia mejor en la siguiente imagen. (Fig. 4- 5)

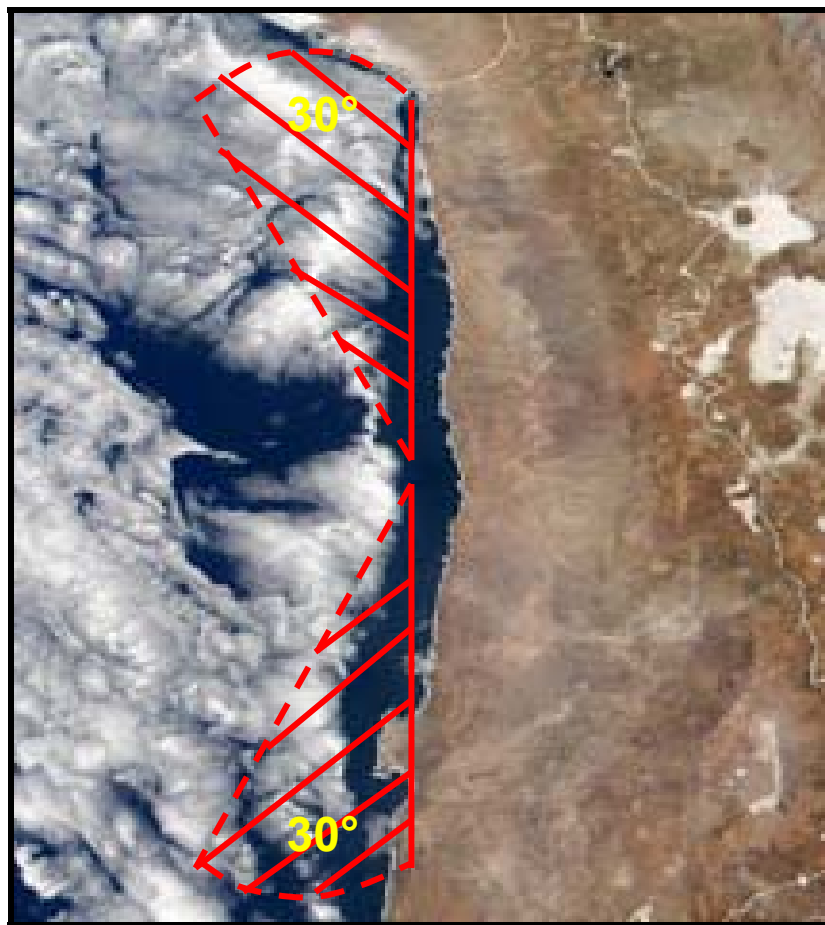


Figura 4-5

4.3.6.3 Efecto Montaña

Las ondas de radio se distorsionan al pasar por cerros, montañas, colinas altas, etc. La solución es volar más alto o sintonizar una estación más cercana.

4.3.6.4 Estática

Lluvias, tormentas, ruidos estáticos, nubes con electricidad, producen estática que se traduce en oscilación de la aguja. Para minimizar este efecto, se debe sacar el punto medio de las oscilaciones y asumir que esa es la indicación correcta.

4.3.6.5 Error de Profundidad

Cada vez que se inclinan las alas, la indicación de la aguja del ADF no es confiable. Por lo tanto, debe usarse sólo cuando se establezca vuelo recto y nivelado.

4.3.6.6 Error de Cuadrante

Se produce por los campos magnéticos que se generan en el avión, como por ejemplo los motores, estática de los equipos, etc. Este error es corregido en parte, cuando personal especializado compensa el avión en tierra. Pero, siempre queda un pequeño error que se tabula y va a la vista del piloto en una Cartilla de Corrección.

4.3.7 El Equipo Terrestre N.D.B. (NON DIRECTIONAL BEACON)

Estas radioayudas transmiten una portadora continua, con una modulación de 1020 Hz. que provee la identificación; excepto durante la modulación de voz. El propósito operacional para el cual son instaladas estas radioayudas, determina la potencia de salida y su clasificación. Cuando un NDB de baja potencia es asociado con los marcadores de un ILS, es llamado Compas Locator (Compás Localizador).

4.3.7.1 Clasificación

- Radiobaliza de Localización (Compas Locator): Potencia de salida menor a 25 Watt. Alcance mínimo 15 MN.
- Radiofaros de Ruta:
 - MH: Potencia de salida menor a 50 Watt. Alcance mínimo: 25 MN.
 - H : Potencia de salida entre 50 y 2.000 Watt. Alcance mínimo: 50 MN.
 - HH: Potencia de salida superior a 2.000 Watt. Alcance mínimo 75 MN.

4.3.8 Tolerancias

- La oscilación total de la aguja no debe exceder 20° ($\pm 10^{\circ}$) del QDM de interceptación en ruta, hasta los alcances mínimos indicados en la letra a. precedente.
- La oscilación total de la aguja, durante una aproximación baja ADF, no debe exceder 10° ($\pm 5^{\circ}$) del QDM de interceptación.

4.4 V.H.F. OMNIDIRECTIONAL RANGE- (V.O.R.)

4.4.1 Generalidades

Es un sistema electrónico de ayuda a la navegación que opera en la banda de frecuencia VHF, y que permite al piloto de una aeronave, determinar el curso hacia una estación transmisora VOR, desde el punto donde se encuentra volando.

4.4.2 Componentes

El sistema básicamente consiste en una estación terrestre fija y un receptor en el avión. El transmisor terrestre emite dos señales, una señal llamada de referencia, cuya fase es constante, y otra señal variable. El equipo receptor de abordo capta ambas señales, compara sus fases y la diferencia es interpretada y transmitida al Indicador con que cuenta el equipo.

4.4.3 Prueba Del Equipo VOR En Tierra

Refiérase al Manual de operación o al Manual de Fase de su unidad, para revisar el proceso de prueba del equipo a bordo de su aeronave.

Independiente del equipo que posea su aeronave, la prueba que se describe a continuación, sirve para comprobar el estado de operación del sistema completo.

- Encender, sintonizar e identificar la estación.
- Poner en la ventanilla selectora de cursos, lo que indica la punta de la aguja VOR en el RMI. Se debe centrar el CDI con TO.
- Si el CDI no se centró, con la perilla selectora de cursos se debe cambiar el curso hasta centrarlo. La diferencia entre el curso con que se centró y lo indicado por la punta de la aguja, no debe ser superior a 4° para pruebas efectuadas en tierra y 6° para aquellas efectuadas en vuelo.
- A partir del curso con que se centró el CDI, se debe desplazar el curso 10° a la derecha y verificar que el CDI se desplace la misma cantidad de grados hacia la izquierda, comprobando dicha indicación con la escala de desviación de

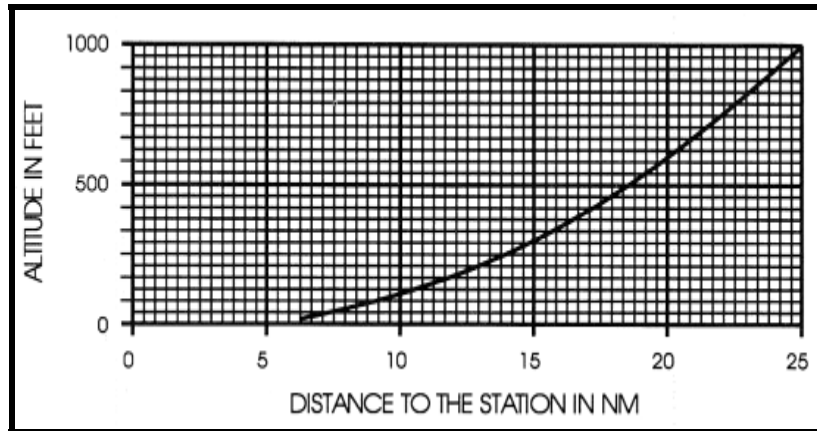
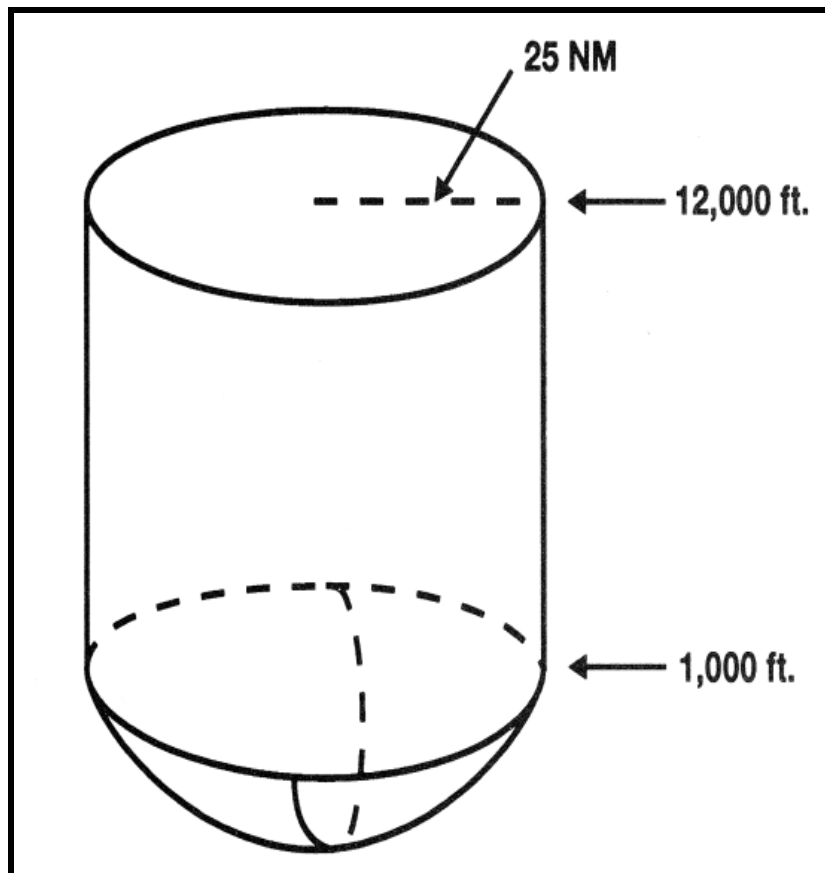
curso y que el desplazamiento sea sin fricción. Posteriormente, desplazar el CDI hasta el tope, aumentando la cantidad de grados en el selector de curso y luego volver a la posición centrada, verificando que el CDI no se atasque ni tenga fricción. Repetir el procedimiento anterior, a partir de la posición centrada del CDI, desplazando el selector de curso hacia la izquierda.

- Seleccionar un curso mayor de 90° con respecto al cual se centra el CDI y verificar el paso del indicador TO-FROM a FROM (verifique el rango de tolerancia en el manual del operador de su equipo).
- Colocar el curso seleccionado para la SID a ejecutar.

4.4.4 Tipos de VOR

- VOR T: *TERMINAL*. Se encuentran en los aeropuertos y se utilizan para distintos tipos de aproximaciones. Tienen un alcance de 25 MN y 12.000 pies AGL. **(Fig. 4- 6)**
- VOR H: *HIGH ALTITUDE*. Son los más potentes y tienen un alcance máximo de 130 MN a 45.000' AGL., 100 MN entre 14.500' hasta 60.000' y 40 MN hasta 14.500'. Son utilizados normalmente para las aerovías. **(Fig. 4- 7)**
- VOR L: *LOW ALTITUDE*. Estos son utilizados para aerovías, aproximaciones altas (penetraciones) y tienen un alcance de 40 MN a 18000' AGL. **(Fig. 4- 8)**

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

**COBERTURA BAJO 1000' AGL T- VOR****Figura 4-6**

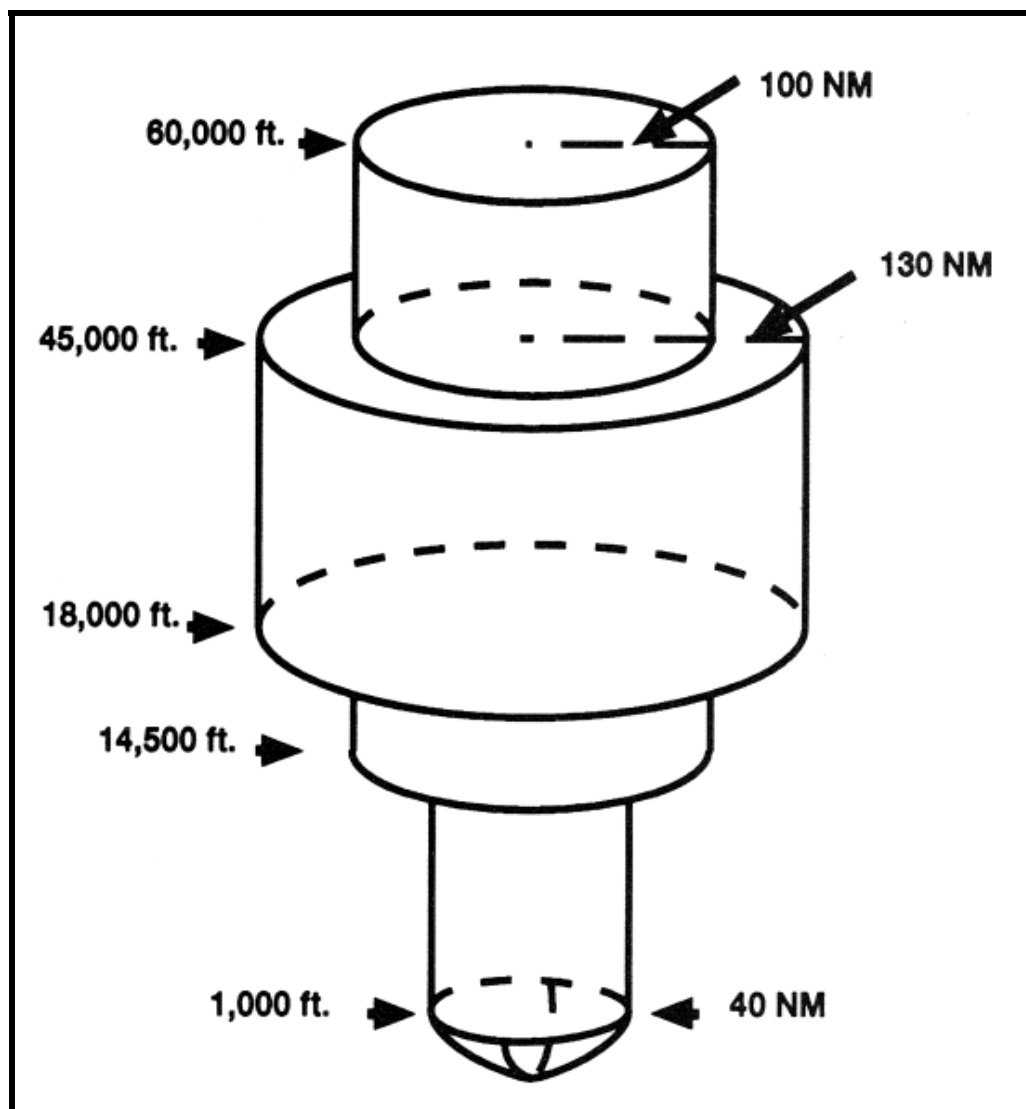
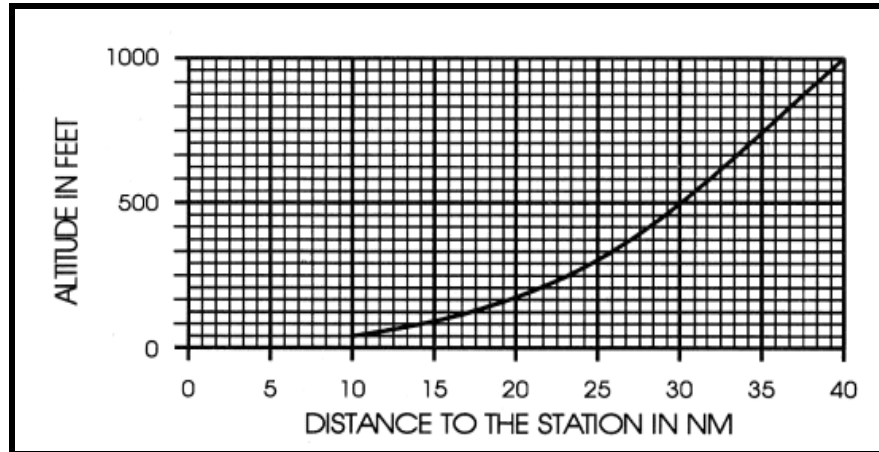


Figura 4-7



COBERTURA BAJO 1000' AGL H- VOR / L- VOR

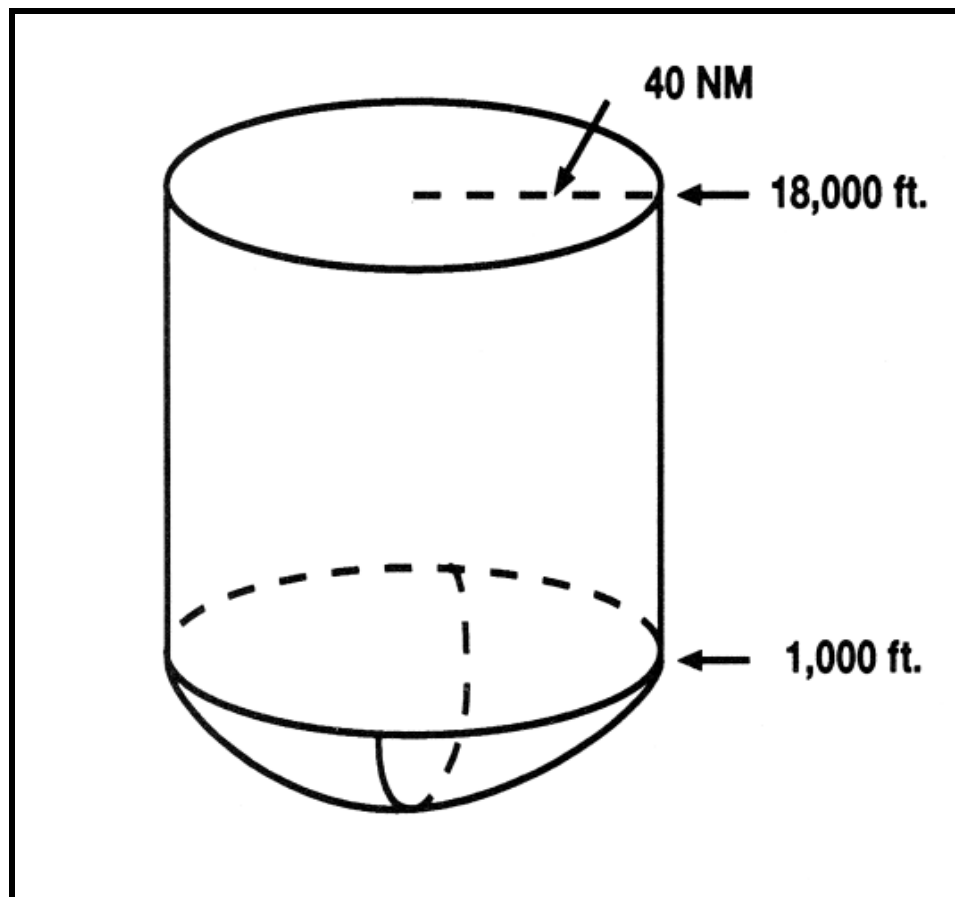


Figura 4-8

4.4.5 Emisión de Frecuencia

Los equipos VOR operan en las siguientes frecuencias: 108.00 MHZ a 117.95 MHZ. Por lo mismo, algunos equipos pueden ser utilizados como receptor de radio VHF en caso de tener falla del equipo de comunicaciones principal. Cabe destacar, que sólo puede ser utilizado como receptor y no como transmisor.

4.4.6 Identificación

La identificación de las estaciones VOR son dadas mediante código MORSE o bien con voz. Esta señal identificadora es modulada en 1020 Hz.

Actualmente, la mayor parte de las estaciones VOR en Chile, cuentan con un equipo de generación de energía de respaldo. Estas estaciones se reconocen por medio de su señal identificadora, ya que agregan un punto a su código morse de identificación. Por lo tanto, estas estaciones proporcionan un mayor grado de seguridad, ya que en caso de falla de un equipo, en forma automática se conectará con el generador de respaldo.

NOTA: El punto adicional sólo indica la presencia de un equipo de energía de respaldo disponible, y no cual de los equipos se encuentra operando.

Para que dos estaciones VOR operen en la misma frecuencia sin interferirse, deben estar espaciadas entre ellos, de acuerdo a ciertos parámetros. Sin embargo, con el incremento de estos equipos, es posible en ciertos lugares y alturas, recibir dos señales con la misma intensidad.

Esto se representará con oscilaciones en la indicación visual y en la señal audible. Por ser VHF, el VOR tiene alcance en línea de vista.

4.4.7 Funcionamiento del VOR

El VOR transmite dos señales VHF en una frecuencia de 30 Hz. la señal de referencia y la señal variable. La primera es irradiada en todas direcciones uniformemente (omnidireccional). La segunda es direccional, de tal manera que llega a cada dirección azimutal con un retraso igual al número de grados de azimut (0° a 360°).

Así por ejemplo: Si un avión se encuentra al Norte Magnético de la estación, recibirá las dos señales de 30 Hz. en fase. Si el avión se ubica al Este de la estación, recibirá la señal de fase atrasada en 90° (señal variable) respecto a la referencia. Esta diferencia de 90° será representada en el indicador del avión. Vale decir que el principio básico del VOR es la medición de una diferencia de tiempo (fase) entre las dos señales que el avión recibe. **(Fig. 4- 9)**

Se debe tener presente que un equipo VOR no es confiable ante cualquiera de estas tres condiciones:

- Fluctuaciones del indicador TO / FROM
- Bandera OFF a la vista.
- Sin señal audible.

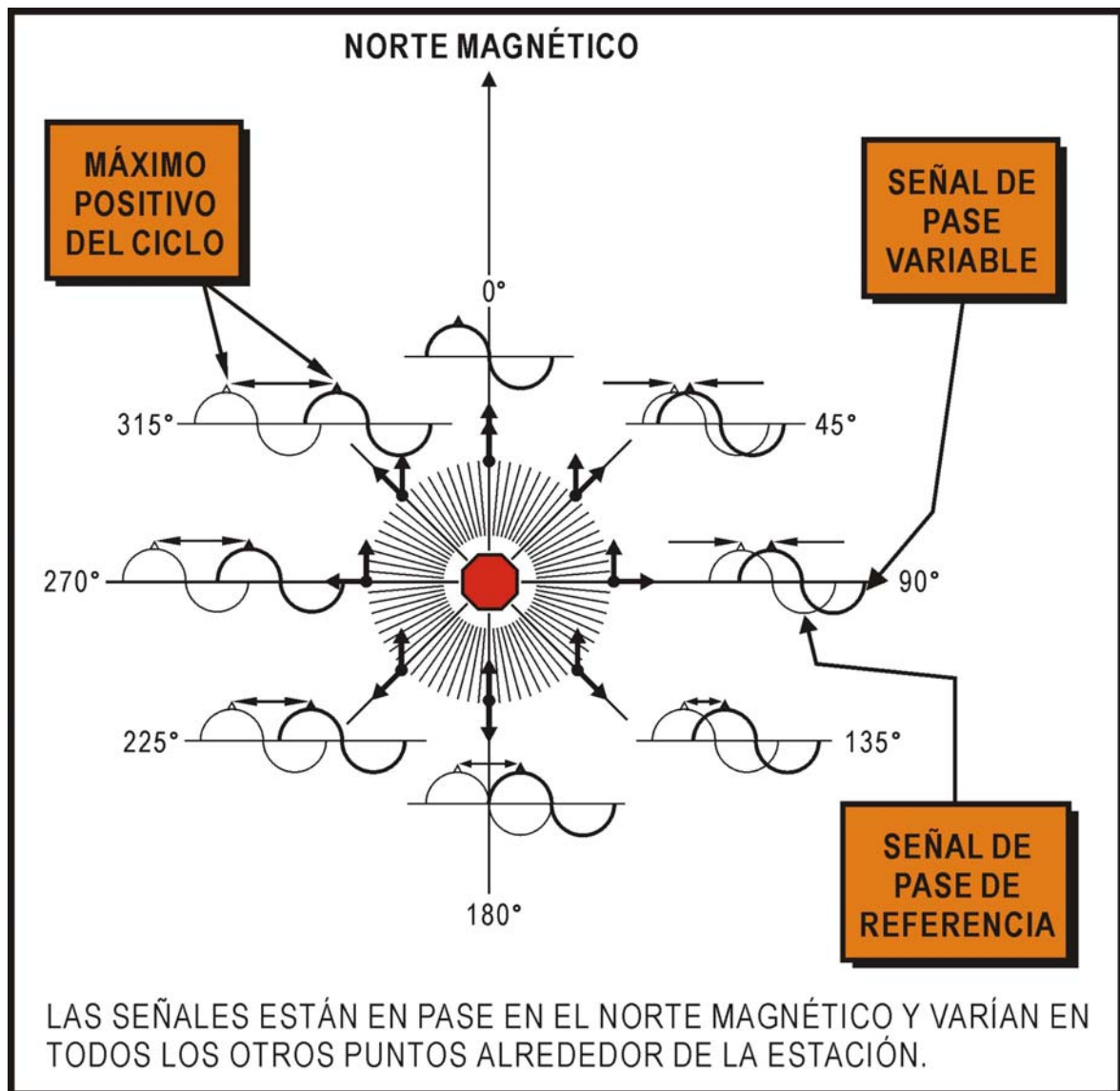


Figura 4-9

4.4.8 Radiales

Para comprender en buena forma el concepto de Radiales, podemos decir que el VOR emite 360 señales en forma similar a los rayos de una bicicleta. Cada uno de estos rayos son los llamados RADIALES. Cada vez que requiera confirmar su posición, refiérase a la cola de la aguja y confirme sobre el Radial que se encuentra.

4.4.9 Cursos

La forma de utilizar el VOR es por medio de la interceptación de cursos. El curso deseado se selecciona con el Selector de Curso del instrumento disponible, (RMI, HSI, etc). De tal forma que se puede seleccionar un curso para dirigirse a la estación o bien alejarse de ella. Al seleccionar un curso para alejarse del VOR, éste coincide con el Radial. Por el contrario, al seleccionar un curso para dirigirse al VOR, éste será el recíproco del Radial. **(Fig. 4- 10)**

Entonces, en acercamiento, el curso seleccionado es el recíproco del Radial. En alejamiento, Curso y Radial coinciden.

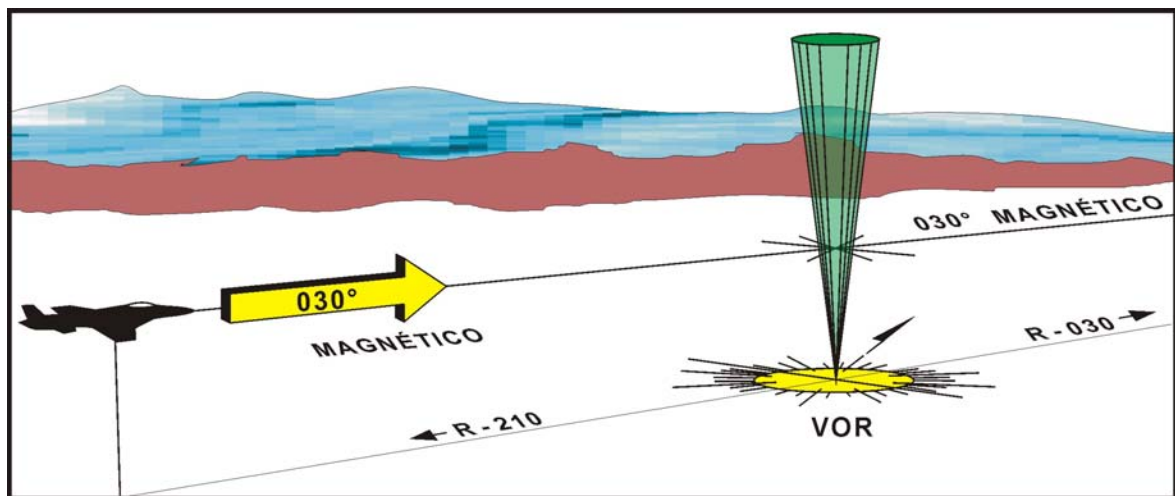


Figura 4-10

4.4.10 Componentes De Un Equipo V.O.R. En El Avión

4.4.10.1 Caja de Control

Refiérase al manual de su avión para detalles específicos.

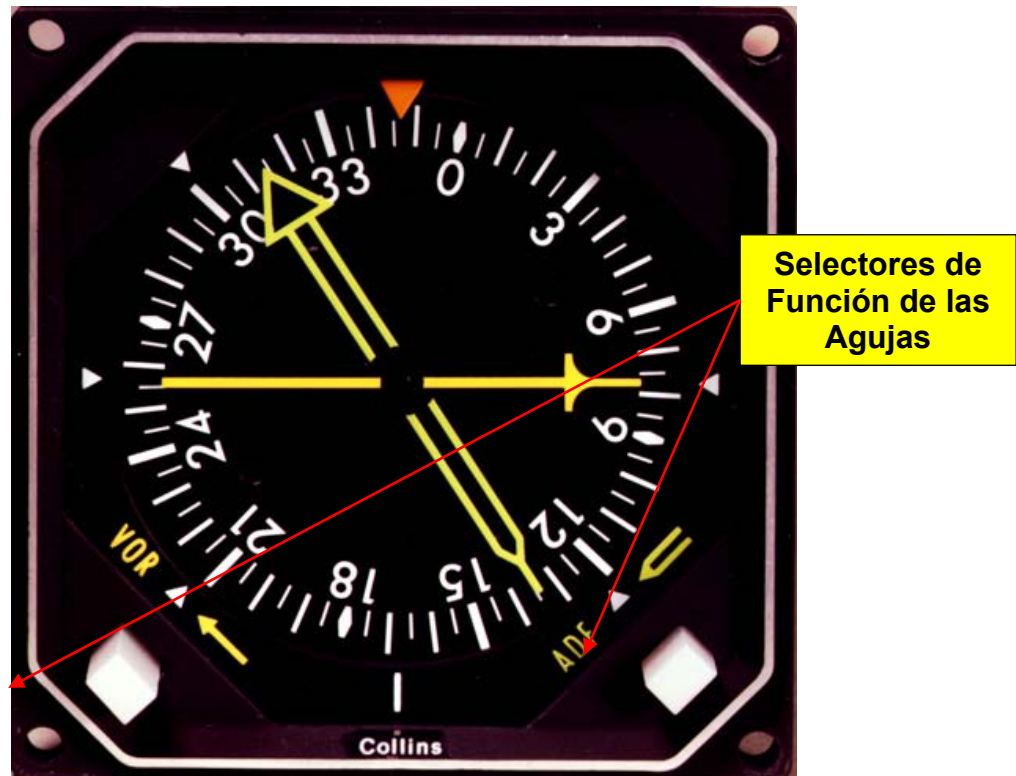
4.4.10.2 Receptor VOR

La función que desempeña el receptor VOR es medir la diferencia de fase entre las señales emitidas por la estación terrestre. Existen varios tipos de receptores pero básicamente todos tienen el mismo principio de funcionamiento.

4.4.10.3 Indicador Radio Magnético- RMI / Radio Magnetic Indicator

Es un indicador de rumbo, el cual por lo general, tiene incluido 2 agujas que indican hacia la estación que se seleccione, (ADF / VOR). Las agujas están conectadas directamente al o los equipos de navegación ADF y / o VOR a bordo, lo que da una información relativa de posición de la estación. (**Fig. 4- 11**)

En el caso del VOR, la punta de la aguja nos indicará el Curso magnético hacia la estación y la cola siempre indica el Radial sobre el cual se encuentra el avión. El RMI funciona con corriente alterna.



RMI

Figura 4-11

4.4.10.4 Indicador de Situación Horizontal (HSI)

El indicador de situación horizontal muestra al piloto la posición del avión respecto a un curso seleccionado, mediante el indicador de desviación de curso (CDI). Existen algunos HSI que además poseen una aguja de curso que indica la dirección magnética desde el avión hacia la estación terrestre seleccionada. (Fig. 4- 12)

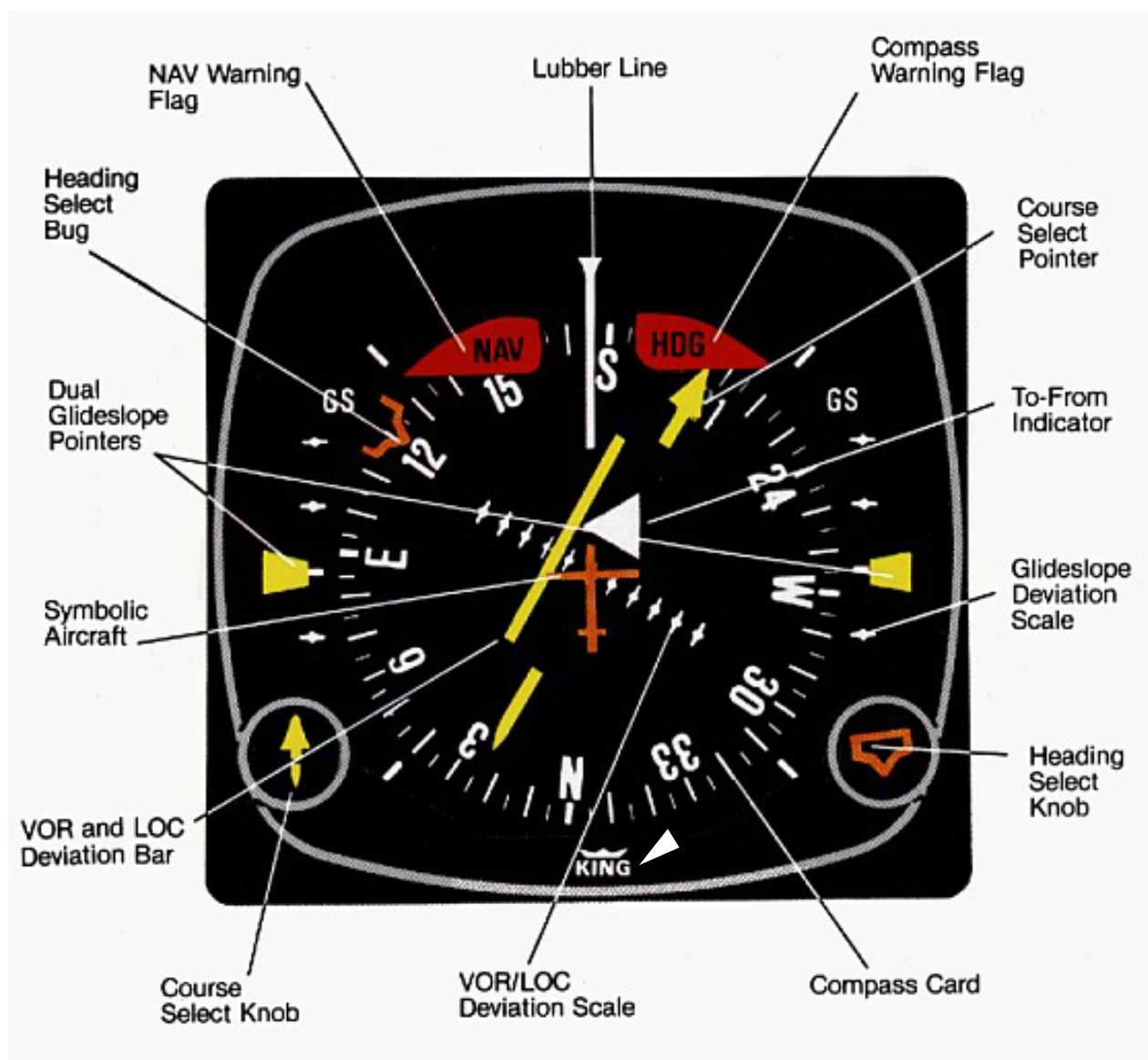


Figura 4-12

4.5 DISTANCE MEASUREMENT EQUIPMENT (D.M.E.)

4.5.1 Generalidades

El DME es un equipo que proporciona información de distancia en línea recta desde el avión hacia una estación seleccionada.

4.5.2 Prueba Del Equipo DME En Tierra

Refiérase al Manual de operación o al Manual de Fase de su unidad, para revisar el proceso de prueba del equipo a bordo de su aeronave.

Sin embargo, tome en consideración los siguientes puntos para efectuar la prueba, independiente del tipo de equipo que posea:

- a. Encender el equipo VOR y el equipo DME, si corresponde, e identificar la señal Morse.

NOTA: La señal es idéntica a la que emana de la estación VOR, excepto que su tono es más agudo, se transmite cada 30 segundos (aproximadamente) y / o lo hace cada dos identificaciones de la estación de radionavegación a que está asociada.

- b. Observar la distancia que aparece en el indicador DME y que ésta corresponda a la distancia que hay entre el avión y la estación (si es conocida)
El margen de error para la indicación es de ± 0.5 MN ó 3% de la distancia, lo que sea mayor.

4.5.3 Funcionamiento

Funciona en la banda de UHF (Ultra High Frequency). El sistema DME tiene un total de 126 canales transmisores-receptores. Las frecuencias de aire a tierra (DME) para estos canales se encuentran en el rango de 1025-1150 megaciclos. Las frecuencias afines de tierra a aire se encuentran en los rangos de 962-1024 megaciclos y 1151-1213 megaciclos. Los canales están espaciados a intervalos de 1 megaciclo en estas bandas.

La distancia es determinada por medio del equipo DME a bordo del avión, midiendo el tiempo transcurrido entre la transmisión de las pulsaciones de interrogación del equipo en el avión y la recepción de las pulsaciones de respuestas correspondientes de la estación de tierra. **(Fig. 4- 13)**

El transmisor del avión comienza el proceso de interrogación, enviando las pulsaciones de interrogación de distancia a una frecuencia de repetición de pulsación.

Estas señales son captadas por el receptor de la estación en tierra. La estación de tierra activa entonces su transmisor, el cual envía las pulsaciones de respuesta de

distancia. Estas pulsaciones requieren aproximadamente 12 microsegundos de ida y vuelta por milla náutica desde la estación de tierra.

Con el fin de facilitar la labor al piloto y hacer más eficiente la operación de la nave, algunos equipos entregan, además de distancia, información de velocidad terrestre y tiempo a la estación.

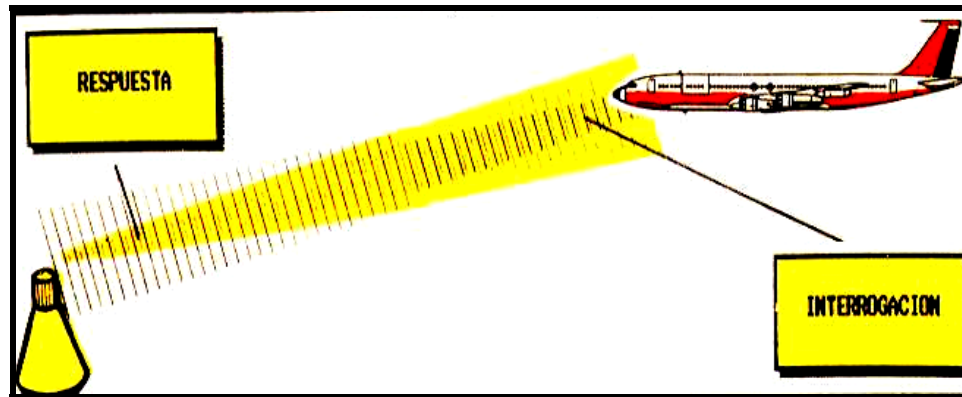


Figura 4-13

4.5.4 Equipo en tierra

El equipo en tierra consiste en una combinación de transmisor-receptor, y una antena de tipo giratorio para la transmisión de la información de distancia.

La estación se identifica auditivamente por medio de la clave Morse internacional, cada 30 segundos aproximadamente y lo hace cada dos identificaciones de la estación de Radionavegación VOR a que está asociado. Por lo general, la identificación del DME será idéntica a la del VOR al cual esta asociado, pero con un tono más agudo.

De acuerdo a la altitud, las estaciones que funcionan en el mismo canal deberán estar separadas por distancias que impidan la interferencia entre ellas. Si un avión recibe dos estaciones en la misma frecuencia, la señal más fuerte predominará.

Esta señal, sin embargo, debe ser ocho veces más fuerte para poder predominar sobre la estación más débil. En un área de aproximadamente igual fuerza en la señal de dos estaciones que estén en la misma frecuencia, el equipo DME hace contacto primero con uno y después con el otro.

4.5.5 Equipo En El Avión

Un equipo de abordo está compuesto de:

Transmisor- Receptor. Es aquel que contiene los diferentes circuitos electrónicos para generar la señal de interrogación y recibir la respuesta de la estación y entregarla al indicador.

Como un gran número de aviones puede estar enviando pulsaciones de interrogación al mismo radiofaro, el equipo de abordó debe poder separar solamente las pulsaciones que son respuestas a sus propias interrogaciones. Las pulsaciones de interrogación son generadas en forma irregular y causadas por el equipo de abordó. Con la acción estroboscópica (búsqueda), el equipo de abordó separa las respuestas sincronizadas a sus propias interrogaciones; es decir, las que tienen una demora fija o de poca variación.

Este proceso de búsqueda ocurre automáticamente siempre que el equipo se sintoniza a una nueva estación o cuando hay una interrupción grande en las señales de la estación, que pueden necesitar hasta 20 segundos para completarse. Esto dependerá de la distancia real entre el avión y la estación en ese momento.

Un circuito memorizador mantiene la misma indicación de distancia en el indicador de alcance y evita la repetición de la operación de búsqueda si la señal es interrumpida por menos de 10 segundos.

Indicador. Contiene los dígitos o números que irán indicando la distancia del avión a la estación terrestre DME. Además puede indicar Velocidad Terrestre y tiempo a la estación. El indicador puede ir solo o integrado a otro instrumento como el BDHI o el HSI. Refiérase al manual de su avión para más detalles. **(Fig. 4- 14 / 15)**



Figura 4-14

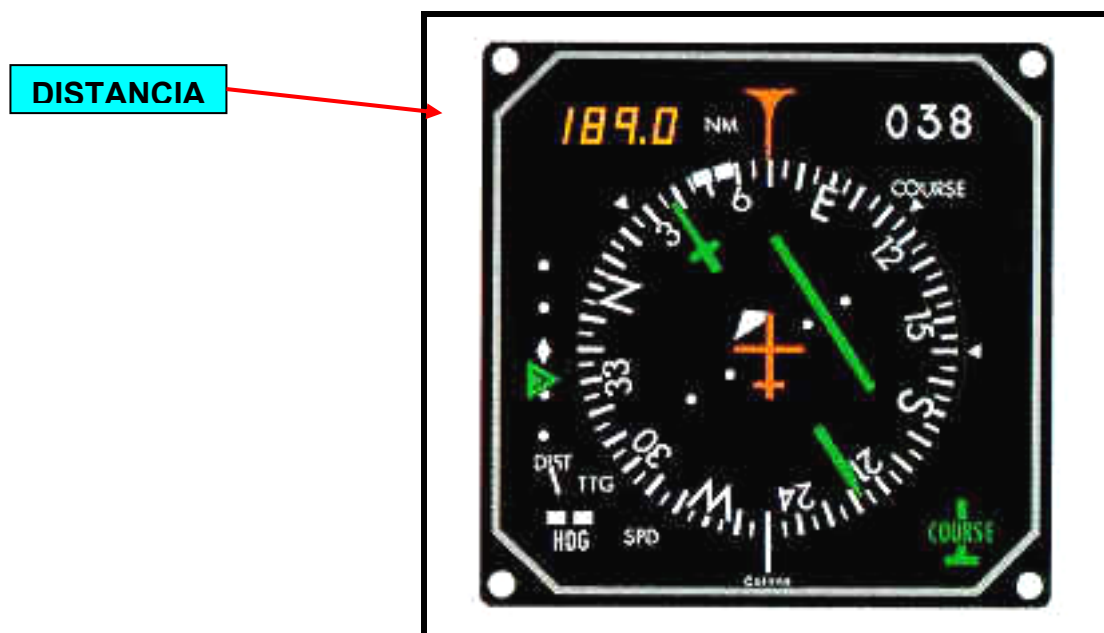


Figura 4-15

Antena. A través de ella son enviadas y recibidas las señales, tanto de interrogación como de respuesta. Algunas incorporan un elemento amplificador.

Unidad de Control. Normalmente el control del DME está asociado a la caja de control del VOR, aunque existen algunos aviones en los que el DME se selecciona con la caja de control del TACAN, (Tactical Air Navigation System).

4.5.6 Limitaciones del DME

- La información de distancia está sujeta a restricciones visuales. El equipo está diseñado para entregar una información confiable hasta un alcance de 196 millas náuticas, dependiendo de la altitud de Vuelo. A bajas altitudes, la distancia a la cual se puede recibir una estación se reduce considerablemente. La altitud del avión es entonces un factor que se debe considerar en la operación del DME. (**Fig. 4- 16**)
- La distancia se mide en un plano inclinado. Para fines prácticos, se puede considerar como la distancia horizontal, excepto cuando el avión está muy cerca de la estación. El margen de imprecisión para esta medición es de $\pm 0,5$ millas náuticas o $\pm 3\%$ de la distancia, lo que sea mayor.

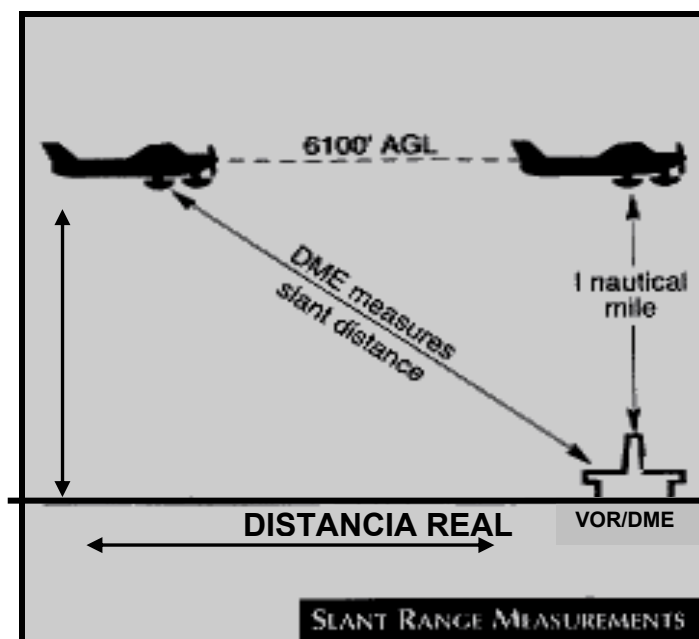


Figura 4-16

4.6 INSTRUMENT LANDING SYSTEM- (I.L.S.)

4.6.1 Generalidades

Este es un sistema de aproximación de precisión a través de señales electrónicas que proporciona al piloto un curso final y una trayectoria de aproximación hacia la pista.

4.6.2 Equipos Terrestres

Se compone de 2 transmisores direccionales y de tres (o menos) marcadores (marker beacons) a lo largo de la aproximación. Los transmisores se denominan localizador y el transmisor de senda de planeo (Glide Slope).

Operativamente podemos subdividir el sistema en:

- Información Guía: Localizador y transmisor de senda de planeo
- Información de distancia: Marcadores y/o DME
- Información Visual: Luces de aproximación, luces de centro de pista y punto de toque de ruedas, luces de pista.

El marcador exterior (OM) y medio (MM) pueden ir asociados a Radiofaros Localizadores de mayor alcance. Por otro lado, el OM puede ser sustituido por una distancia DME.

4.6.3 Prueba Del Equipo ILS

Refiérase al Manual de Vuelo de su aeronave o al Manual de Fase de su unidad, para confirmar la prueba que corresponde a su material de vuelo.

Si el equipo Marker Beacon es independiente, éste deberá ser probado separadamente.

4.6.3.1 Transmisores localizadores

Están instalados aproximadamente 1.000 desde el cabezal correspondiente hacia el centro de pista y 300 pies hacia un lado del extremo de la pista, con la antena alineada con la línea central de la pista. El transmisor emite energía modulada de 90 y 150 ciclos en los lados opuestos de la línea central de la pista para suministrar información azimutal. La energía modulada de 150 ciclos está siempre a la derecha cuando se mira hacia la pista desde el marcador exterior. Esta área es conocida como sector azul. La energía modulada de 90 ciclos está a la izquierda y se conoce como el sector amarillo. Las señales se traslapan en toda la línea central extendida de la pista. La línea central del área traslapada (potencia de señal igual) forma el curso. La línea de curso que se extiende desde el transmisor hacia la baliza exterior, se llama curso frontal. **(Fig. 4- 17)**

Algunos de los localizadores actuales emplean un segundo sistema de antena para cubrir 360 grados alrededor de la estación. Estas señales de curso también se traslapan en dirección contraria formando el curso posterior. Algunos procedimientos ILS establecidos emplean cursos posteriores; sin embargo, la información de trayectoria de planeo no estará disponible, por lo que se convierte en una aproximación NO PRECISA.

La salida de los transmisores localizadores se encuentra generalmente entre 10 y 12 Watts. Un transmisor confiable suministra una señal utilizable a una distancia de 18 millas, en una sección de 10° a cada lado de la línea del curso y 10 millas a 35° a cada lado. Esto dentro de una altura de 1.000 pies sobre la superficie de terreno más alta a lo largo de la línea de curso y 4500' sobre la elevación del terreno donde se encuentra la antena.

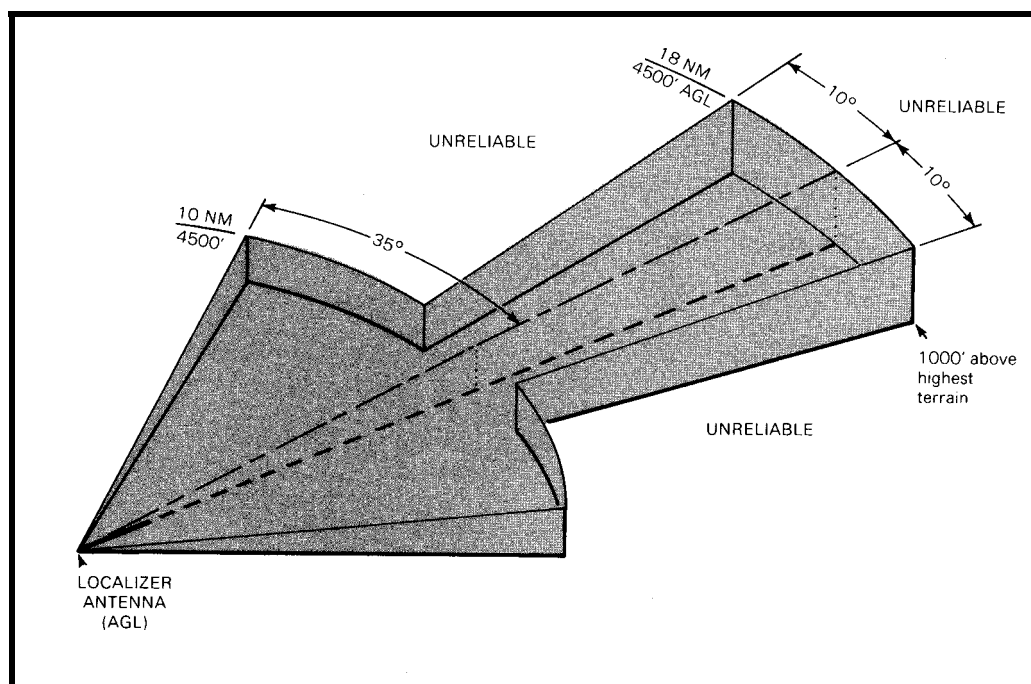


Figura 4-17

Con los equipos receptores actualmente en uso, el piloto puede esperar recibir señales del transmisor localizador a una distancia de aproximadamente 40 millas a 5.000 pies u 80 millas a 10.000 pies.

Este equipo opera entre 108.10 megaciclos y 111.95 megaciclos. Todos los transmisores se encontrarán en una frecuencia de decimal impar (por ejemplo 110.3). Algunas instalaciones VOR usan la misma banda de frecuencia, pero emplean frecuencias de decimales pares (por ejemplo 110.6). El transmisor localizador transmite una identificación en clave morse en forma continua de la estación. La identificación de tres letras estará siempre precedida por la letra en clave "I" (●●) para "ILS". Frecuentemente, esta identificación lleva las mismas letras que se usan para identificar una estación NDB o VOR que esté en el área inmediata. Algunas veces el transmisor localizador puede tener transmisión radiotelefónica. La transmisión de las señales orales no afecta el patrón de señales de la línea de curso.

4.6.4 Transmisores de Trayectoria de Planeo

Están generalmente instalados a una distancia de 750 a 1250 pies del extremo de acercamiento de la pista. El lugar estará normalmente entre 250 y 650 pies de la línea central de la pista.

Al igual que el transmisor localizador, el transmisor de trayectoria de planeo irradia señales de 90 y 150 ciclos que se traslapan para formar una trayectoria de planeo y

suministrar dirección en un plano vertical. La energía de 150 ciclos se transmite en la porción inferior de la trayectoria y la de 90 ciclos en la superior.

La salida normal del transmisor de trayectoria de planeo es de 10 a 12 watts con una salida máxima de 17 watts. Esta potencia debe ser suficiente para producir una señal utilizable a una distancia de 10 a 15 millas del transmisor en un sector de 8 grados a cada lado de la línea de rumbo del localizador. Además, a una altura de 1.000 pies sobre el terreno o la altitud de interceptación de la trayectoria de planeo, cualquiera de las dos que sea inferior.

La profundidad deseada del haz de trayectoria de planeo es de 1.4°. Sin embargo, esta profundidad puede variar de 0.8° a 1.5°. En una instalación típica, la profundidad del haz de la trayectoria de planeo sería de aproximadamente 1.0° ó 0.5° por encima y por debajo de la misma trayectoria. El ángulo de elevación de la trayectoria de planeo varía considerablemente entre instalaciones, dependiendo esto de las características del terreno del área circundante.

Idealmente el ángulo de proyección es de 3° sobre la horizontal, lo que da una altura sobre el cabezal de la pista de 200' en el MM y 1400' en el OM. El ángulo mínimo de la trayectoria de planeo es de 2°.

PRECAUCIÓN: En una aproximación de curso posterior, la indicación de trayectoria de planeo no es confiable, agregándose a esto que la banderola de alarma del instrumento no estará presente. Por este motivo no se debe considerar esta indicación durante la aproximación a menos que esté debidamente publicada en el correspondiente procedimiento.

El transmisor de trayectoria de planeo opera entre frecuencias de la banda (UHF) de 329.15 a 335.00 Mhz. La mayoría de las cajas de control sintonizan automáticamente la trayectoria de planeo cuando se selecciona la frecuencia correspondiente del localizador. Por ejemplo: la frecuencia de 335.0 megaciclos se presintoniza automáticamente cada vez que se selecciona una frecuencia de 110.3 megaciclos. En algunos aviones se requiere sintonización separada del receptor de trayectoria de planeo.

La señal proporciona información confiable hasta la DH publicada. Bajo ésta, la información no se considera como segura y se debe emplear ayudas visuales correspondientes a la pista. Razones de planeo publicadas sin DH, se consideran usables hasta el cabezal de la pista.

Los pilotos deben mantenerse alerta durante una aproximación, ya que cambios considerables de ángulo de trayectoria del avión con respecto a la publicada, puede producir cursos falsos o efecto reverso en los sensores de razón de planeo.

PRECAUCIÓN: Evite volar bajo la trayectoria de planeo a fin de mantener una separación segura sobre obstáculo / terreno.

En algunas aproximaciones aparece publicada la altura de cruce del umbral (TCH). Esta NO representa la altura que el avión cruzará sobre el umbral, y es utilizada sólo como referencia para efectos de planificación. Lo que indica realmente es la altura a que la antena receptora ILS del avión pasara sobre el umbral. Por lo tanto, se debe tener en consideración la diferencia de altura entre esta antena y el tren de aterrizaje, a fin de determinar la altura de cruce de las ruedas. Normalmente se considera una altura de cruce adecuada entre 20 a 30 pies dependiendo del avión.

4.6.5 DME

Cuando esta instalado con el ILS y especificado en la carta de aproximación correspondiente, debe ser utilizado de las siguientes formas:

- En lugar del O.M.
- Como FAF en una aproximación de curso posterior
- Para establecer otros puntos de chequeo en el curso del localizador

Por otro lado, cuando un DME de otra estación es asociado a una aproximación ILS, debe ser utilizado como se indica:

- Indicaciones de arcos en los primeros segmentos de la aproximación
- Como FAF en una aproximación de curso posterior
- Como sustituto del OM Como FAF en una aproximación de curso posterior

4.6.6 Marcadores (MARKER BEACONS)

Se usan junto con el equipo ILS para presentar información de distancia y de punto fijo de referencia. Las ubicaciones de los marcadores se muestran en las cartas terminales ILS. Normalmente se instalan dos marcadores en el curso de acercamiento.

Los marcadores, con una potencia de 3 watts, transmiten en una frecuencia de 75 megaciclos y son dirigidas en el plano vertical produciendo una señal elíptica de aproximadamente 2400 pies de ancho por 4200 pies de largo a 1000 pies de altura. Algunos receptores instalados en el avión, tienen un selector de sensibilidad el que puede estar seleccionado, en "Low" o en "High", dependiendo de la recepción que requiera su avión durante la aproximación. A no ser que el Manual de su aeronave indique lo contrario, se sugiere que se seleccione en "H", para obtener la mayor sensibilidad del equipo.

Generalmente se encuentran 2 marcadores asociados con una aproximación ILS. El exterior (OM) y el medio (MM). En aeropuertos con ILS categoría II se encuentra además un marcador interno (IM). Cuando el avión pase sobre uno de estos marcadores, el piloto recibirá las siguientes indicaciones: **(Fig. 4- 18)**

MARCADOR	COD. MORSE	LUZ
OM	— — —	AZUL
MM	• - • -	ÁMBAR
IM	• • • •	BLANCA

Figura 4-18

- Marcador Exterior (OM): Está normalmente ubicado para ayudar a interceptar la trayectoria de planeo, dentro de ± 50 pies de la altitud establecida para los virajes de procedimiento y se encuentra generalmente entre 4 y 7 millas del extremo de acercamiento de la pista ILS. **(Fig. 4- 19)**
- Marcador Medio (MM): Su ubicación varía de acuerdo con las características locales del terreno y con el ángulo de la trayectoria de planeo, pero se encuentra normalmente entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de milla del extremo de acercamiento de la pista. Usualmente intercepta la trayectoria de planeo a una altura de 200 pies sobre el terreno. **(Fig. 4- 19)**
- Marcador Interno (IM): está ubicado entre el marcador medio y el umbral de la pista. Este indicador marca el final de la trayectoria de planeo donde se alcanza la DA. **(Fig. 4- 19)**

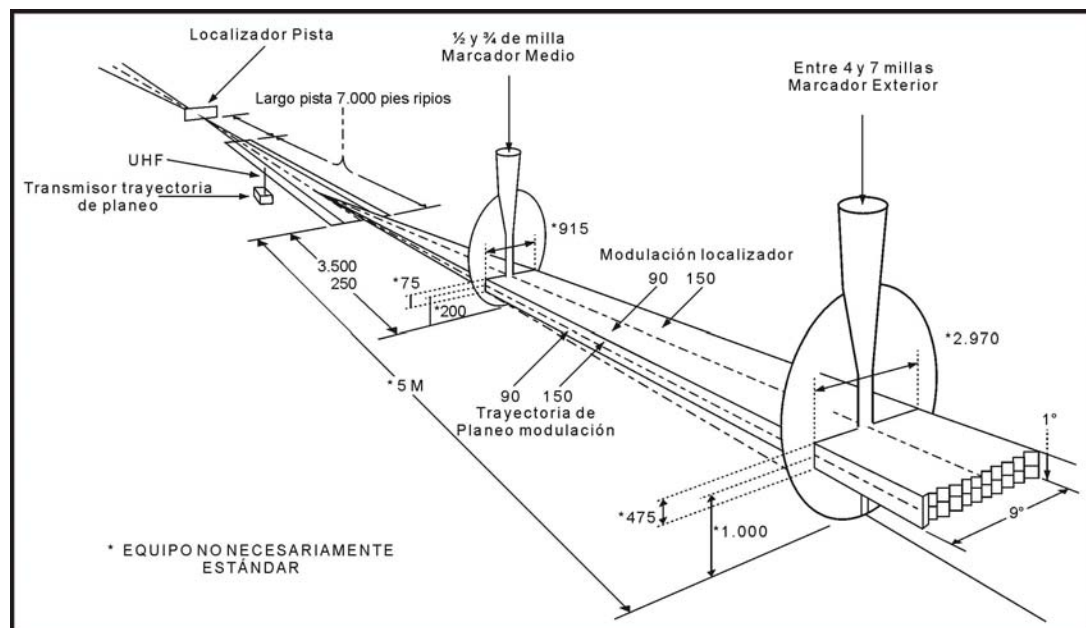


Figura 4-19

4.6.7 Radiofaros Localizadores (Compass Locator)

Son instalaciones transmisoras separadas de los marcadores, pero están ubicadas en el mismo lugar (OM o MM). Son radiofaros no direccionales (NDB), que operan entre 190 y 535 Khz. Generalmente tienen una salida de 25 watts, pudiendo ser más potentes y llegando hasta 400 watts. Son utilizados como OM y como medio de difusión de información meteorológica del aeropuerto.

4.6.8 Mínimos I.L.S.

La altitud mínima de una aproximación ILS es determinada basándose en los equipos en tierra, en el avión y en la certificación de las tripulaciones, existiendo las siguientes categorías:

- Categoría **I**: DH 200 pies, rango de visibilidad de pista (RVR) 2400 pies. Si la pista consta de luces de toque de ruedas y de centro de pista RVR, baja a 1800 pies.
- Categoría **II**: DH 100 pies y RVR 1200 pies.
- Categoría **IIIA**: Sin DH o DH bajo 100 pies y RVR no menor a 700 pies.
- Categoría **IIIB**: Sin DH o DH bajo 50 pies y RVR menor a 700 pies pero no inferior a 150 pies.
- Categoría **IIIC**: Sin DH o RVR mínimos.

4.6.9 Equipos en el Avión

Los aviones de la Fuerza Aérea están equipados con diversos tipos de receptores, por lo que se debe consultar el Manual específico para cada avión.

4.6.9.1 Caja de Control

La caja de control para ILS es la misma que se usa para VOR. El receptor de trayectoria de planeo se sintoniza automáticamente a la frecuencia apropiada siempre que se seleccione la frecuencia del localizador en la ventana de frecuencia.

4.6.10 Componentes I.L.S. Inoperativos

A continuación se presentan las condiciones o limitantes que produce la falla o ausencia de una u otra antena del sistema:

- Con el localizador inoperativo la aproximación ILS no se puede realizar.

- Con transmisor de trayectoria de planeo inoperativo, la aproximación pasa a convertirse en una aproximación solo con interceptación del localizador, por lo que se puede ejecutar como aproximación NO precisa.

4.6.11 Errores Del Sistema I.L.S.

Tanto el transmisor de trayectoria de planeo como el localizador, están expuestos al mismo tipo de cambios producidos por impactos de elementos externos (vehículos, ala de un avión, trabajador, etc.) y ondas electromagnéticas.

4.6.11.1 Interferencia

Aviones y vehículos terrestres operando en las cercanías de los transmisores de trayectoria de planeo o del localizador, e incluso aviones volando bajo 5000 pies AGL, pueden interrumpir la señal a un avión en aproximación.

Por este motivo, en los aeropuertos se han establecido “Áreas Críticas ILS” cercanas a estos transmisores.

El servicio ATC por medio de la torre de control, determina la activación de estas áreas críticas, restringiendo las operaciones terrestres y aéreas, para lo cual considera dos factores preponderantes:

- Condiciones meteorológicas de visibilidad y techo
- Categoría de la aproximación que esta realizando el avión

Generalmente las pistas tienen demarcado, en las calles de rodaje, las zonas críticas de ILS y para los aviones en vuelo se restringe las altitudes de cruce o circuitos de espera por sobre los 5000 pies AGL. (**Fig. 4- 20**)

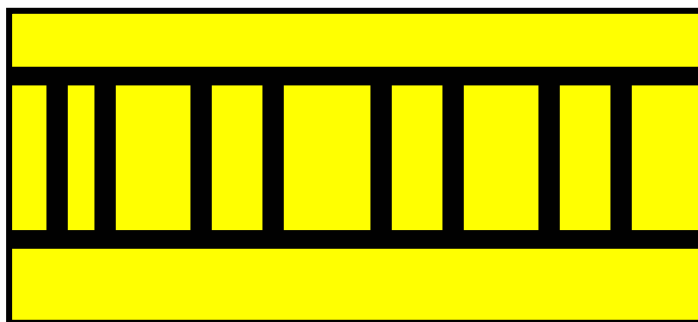


Figura 4-20

4.6.11.2 Trayectorias de Planeo Falsas

Además de transmitir una trayectoria determinada, por diseño, las estaciones emiten cursos adicionales a mayores ángulos verticales. El menor ángulo a que se puede recibir una trayectoria falsa va de 9° a 12°. En un avión volando a una altura constante en proceso de captura del glide slope, se podrá ver movimientos erráticos del indicador de razón de planeo, además de movimientos de la banderola de aviso, a medida que pasa por estas trayectorias falsas. Interceptar una de esas trayectorias falsas puede provocar confusión por movimiento inverso del indicador de trayectoria de planeo y/o por una razón de descenso muy alta.

4.6.11.3 Marker Beacons

La dirección de la antena y el bajo poder de transmisión de los marcadores de posición, asegura que la señal será recibida solo cuando el avión se encuentre sobre ellos. Problemas de recepción de la señal normalmente se producen por no encendido o mal ajuste del equipo en el avión.

Algunos receptores de marcadores están relacionados a otro equipo como un ADF y requieren que esté encendido para su operación.

Otro factor es el adecuado mantenimiento y ajuste del receptor del avión; el piloto no tiene la posibilidad de comprobar si esta bien instalado e indicará la pasada exactamente vertical al marcador. El switch TEST sólo confirma el correcto funcionamiento de las ampollitas de las luces indicadoras.

4.7 SISTEMAS DE LUCES DE APROXIMACIÓN Y DE PISTA

4.7.1 Approach Lighting System (A.L.S.)

Una aproximación por instrumentos a un aeródromo, se puede dividir en 2 etapas distintas: La aproximación instrumental, donde se usa solamente guía de equipos de radio, y la etapa visual, en la cual se debe lograr contacto visual con el terreno. Las ayudas son utilizadas para terminar la aproximación en forma precisa y segura.

La parte mas critica en una aproximación, sobretodo con condiciones de baja visibilidad / nubosidad, es el punto donde el piloto debe decidir si continuar con el aterrizaje o efectuar una frustrada.

Al aproximarse al umbral de la pista, la aproximación visual se debe basar en las luces de aproximación y de toque de ruedas, si es que posee este tipo de luces.

Las luces de aproximación tienen como finalidad proporcionar al piloto unas señales luminosas de suficiente precisión e intensidad que, penetrando las nubes, permitan reconocer la distancia a la pista, dirección y senda de descenso.

No existe un sistema de luces de aproximación único, lo que indudablemente es una desventaja para el piloto, obligando a éste a conocer el sistema de luces de un aeródromo para poder interpretar correctamente un lenguaje expresado por ellas. (Fig. 4- 21)

Peor aun, en ocasiones UD. podrá encontrarse con aeródromos que presentan la combinación de 2 o más sistemas, de acuerdo a las necesidades particulares del mismo. (Fig. 4- 22)

Adicionalmente, UD. podría encontrarse con sistemas únicos, que fueron diseñados específicamente para aeródromos en el continente europeo. (Fig. 4- 23)

Muchas pistas tienen sistemas que le permiten al controlador graduar la intensidad de las luces, para diferentes condiciones de visibilidad o a requerimiento del piloto.

Al reverso de la hoja de cada aproximación aparece especificado el sistema de luces de la pista del aeródromo correspondiente.

La mayoría de los sistemas de luces de aproximación tienen sistemas equivalentes los cuales deben cumplir con ciertos requisitos y características.

Representación gráfica de los distintos sistemas de luces de aproximación en el reverso de cada carta de aproximación:

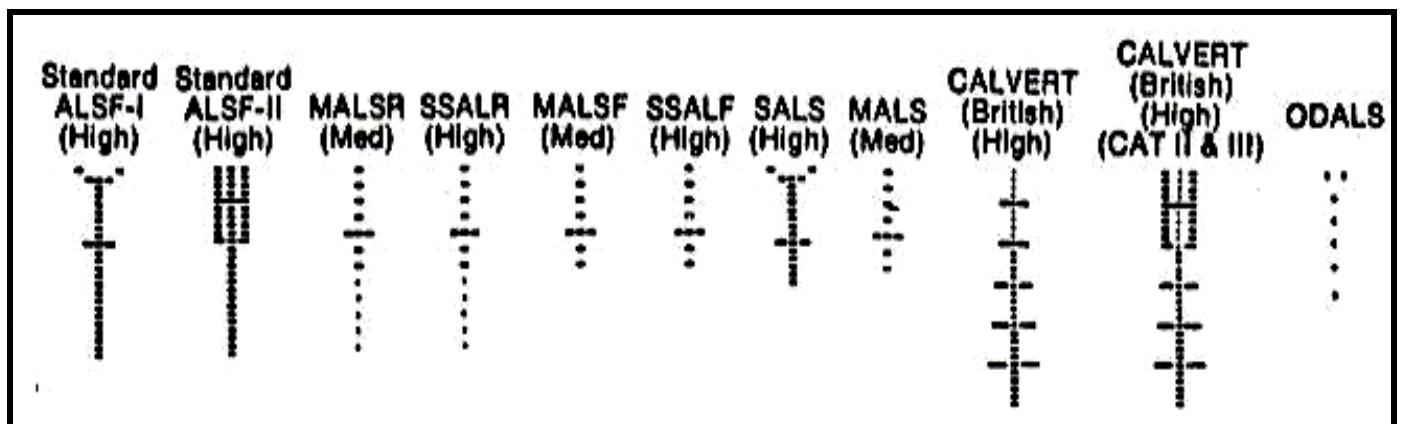


Figura 4-21

- **ALSF:** APPROACH LIGHTING SYSTEM WITH SEQUENCED FLASHING LIGHTS
- **MALSR:** MEDIUM INTENSITY APPROACH LIGHT SYSTEM WITH RWY ALIGNMENT INDICATOR LIGHTS

-
- **SSALR:** SIMPLIFIED SHORT APPROACH LIGHTING SYSTEM WITH RWY ALIGNMENT INDICATOR LIGHTS
 - **MALSF:** MEDIUM INTENSITY APPROACH LIGHT SYSTEM WITH SEQUENCED FLASHING LIGHTS (AND RWY ALIGNMENT)
 - **SSALF:** SIMPLIFIED SHORT APPROACH LIGHTING SYSTEM WITH SEQUENCED FLASHING LIGHTS
 - **SALS:** SHORT APPROACH LIGHTING SYSTEM
 - **MALS:** MEDIUM APPROACH LIGHTING SYSTEM
 - **ODALS:** OMNIDIRECTIONAL APPROACH LIGHT SYSTEM

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

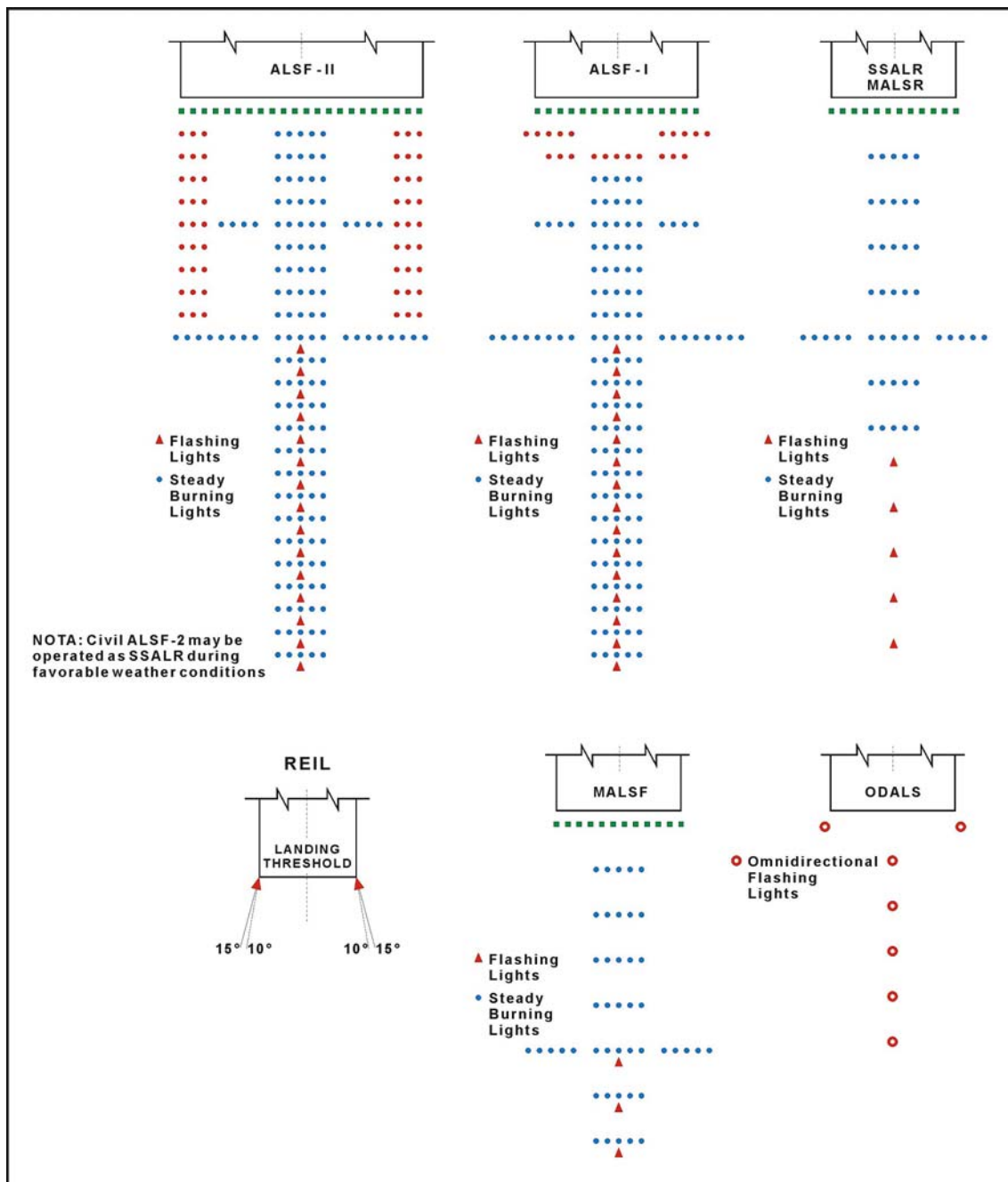


Figura 4-22

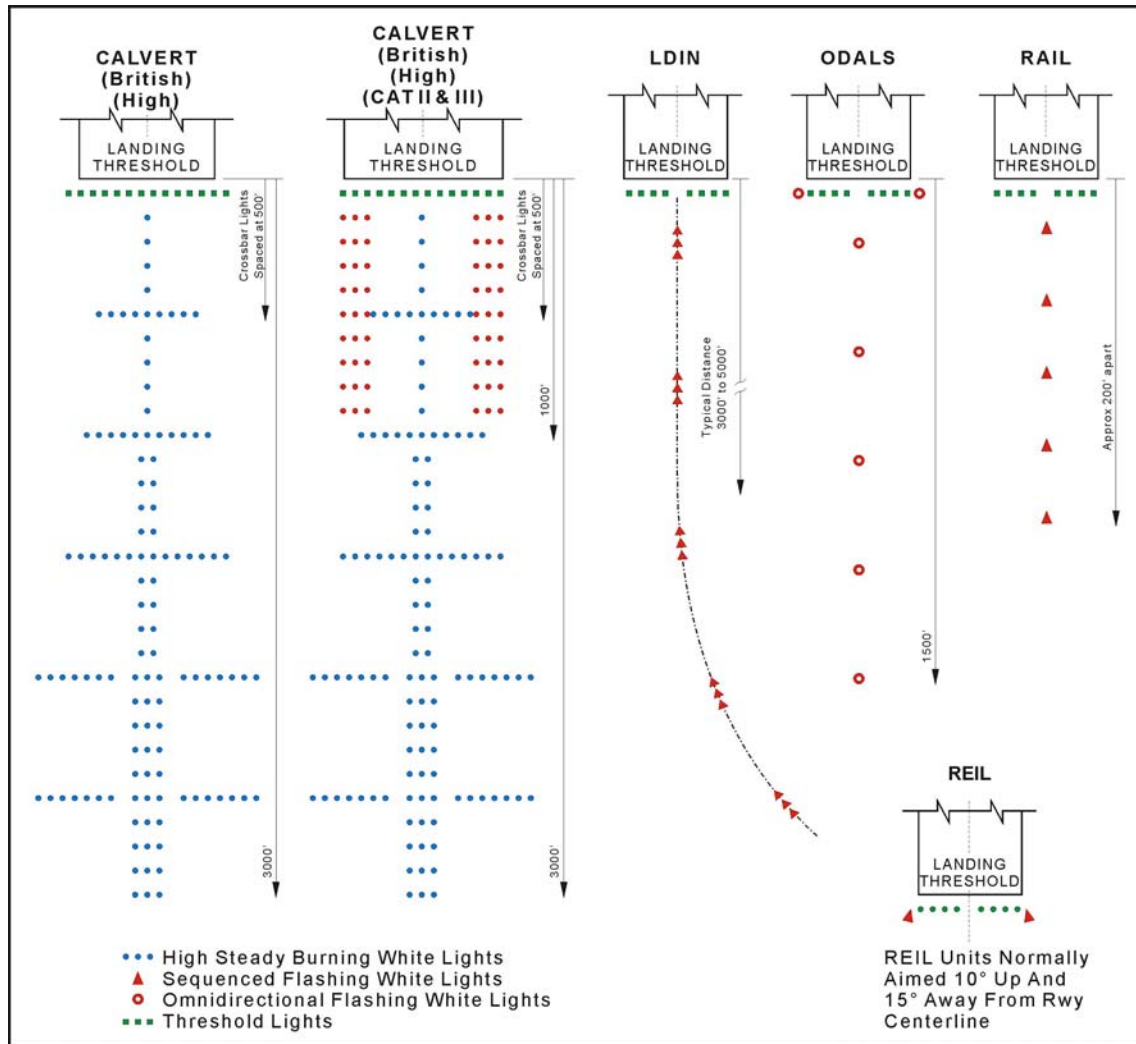


Figura 4-23

4.7.2 Visual Approach System Indicator (V.A.S.I.)

El sistema VASI provee al piloto, una indicación visual de trayectoria de aproximación, basándose en dos colores. Aproximar con este sistema es simple, pues el piloto debe a mirar a través del parabrisas de su aeronave e interpretar lo que este le indique para adoptar la trayectoria de aproximación más adecuada.

El principio de este sistema es similar al del ILS, con la diferencia que la indicación del ILS es electrónica.

Este sistema emite una señal luminosa graduada entre 2,5 a 3° con respecto a la pista, pudiendo llegar hasta un máximo de 4,5°. Su utilización permite mantener una

trayectoria de aproximación cómodo y para dar un paso seguro sobre obstáculos. La trayectoria de aproximación de este sistema, generalmente coincide con la del ILS. Si no fuera así, estará indicado en la cartilla de aproximaciones correspondiente.

El piloto puede emplear este sistema tanto de día como de noche y es aplicable a cualquier aeronave, ya que no requiere de un equipo especial a bordo. Si durante la aproximación visual a la pista, la trayectoria de aproximación del sistema es mantenida, podemos prever que nuestro aterrizaje será seguro y el toque de ruedas será en la zona delimitada para ello. Los pilotos de aviones de altas performances deben considerar que un ángulo de aproximación superior a los $3,5^\circ$ provoca un aumento de la carrera de aterrizaje.

Este sistema puede estar compuesto de cuatro luces en forma de barra, puestas a un lado de la pista o a cada lado de ésta. También existen configuraciones con más barras o luces para brindar un ángulo de aproximación superior para aviones de cabina alta, permitiendo el paso sobre el umbral a una altura segura. Cada barra tiene en su parte superior luces de color blanco y en la parte inferior rojas y la combinación de estos colores será nuestra indicación de estar o no en trayectoria. **(Fig. 4- 24)**

El sistema VASI debe emplearse en condiciones visuales solamente. Cuando la barra más cercana comience a cambiar de color rojo a blanco empieza el descenso, de tal manera que se mantenga en todo momento la barra más cercana de color blanco y la más lejana, color rojo. Este será nuestro indicativo de que estamos en trayectoria. Si ambas barras estuvieran de color rojo, significaría que estamos bajo la trayectoria y deberíamos disminuir la razón de descenso para alcanzarla. Por el contrario, si ambas estuvieran de color blanco, estaríamos altos, para lo cual deberíamos aumentar la razón de descenso para alcanzar la trayectoria correcta.

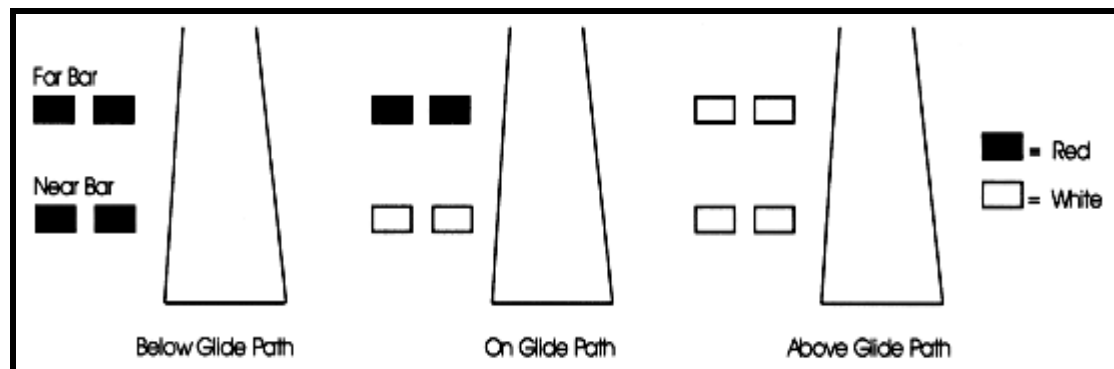


Figura 4-24

4.7.3 PRECISION APPROACH PATH INDICATOR (P.A.P.I.)

El sistema provee una pendiente de descenso, basándose en indicativos visuales generados en tierra. Al igual que el VASI, su alcance diurno y nocturno en VMC es de 5 y 20 MN respectivamente, y su ángulo de elevación es ajustado a los requerimientos operacionales y / o de franqueamiento de obstáculos. Existe un ángulo de ($1/3^\circ$) entre cada una de las cinco trayectorias. (Fig. 4- 25)

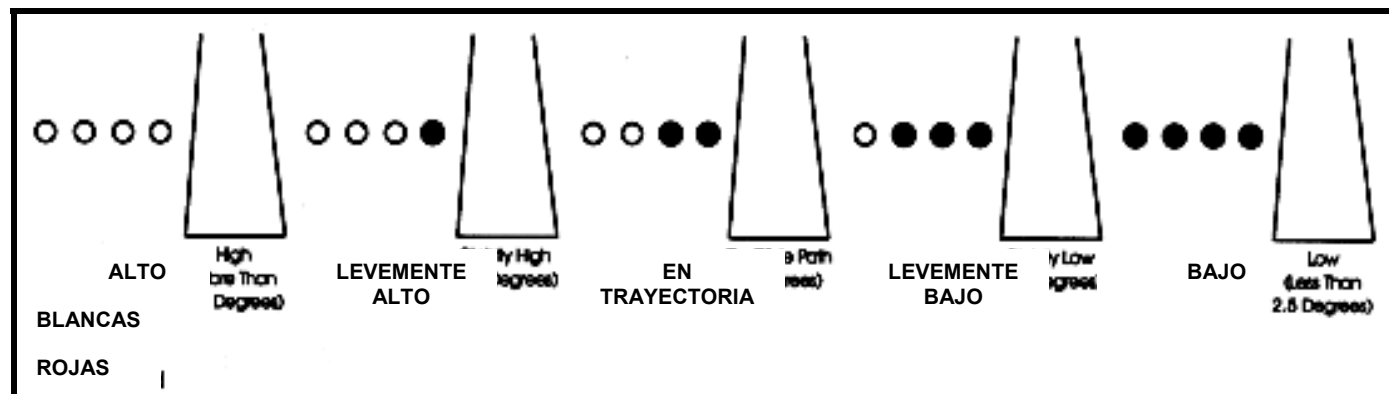


Figura 4-25

4.7.4 Indicador de Trayectoria Tricolor

Este sistema está compuesto por una unidad de luz que proyecta 3 colores y es ubicada a un costado de la pista. Tiene un alcance visual útil de $\frac{1}{2}$ a 1 milla diurno y hasta 5 millas nocturno, dependiendo de las condiciones de visibilidad. La indicación es roja bajo la trayectoria, ámbar sobre ésta y verde en trayectoria. (Fig. 4- 26)

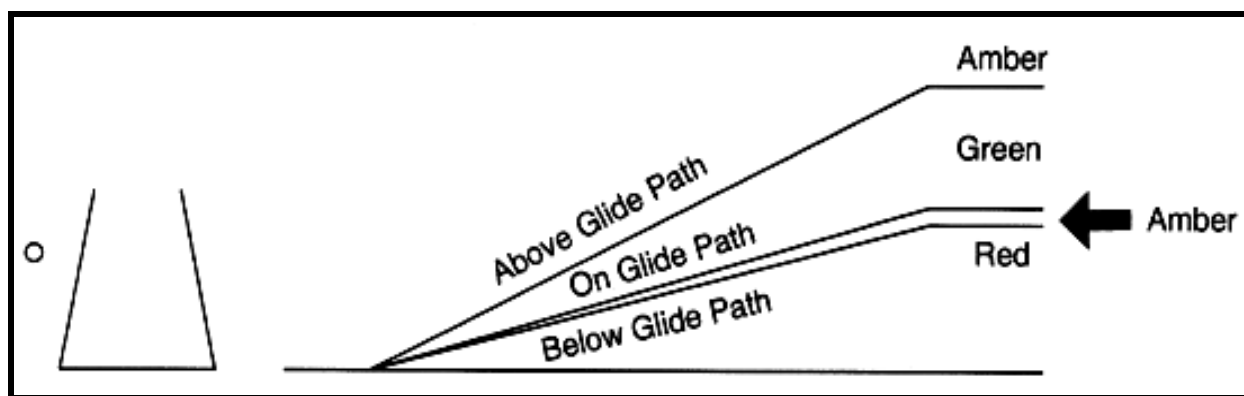


Figura 4-26

NOTA: Considerando que este sistema se basa en la información de solo una fuente de luz, puede ser confundida por otras fuentes.

Cuando el avión desciende de verde a rojo, se puede apreciar un color ámbar oscuro durante la transición de colores.

4.7.5 Pulse Visual Approach System Indicator (P.V.A.S.I.)

Consiste en una fuente de luz ubicada a un costado de pista que emite 2 colores. La indicación en trayectoria es una luz blanca y fija, un poco bajo la trayectoria la luz es roja fija. Definitivamente bajo la trayectoria la luz roja se pone intermitente (Pulsos). Por otro lado, definitivamente sobre la trayectoria, la luz blanca se pone intermitente. **(Fig. 4- 27)**

La razón de pulsos se acelera al alejarse más de la trayectoria. La distancia de uso efectivo de este sistema es de alrededor de 4 millas de día y hasta 10 millas de noche.

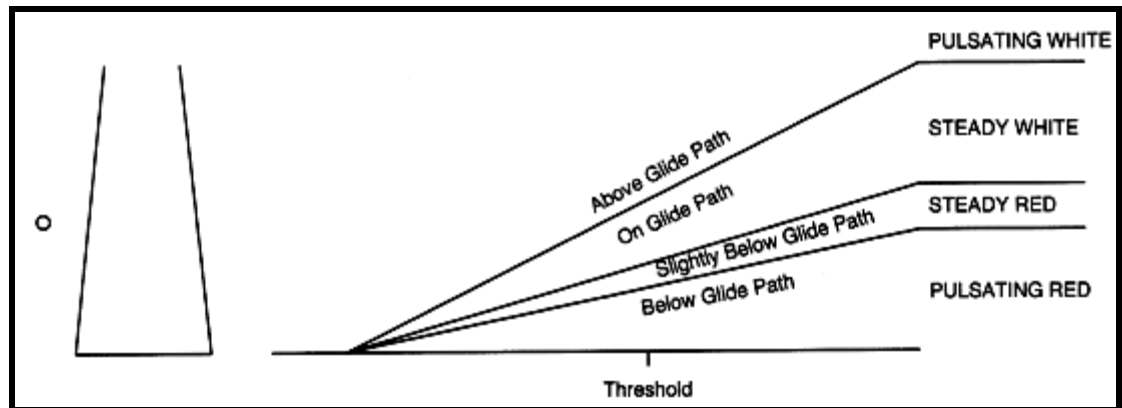


Figura 4-27

NOTA: Considerando que la fuente de luz es una sola, ésta puede ser confundida con otras fuentes. Los pilotos deben estar atentos a este posible efecto.

4.7.6 Indicador de Trayectoria Por Alineamiento de Elementos

Este sistema es ubicado generalmente en aeropuertos pequeños y consiste en paneles pintados blanco y negro o naranja fluorescente. Algunos tienen luces para su uso nocturno. La distancia de uso útil es de aproximadamente $\frac{3}{4}$ de milla. El piloto debe colocar el avión de tal forma que permita ver los paneles alineados. **(Fig. 4-28)**

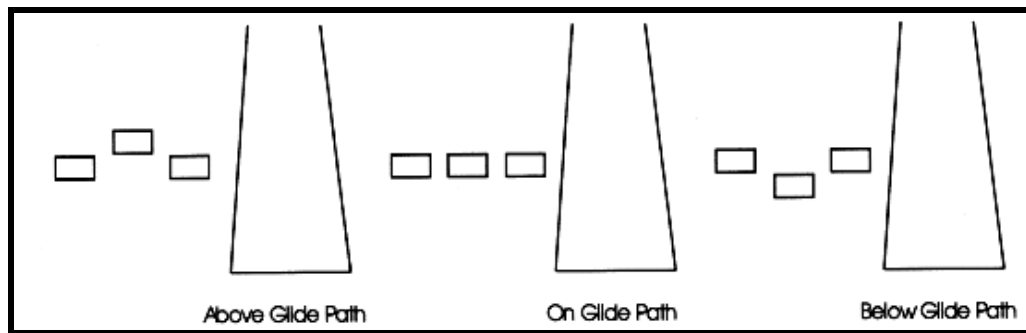


Figura 4-28

4.7.7 Runway End Identifier Lights (R.E.I.L.)

Las REIL son instaladas en los aeropuertos con la finalidad de proveer a las tripulaciones una identificación rápida y positiva del fin de pista. El sistema consiste en un par de luces sincronizadas e intermitentes puestas a cada lado del cabezal de la pista.

Las luces que marcan el fin de pista emiten luz roja para indicar el fin de pista a un avión despegando y emiten verde hacia fuera de la pista para indicar el principio de pista para un avión aterrizando. (**Fig. 4- 29**)

Este sistema puede ser omnidireccional o unidireccional hacia el área de aproximación y son útiles para identificar una pista rodeada de otros sistemas de iluminación, con poco contraste con el terreno que lo rodea y/o en condiciones de baja visibilidad.

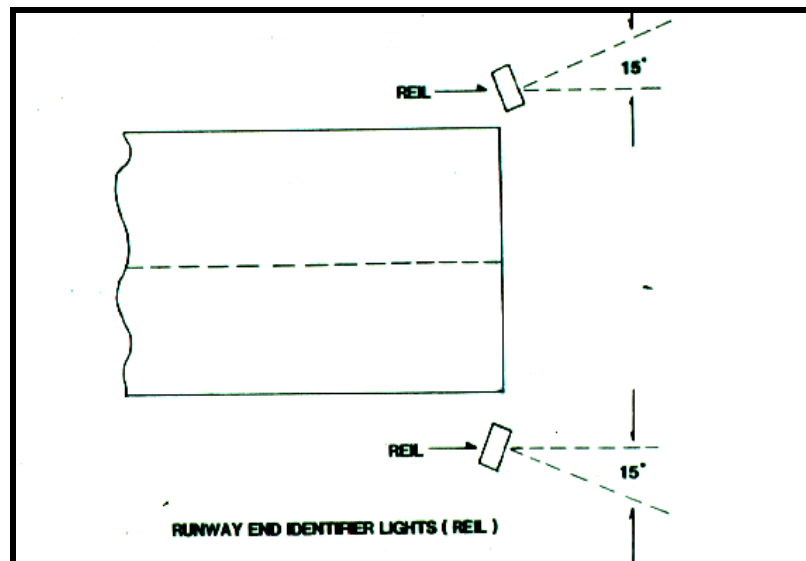


Figura 4-29

4.7.8 Sistemas de Iluminación de Borde de Pista

Son las luces que demarcan los límites laterales de una pista en condiciones de baja visibilidad o nocturno. Estos sistemas son clasificados dependiendo de la intensidad o el brillo que las luces pueden producir:

- HILR: High Intensity Runway Lights
- MIRL: Medium Intensity Runway Lights
- LIRL: Low Intensity Runway Lights

Las HILR y MIRL tienen controles de intensidad variables. Las LIRL generalmente son fijas.

Estas luces son blancas, con la excepción de las ubicadas en pistas instrumentales, donde cambian a naranja en los últimos 2000 pies o desde el centro de pista, lo que sea menor, con el objetivo de indicar una zona de precaución para los aterrizajes.

4.7.9 Sistema de Iluminación Interior de Pista

4.7.9.1 Runway Center Lighting System (R.C.L.S.)

Son instaladas en pistas con aproximaciones de precisión, con el fin de facilitar el aterrizaje durante operaciones con visibilidad restringida. Van espaciadas cada 50 pies. Mirando desde el umbral, se puede apreciar que las luces son blancas hasta los últimos 3000, pies donde comienzan a alternarse con luces rojas durante los siguientes 2000 pies. Los últimos 1000 pies están provistos con luces rojas. **(Fig. 4- 30)**

4.7.9.2 Touch Down Zone Lights (T.D.Z.L.)

Están instaladas en algunos aeropuertos con aproximaciones de precisión y su finalidad es indicar la zona de toque de ruedas bajo condiciones adversas de visibilidad. Estas consisten en 2 líneas de barras transversales puestas simétricamente desde el centro de pista. Estas barras se extienden desde 100 pies al interior del cabezal de aterrizaje y hasta 3000 pies o centro de pista, el que sea menor. **(Fig. 4- 30)**

4.7.9.3 Luces de Inicio de Calle de Rodaje

Estas luces se extienden desde el centro de pista hacia el centro de la calle de rodaje correspondiente con la finalidad de hacer más eficiente el abandono de pista. Estas luces van alternadas verde y amarillo hasta el punto de espera para el despegue o hasta la zona crítica del ILS.

4.7.9.4 Luces de Aterrizaje y Mantener

Estas son utilizadas en aeropuertos con certificación L.A.H.S.O. (Land and Hold Short Operations) y serán encendidas sólo cuando el LAHSO este activado. Consiste

en una línea de luces blancas intermitentes que están ubicadas en el punto de mantención.

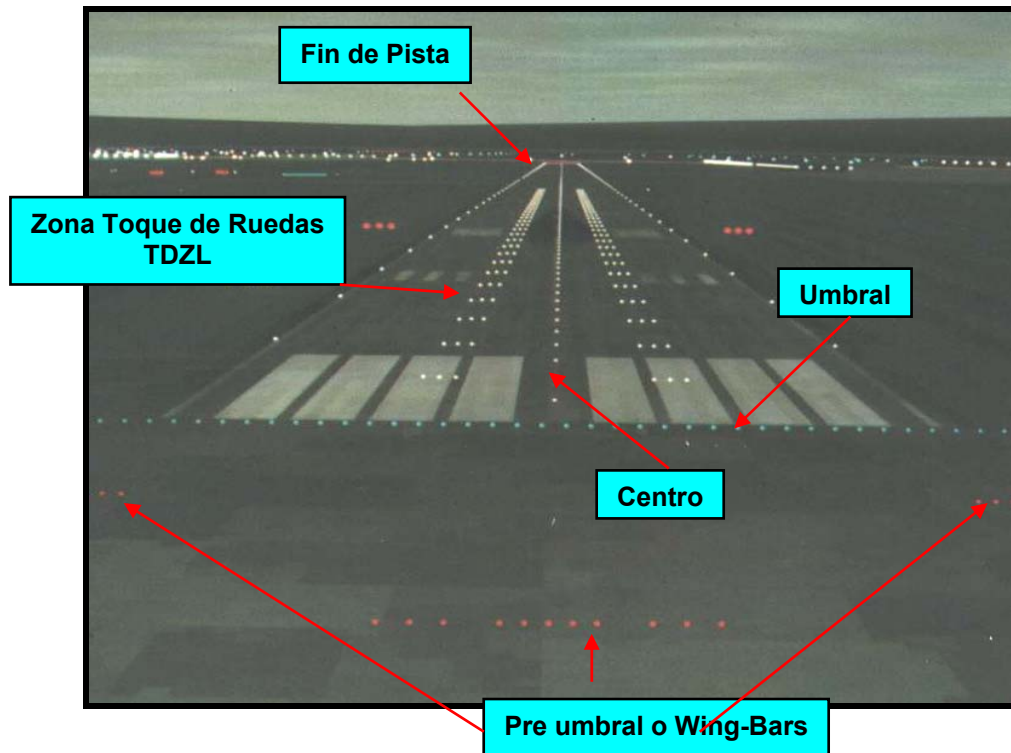


Figura 4-30

4.8 RADAR

4.8.1 Principio de Funcionamiento

El principio básico del Radar puede resumirse en una sola palabra: REFLEXIÓN DE ONDAS. Un eco es una simple demostración de la REFLEXIÓN de las ondas. Una onda radiada golpea una superficie reflectante y es devuelta a su punto de origen.

El tiempo de demora entre la onda original y su eco es directamente proporcional a la distancia que la onda debe viajar.

El mejor medio de presentar el regreso del Eco es usar una pantalla de rayos catódicos, generalmente llamados "Scopes" (pantalla de rayos catódicos). Con este tipo de presentación, el objeto (aeronave), que refleja la onda, aparece como un "Blip" (cresta) en la pantalla. El controlador de Radar determina la posición del objeto, a través de interpretaciones (lecturas) en la pantalla.

4.8.2 Componentes Básicos

Para efectos de control del tránsito aéreo, el radar es utilizado para proporcionar información continua de distancia, ubicación geográfica y, eventualmente, altitud de los blancos que presentan las aeronaves, dependiendo si cuentan o no con el equipo necesario a bordo y el ATC cuenta con un radar secundario.

Para presentar esta información, el sistema debe ser capaz de:

- Transmitir la energía requerida.
- Recibir aquella energía que sea reflejada.
- Presentar la información procesada en el indicador.

Ahora bien, para que el sistema radar pueda cumplir con los requisitos anteriores, debe contar con los siguientes componentes fundamentales:

- a. Sincronizador.
- b. Modulador.
- c. Transmisor.
- d. Antena.
- e. Sistema TR (TR Switch)
- f. Receptor.
- g. Pantalla.
- h. MTI. Este es un componente adicional que proporciona información solamente de blancos móviles, cuya velocidad es superior a 13 kts. La limitación que produce este componente, es que el radar queda susceptible a velocidades de cancelación comúnmente llamadas “velocidades ciegas”. Este fenómeno causa una pérdida momentánea del objetivo.

Debido a lo largo de la onda corta usada por el radar, las gotas de lluvia, la nieve y similares producen pantallas borrosas (scope clutter). Esto hace difícil la interpretación de la pantalla durante lluvias y otras precipitaciones intensas. Los últimos radares incluyen la polarización circular, que es un método ocupado para aumentar o eliminar ecos de precipitación. El controlador de radar usa este método cada vez que existe la posibilidad de perder el blanco por poca claridad de la pantalla.

4.8.3 Tipos de Radar

Básicamente tenemos cuatro tipos de radar: Vigilancia en Ruta, Vigilancia de Aeropuerto, Secundario y el de Precisión. Los dos primeros escanean el espacio en 360°. (**Fig. 4- 31**)

4.8.3.1 Radar de Vigilancia de Ruta / AIR ROUTE SURVEILLANCE RADAR (A.R.S.R.)

El ARSR es un radar de largo alcance que es utilizado para el control del espacio aéreo en ruta entre áreas terminales. En algunos casos pueden ser utilizados como ASR en caso de falla de éste, pero con ciertas limitaciones.

4.8.3.2 Radar de Vigilancia de Aeropuerto / AIRPORT SURVEILLANCE RADAR (A.S.R.)

Esta diseñado para entregar información a corta distancia alrededor de un área terminal. Su uso es para el ordenamiento de aeronaves dentro de ésta, basándose en la información precisa de posición de aeronaves que entrega al controlador a través de la pantalla (PPI). También puede ser utilizado como ayuda a una aproximación instrumental.

4.8.3.3 Radar de Precisión o PAR (Precisión Approach Radar)

Este radar esta diseñado más que para servir de separador de tráficos, como ayuda para el aterrizaje. El equipo PAR es utilizado como equipo primario en una aproximación para el aterrizaje o para monitorear otros tipos de aproximaciones. Éste entrega al controlador información de azimuth, distancia y elevación.

Es necesario hacer notar que este tipo de radar es notablemente superior a un radar de vigilancia, lo que permite efectuar aproximaciones hasta con visibilidad cero, pudiendo la aeronave tocar ruedas mediante instrucciones adecuadas de tierra y sin que el piloto tenga la pista a la vista. Eso si, contando con sistema de luces de aproximación de pista, para mantener la dirección después de tocar ruedas.

El equipo esta compuesto por 2 antenas las que escanean el plano vertical y horizontal respectivamente. El alcance del radar es de 10 millas con una azimuth de 20° y elevación de 7°; sin embargo, su uso esta limitado sólo al área de aproximación final. La pantalla de presentación al controlador está dividida en 2 partes. La superior presenta información de altitud y distancia. La inferior presenta azimuth y distancia.

4.8.3.4 Radar Secundario / Air Traffic Control Radar Beacon System (A.T.C.R.B.S.)

Este radar es llamado secundario ya que es acoplado a uno primario o de vigilancia. Su objetivo es ayudar a la localización e identificación de las aeronaves y consiste en tres componentes principales:

4.8.3.4.1 Interrogador

El radar primario entrega información en pantalla como blancos. El radar interrogador o secundario, va sincronizado con éste y su función es transmitir señales de radio repetidamente, interrogando los equipos respondedores a bordo de las aeronaves. Estas respuestas llegan junto con la señal primaria presentándose ambas en la pantalla.

4.8.3.4.2 Transponder

Es el radar receptor-transmisor ubicado en el avión. Automáticamente recibe las señales del interrogador y responde en forma selectiva con un grupo de pulsos específicos (código). Responde sólo a las interrogaciones hechas en el modo que esta seleccionado el equipo. Estas respuestas son totalmente independientes y mucho más potentes que la señal de retorno del radar primario.

4.8.3.4.3 Pantalla de Radar (radarscope)

Esta muestra al controlador los retornos del radar primario y del ATCRBS (secundario). Esos retornos llamados blancos, son los que usa el controlador para la separación de tráfico.

El interpretar blancos basándose solo en el radar primario es un trabajo tedioso y extenuante para el controlador. Algunas de las ventajas del uso del ATCRBS son:

- Refuerzo de los blancos de radar
- Identificación rápida de blancos
- Posibilidad de tener en pantalla sólo los códigos seleccionados

Otra parte del equipo en tierra es un codificador terrestre que permite al controlador asignar un código transponder a los aviones bajo su control, basado en información computacional que se actualiza automáticamente por medio de un control a escala nacional. Esto tiene como objetivo que dos aeronaves no se encuentren en el mismo espacio aéreo con el mismo código.

Este equipo en tierra esta diseñado para recibir también información de altitud del avión en MODO C.

Es importante recalcar que este tipo de radar es de gran ayuda para el sistema de transito aéreo ya que incrementa la efectividad de los radares de vigilancia.

4.8.4 Otros Tipos de Radar

4.8.4.1 Equipo Detección de Superficie de Aeropuerto / Airport Surface Detection Equipment (A.S.D.E.)

Este radar está diseñado para detectar todos los movimientos de aviones o vehículos terrestres en las áreas de movimiento principales. Además, entrega una presentación general de todo el aeropuerto en una pantalla en la torre de control. Es usado con la finalidad de aumentar el alcance visual de los controladores hacia todos los movimientos terrestres de aviones y vehículos en las calles de taxeo y la(s) pista(s).

4.8.4.2 Digital Bright Radar Indicator Tower Equipment (D-BRITE)

Este equipo es un repetidor del ASR instalado en la torre de control. Entrega información primaria y secundaria. Los controladores lo utilizan para mantener una alerta situacional de los aviones en su control. Ellos pueden “sugerir” direcciones o rumbos como ayuda a la navegación.

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

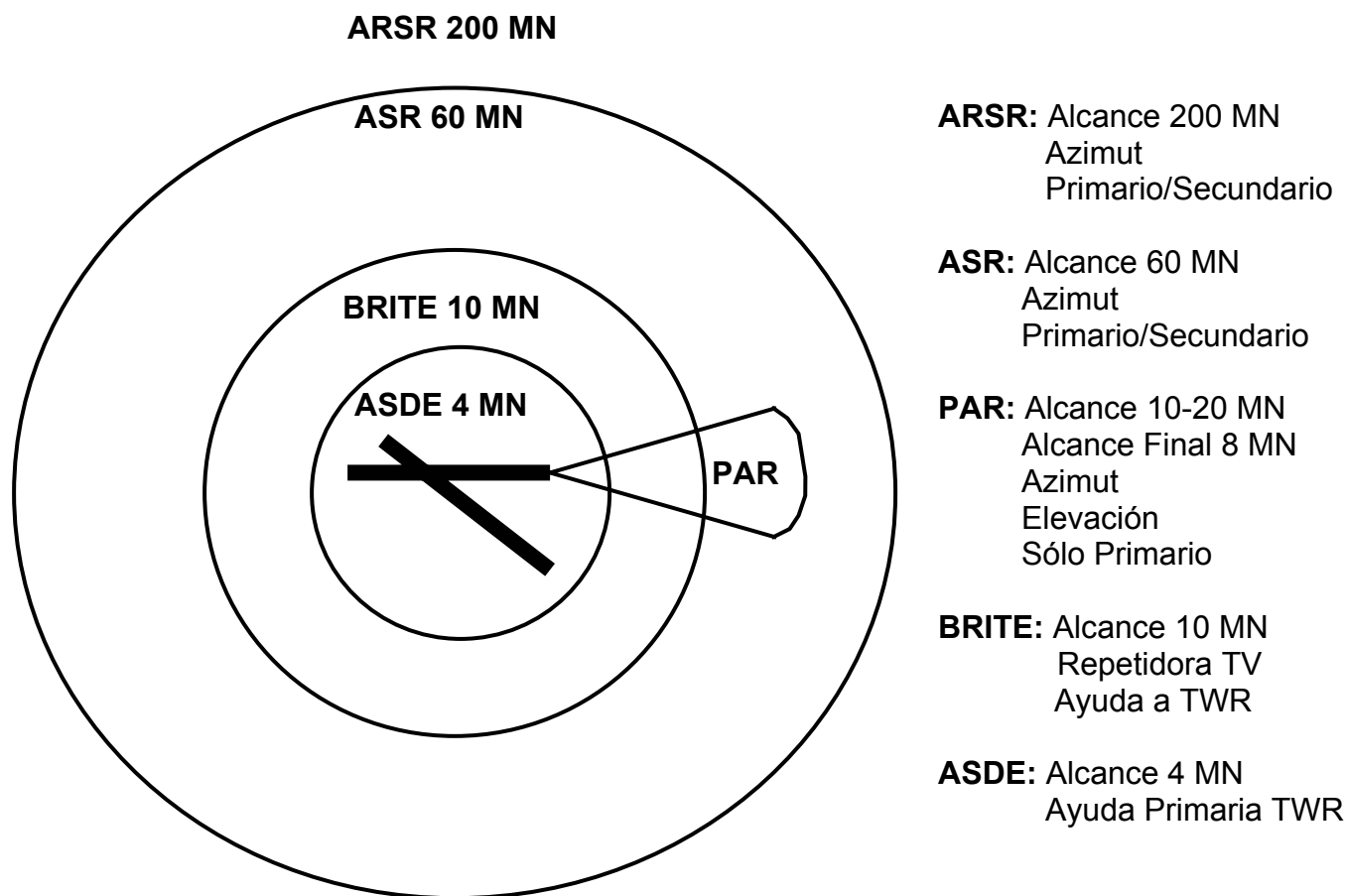


Figura 4-31

4.8.5 Utilización del Radar

4.8.5.1 Uso Militar

La principal misión de un radar de vigilancia consiste en vigilar una determinada porción del espacio aéreo, detectando así cualquier aeronave que pudiera entrar en éste con fines bélicos, con suficiente anticipación para tomar medidas adecuadas. Ejemplo: alistar elementos defensivos, participación en intercepciones, etc.

4.8.5.2 Uso Civil

Consiste en proporcionar el máximo de seguridad, eficacia y expedición del tránsito aéreo dentro de determinadas rutas y espacios aéreos.

Los procedimientos que se analizarán se referirán tanto al tráfico aéreo militar como civil desde el punto de vista general de la navegación aérea.

4.8.5.2.1 **Guía vectorial.** Es el procedimiento por el cual se dirige a una aeronave tanto en el plano vertical como horizontal, mediante la emisión de instrucciones de rumbos y altitudes a mantener.

Esto se logra mediante la ayuda de un “MAPA VIDEO”, el cual no es más que una superposición de un mapa sobre la pantalla y que permite a simple vista, ver la posición relativa de una aeronave con respecto al terreno sobre el cual está volando.

4.8.5.2.2 **Interceptación de Radio Ayudas de Aproximación.** Esto consiste en guiar vectorialmente las aeronaves hasta ubicarla sobre una radio-ayuda de aproximación, ya sea NDB, localizador ILS, etc., a la altitud publicada, de tal forma que el piloto, pueda iniciar el procedimiento de descenso correspondiente, basándose en los instrumentos del avión.

4.8.5.2.3 **Monitoreo.** Consiste, en vigilar que la aeronave que está llevando su propia navegación aérea, no se desvíe significativamente de su trayectoria, altitud o velocidad hasta el punto que pueda constituir un peligro para la navegación.

Cabe hacer notar, que respecto al procedimiento de interceptación de Radio-Ayudas de aproximación, cuando la aeronave alcanza la radio-ayuda que usará para aproximar, termina la guía vectorial y comienza el monitoreo hasta el término de la aproximación.

4.8.6 Aproximación Por Radar

Existen dos tipos de aproximaciones: El de precisión, que proporciona al piloto curso preciso y trayectoria de planeo (Glide Slope) y la aproximación de vigilancia la que proporciona curso, distancia sobre el terreno y se clasifica como una aproximación no precisa. Si se le pide, el controlador también proporcionará altitudes recomendadas para final.

Los dos sistemas, precisión y vigilancia pueden ser comparados considerando las siguientes tolerancias:

- a. El error de azimut máximo de la línea central para el PAR es de 30 pies ó 0.2° en el umbral de la pista de aterrizaje, cualquiera sea mayor.
- b. En el MAP el curso de aproximación por sistema de vigilancia no excederá 500 pies a la izquierda o derecha de los bordes de la pista o 3% de la distancia entre la antena de radar y el punto en el cual la aproximación es descontinuada, cualquiera sea mayor.

4.8.7 Limitaciones De Los Sistemas De Radar

Es muy importante que los pilotos comprendan las limitaciones de los servicios de radar y consideren que los controladores no siempre podrán informar alertas de tráfico, ya que éstos no siempre se encuentren volando bajo su control, por lo tanto, no son vistos por el radar.

Una de las características de las ondas es que viajan en línea recta a menos que sean:

- “Dobladas” por fenómenos meteorológicos, como una inversión térmica
- Reflectadas o atenuadas por objetos densos como nubes gruesas, precipitación, obstáculos en tierra, montañas, etc.
- Impedidas de continuar por características de terreno alto

La energía de radar que llega a objetos densos es reflejada y mostrada al operador en la pantalla, limitando la identificación de un avión a la misma distancia y debilitando o definitivamente eliminando la muestra de blancos a mayor distancia.

Aviones a una baja altitud no serán vistos si son tapados por montañas o se encuentran bajo el haz del radar producto de la curvatura de la tierra.

La cantidad de superficie de reflejo de un avión determina el porte del retorno en la pantalla. Por lo tanto, aviones pequeños o de combate serán más complicados de identificar que un avión de transporte grande.

Existen aeropuertos que cuentan con radares con posibilidad de modo “C”, que indican la altitud del avión en la pantalla del controlador. En cambio hay otros que no cuentan con esta capacidad por lo que el controlador se debe basar en la información de altitud entregada por los pilotos.

4.9 INERTIAL NAVIGATION SYSTEM (I.N.S.)

4.9.1 Descripción

El INS es una fuente primaria de información de Velocidad Terrestre, Rumbo y Navegación. Un sistema básico consiste en sensores de aceleración montados en una plataforma giroscópica, un computador para analizar la información básica y mantener actualizada la posición actual y una unidad de control CDU (Control Display Unit), para el ingreso de datos y monitoreo del sistema. **(Fig. 4- 32)**

Este equipo permite a la tripulación seleccionar una variada cantidad de información, definir una serie de cursos y actualizar la presente posición. El INS opera exclusivamente basándose en sensar los movimientos del avión. Su precisión es

teóricamente ilimitada y sólo se ve afectada por la tecnología y la calidad de la construcción.

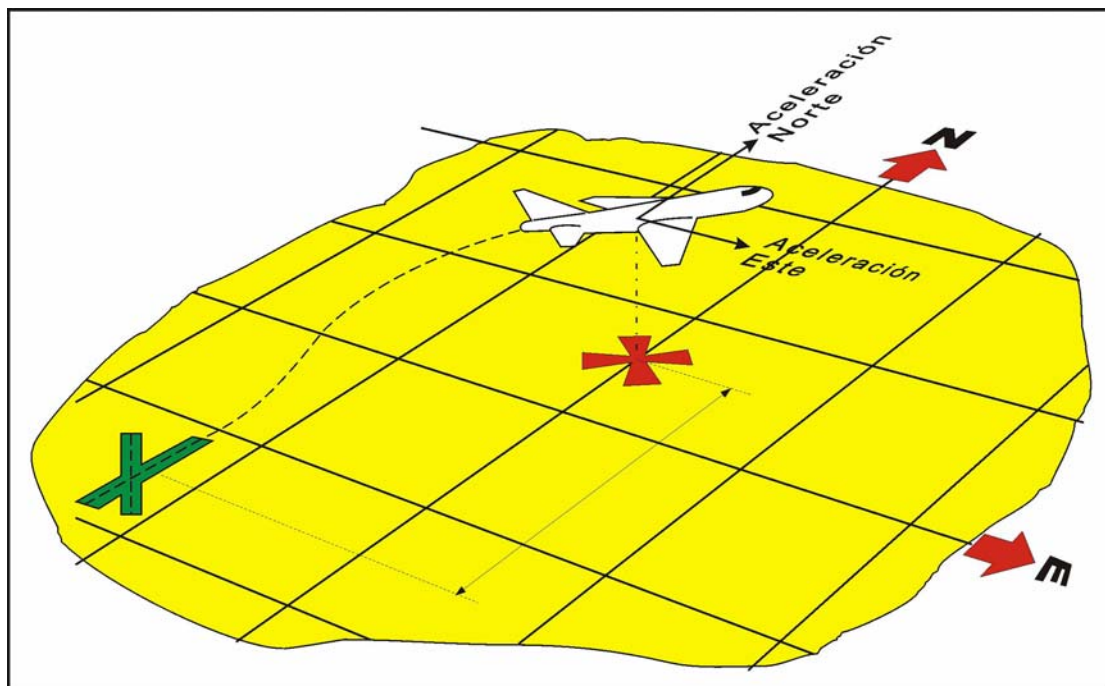


Figura 4-32

Tomando en cuenta que no emite ni recibe señales de ningún tipo, no puede ser afectado por Contramedidas Electrónicas (CME) o la meteorología. El INS puede también entregar información a una serie de otros equipos.

4.9.2 Operación

Antes de que un INS pueda ser usado, debe ser alineado. Para ello se le ingresa la posición en forma manual mientras automáticamente se alinea con el norte verdadero. Este procedimiento debe ser completado antes de mover el avión.

Si el alineamiento o parte del programa del equipo falla en vuelo, la información de navegación puede sufrir alteraciones o incluso, perderse.

En algunos casos es posible obtener información relativa a actitud y rumbo como elementos de emergencia.

Las coordenadas geográficas, así también como el azimut y distancia de los distintos puntos son ingresadas a través del CDU. Algunos aviones en la actualidad cuentan con un equipo computacional de planificación en tierra que les permite ingresar toda la información de navegación y otros datos de interés al CDU a través de un equipo de almacenaje de datos llamado DTC (Data Transfer Cartridge)

Para una información detallada de un sistema en particular y su operación, refiérase al manual de vuelo de su avión o su respectiva orden técnica.

4.9.3 Errores Del INS

El error principal del sistema es la degradación de la posición en el tiempo. El INS computa posiciones comenzando con una actualización de coordenadas efectuada manualmente, la que va cambiando continuamente, basándose en la información de velocidad y dirección que entregan los acelerómetros y giróscopos. Estos acelerómetros y giróscopos están sujetos a pequeños errores los que, a medida que pasa el tiempo, se pueden acumular.

El hecho de que los INS pueden presentar un error de 0.1 a 0.4 milla después de 4 a 6 horas de vuelo, hace de este sistema uno de los más precisos. Esta efectividad puede ser combinada con el apoyo de GPS. La combinación INS / GPS soluciona los errores y debilidades de los dos sistemas. El GPS es preciso todo el tiempo, pero puede sufrir problemas de señal de satélite. Considerando lo anterior, podemos decir que el INS es el sistema de navegación más preciso, ya que se está actualizando constantemente y continua funcionando con precisión bajo condiciones de pérdidas temporales de señal GPS.

4.10 SISTEMA DE NAVEGACIÓN DOPPLER

Este es un sistema de navegación autónomo, que basa su funcionamiento en el principio DOPPLER. Emplea señales de radar para detectar y medir velocidad terrestre y deriva, utilizando el sistema de compases del avión como referencia direccional, lo que permite su utilización bajo cualquier condición meteorológica.

Otra de sus ventajas es que, al igual que el INS, no requiere de información de radioayudas terrestres o GPS para su funcionamiento. Sin embargo, al ser menos preciso que el Inercial o GPS, se recomienda su actualización periódica con el fin de obtener información de posición precisa durante vuelos largos.

4.11 GLOBAL POSITIONING SYSTEM (G.P.S.)

4.11.1 Generalidades

El GPS es un sistema de navegación basado en el espacio que entrega información tridimensional en forma precisa, a una cantidad indeterminada de usuarios ubicados en cualquier lugar en o cerca de la tierra. Un sistema integrado típico entregará: posición, velocidad, tiempo, altitud, información de dirección, velocidad terrestre, error de track terrestre, rumbo y variación. **(Fig. 4- 33)**

Su operación está basada en el concepto de distancia y triangulación desde un grupo de satélites en el espacio que funcionan como puntos de referencias precisos.

El equipo receptor calcula la distancia desde un satélite basándose en el tiempo que demora en viajar una señal de radio. Cada satélite emite un código específico (Course Acquisition Code) que contiene información de posición, hora del sistema GPS y de calidad y precisión de la información transmitida.

Conociendo la hora exacta de transmisión y la velocidad de la señal, se puede calcular la distancia viajada por ésta desde el punto de llegada.

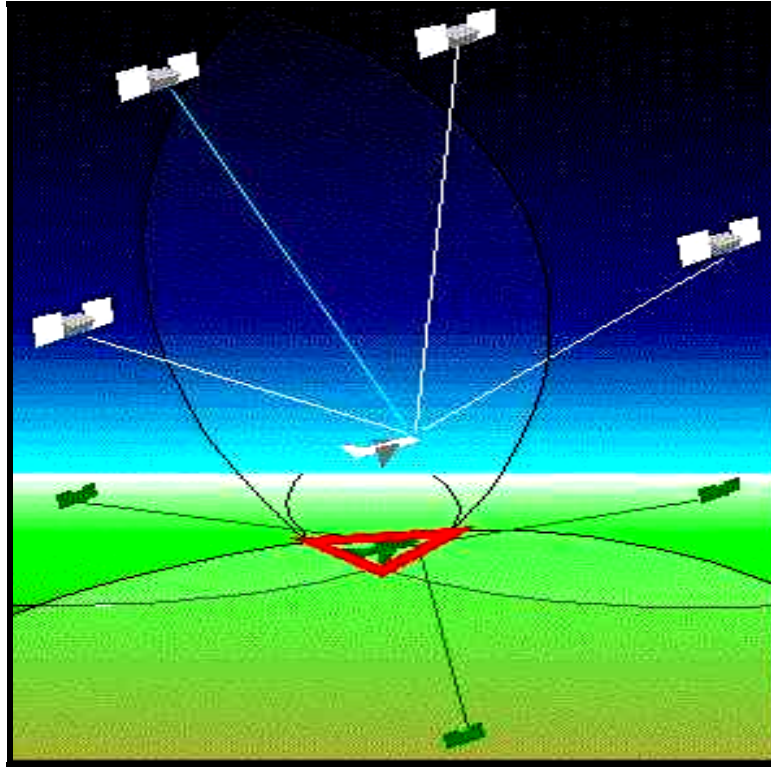


Figura 4-33

El receptor necesita por lo menos 4 satélites para triangular su posición tridimensional. La constelación de 24, esta diseñada de tal forma que asegura un mínimo de 5 satélites observables a cualquier hora y en cualquier parte de la tierra.

Existen 2 niveles de precisión disponibles: El estándar o Standard Positioning Service (SPS), que entrega información con precisión de hasta 100 metros o menos con una probabilidad de 95% y 300 metros o menos con una probabilidad de 99.99%, y puede ser recibido por cualquier receptor. El segundo nivel es llamado de Precisión o Precise Positioning Service (PPS) cuya información puede ser recibida sólo por usuarios autorizados, por medio de códigos predeterminados y logra un error máximo de 16 metros.

Equipos GPS debidamente certificados, pueden ser utilizados como suplemento en el vuelo instrumental. El uso del GPS para vuelo instrumental debe ser autorizado por la autoridad competente de cada país.

Este sistema es operado por el gobierno de USA, el cual es completamente responsable por la precisión y el mantenimiento del sistema.

4.11.2 Segmentos GPS

4.11.2.1 Segmento Espacial

Está constituido por una constelación de 24 satélites repartidos en 6 planos orbitales (4 en cada uno) a una altura de 11.000 millas náuticas sobre la tierra. Esto permite que a lo menos 5 satélites estén a la vista todo el tiempo, en cualquier parte del mundo. **(Fig. 4- 34)**

4.11.2.2 Segmento de Control

Consiste en una red de estaciones terrestres de monitoreo y control, con el fin de asegurar la precisión de la posición de los satélites y sus relojes. En la actualidad esta red esta compuesta por 5 estaciones de monitoreo, 3 antenas terrestres y una estación de control principal. **(Fig. 4- 34)**

4.11.2.3 Segmento Usuario

Está compuesto por antenas y receptores / procesadores a bordo en posesión de cualquier individuo y / o de un determinado móvil, tales como autos, lanchas, aviones, etc., dándole al usuario posición, velocidad y ajuste de tiempo precisos. Para que un equipo GPS pueda ser utilizado en vuelo IFR, debe cumplir con una serie de normas de instalación y certificaciones correspondientes, quedando debidamente estampada en el manual de vuelo u orden técnica correspondiente. Este equipo debe tener una base de información actualizada que permita una operación apropiada (rutas, áreas terminales, aproximaciones instrumentales, etc.) **(Fig. 4- 34)**

Esta base de datos contiene coordenadas de puntos en un área geográfica donde se ha autorizado el uso del GPS para navegación. Para un vuelo, el piloto selecciona los diferentes puntos de esta base de datos y puede, además agregar puntos definidos por él.

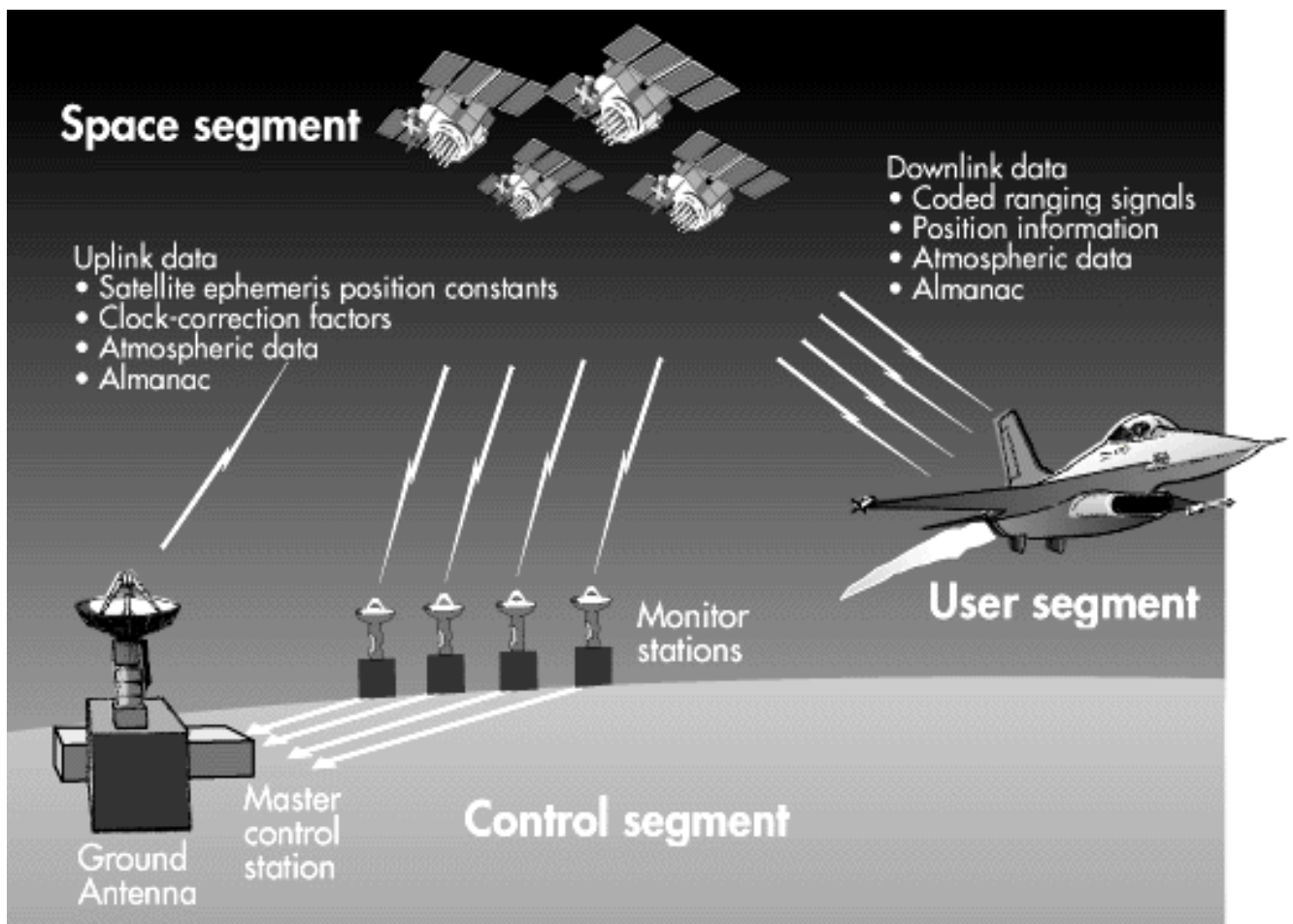


Figura 4-34

4.11.3 Modos De Operación

El CDI (Course Deviation Indicator) asociado a un GPS varía según el modo de operación y el tipo de equipo. A diferencia de las radioayudas terrestres, la sensibilidad del CDI del GPS es normalmente lineal sin importar la distancia al punto.

- **Modo Ruta.** Este se utiliza previo a la ejecución de una aproximación instrumental. La deflexión máxima del CDI es de 5 millas a cada lado del centro.
- **Modo Área Terminal.** Desde la activación de este modo, la sensibilidad del CDI va cambiando suavemente de 5 MN a cada lado a 1 MN a cada lado del centro. Este modo es usado dentro de 30 millas del aeropuerto.
- **Modo Aproximación.** A una distancia de 2 millas del FAF en acercamiento, la sensibilidad del CDI comienza su transición para una deflexión máxima de 0.3

MN a cada lado. Algunos tipos de aviónica pueden entregar una visión angular entre el FAF y el MAP aproximándose a la sensibilidad de curso del localizador de un ILS.

- Modo Frustrada. La sensibilidad del CDI vuelve a la de Terminal (± 1 MN) cuando se activa la navegación al punto de espera de la frustrada.

4.11.4 Restricciones De Uso

Las capacidades específicas de los equipos instalados en los aviones institucionales varían sustancialmente. Por esto los pilotos deben estar completamente familiarizados con el equipo instalado en su avión, sus autorizaciones y limitaciones.

4.11.5 Monitoreo De Integridad

Los equipos GPS certificados para vuelo instrumental deben tener la capacidad de verificar la precisión e integridad de las señales recibidas desde los satélites. Para esto, cuentan con un monitor de integridad o Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM), el cual entregará una advertencia en la cabina cuando la señal se encuentra fuera de los límites de integridad con respecto a la fase de vuelo, si un satélite esta entregando información corrupta o cuando tenga un numero insuficiente de satélites a la vista. Esta advertencia es equivalente a la banderola de falla en el HSI, lo que indicará que la información GPS no es confiable. Refiérase a la respectiva orden técnica o manual de vuelo para el detalle de aviónica del GPS de su avión.

El RAIM necesita un mínimo de 5 satélites a la vista o 4 satélites más un altímetro barométrico para detectar alguna falla de integridad. En condiciones de pérdida de esta capacidad, se debe continuar el vuelo basándose en otros equipos. En tierra se deberá considerar una salida con otras radioayudas, retrasar el despegue o cancelar el vuelo.

La base de datos del equipo es introducida por el respectivo fabricante u otra fuente comercial autorizada y debe encontrarse actualizada para un vuelo instrumental. El ingreso manual o corrección de puntos a esta base de datos está restringido; este requerimiento no afecta el almacenamiento de otros puntos por parte del usuario en el mismo equipo.

4.11.6 Uso Del G.P.S. Como Substituto De Radioayudas

Los equipos GPS no pueden ser utilizados como fuente primaria de información de navegación para vuelos IFR / IMC, a no ser que el equipo y su instalación posean el certificado correspondiente para vuelos IFR. En ese caso puede ser utilizado como sustituto del ADF, VOR y DME.

4.12 NAVEGACIÓN DE ÁREA O RNAV

Consiste en un método de navegación que permite la operación de un avión en cualquier curso deseado dentro del área de cobertura de señales de una estación terrestre o, dentro de los límites de capacidad de los sistemas a bordo o una combinación de ambos. **(Fig. 4- 35)**

Su propósito es dar mayor libertad lateral a los aviones y así permitir un mejor aprovechamiento del espacio aéreo disponible. Este método no requiere de una navegación directa entre radioayudas y tiene tres aplicaciones principales:

- La estructura de rutas puede ser organizada entre un punto de salida y otro de arribo para reducir la distancia de vuelo y la separación de tráficos.
- Un avión puede ser volado en áreas terminales en una variedad de tramos de arribo y salida pre-programados con el fin de acelerar el flujo de tráficos.
- Desarrollo y certificación de aproximaciones en algunos aeropuertos que no cuentan de ayudas instrumentales para el aterrizaje.

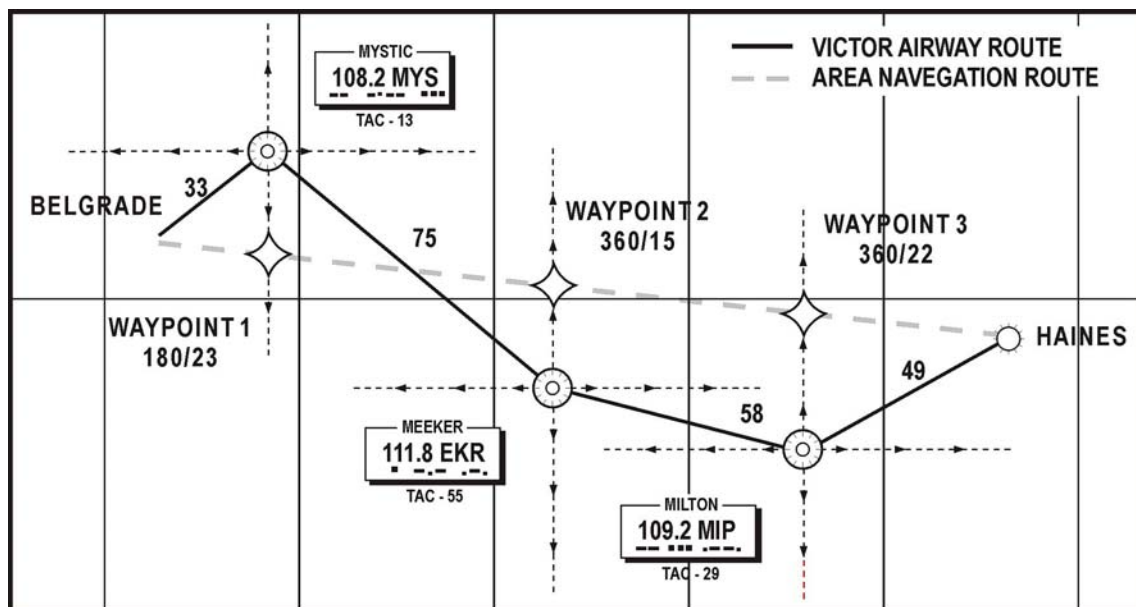


Figura 4-35

La figura anterior muestra un RNAV entre dos estaciones. Esta posibilidad de vuelo se traduce en un ahorro de 24 MN, respecto a la aerovía que los une. Los puntos pueden ser definidos por radiales y arcos de las diferentes estaciones, entre arcos (el equipo a bordo discrimina) o coordenadas GPS.

Los sistemas de navegación que pueden proveer RNAV incluyen VOR / DME, DME / DME, GPS e Inercial (INS) o Inertial Reference System (IRS).

4.12.1 Tipos De Aproximaciones

Existen 2 tipos: La superpuesta y la GPS propiamente tal.

4.12.1.1 Superpuesta

Esta permite usar la aviónica del GPS, bajo condiciones IMC, para volar procedimientos instrumentales pre-existentes (ADF, VOR, VOR/DME).

NOTA: Estas aproximaciones deben ser aprobadas por la autoridad competente de cada país. Todas las aproximaciones autorizadas y sus puntos de chequeo deben encontrarse en la base de datos del equipo en el avión. De otra forma no se podrán volar GPS.

Durante la ejecución de estas aproximaciones, no se requiere que estén operativos y en funcionamiento las estaciones terrestres correspondientes ni los equipos en el avión. Sin embargo, el monitoreo de los sistemas de navegación de respaldo es siempre aconsejable mientras estén operativos.

Se recomienda a los pilotos volar estas aproximaciones no precisas primero en condiciones VMC, a fin de obtener una completa eficiencia del uso de los sistemas del avión antes de realizarlas en condiciones IMC.

El vuelo entre punto y punto en la aproximación no garantiza el cumplimiento del procedimiento de aproximación publicado. La sensibilidad del CDI no cambiará automáticamente a aproximación (0.3 MN). En algunos receptores la selección manual de la sensibilidad del CDI no cambia automáticamente la del RAIM.

Algunos procedimientos de aproximación no precisos no pueden ser codificados para su uso con GPS, por lo tanto no se podrán realizar en forma superpuesta.

Las aproximaciones superpuestas pueden ser identificadas de 2 formas:

- Sin "GPS" en el título. Algunas aproximaciones (típicamente VOR y ADF) no tienen inscrita en su título la palabra GPS. Sin embargo, al buscarlas en la base de datos del equipo en el avión, aparecen y pueden ser armadas. Por lo tanto, se puede definir como una aproximación superpuesta.

- “GPS” en el título. Si la aproximación tiene la frase “or GPS” en el título entonces es una aproximación superpuesta.(Ej. VOR or GPS RWY 35)

4.12.1.2 GPS Propiamente Tal

Son aproximaciones construidas específicamente para ser voladas con GPS y no tienen ningún procedimiento tradicional asociado. Éstas pueden ser reconocidas porque no tienen una radioayuda asociada en el título. Estas aproximaciones pueden ser tituladas como “GPS”. (**Fig. 4- 36**)

Las aproximaciones tituladas “RNAV” se pueden considerar también como un tipo de APP GPS.

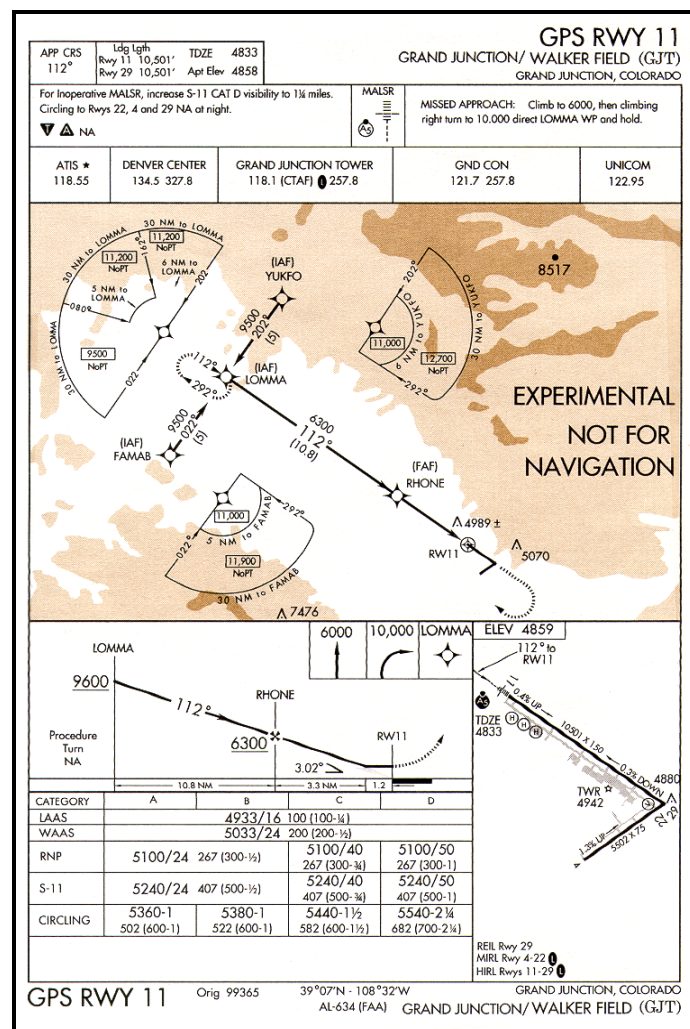


Figura 4-36

4.12.2 Procedimientos G.P.S.

El objetivo principal del diseño del Área de Arribo de Terminal (TAA) es proveer de un nuevo método de transición para los aviones arribando y que cuentan con equipos de navegación FMS y / o GPS.

Esta área contiene en su interior un diseño de aproximación del tipo “T” que normalmente no requiere de viraje de procedimiento (NoPT). El TAA provee al piloto y al controlador de tránsito aéreo de un método eficiente para ordenar los tráficos desde la ruta hacia el área terminal.

La “T” básica contenida en el TAA se compone de la siguiente forma, **(Fig. 4- 37)**:

Considerando el umbral de la pista como MAP y manteniendo el eje de ésta, se aleja 5 millas donde se establece el FAF. Posteriormente se aleja otras 5 MN donde se establece un punto intermedio de aproximación (IF) que también puede ser usado como IAF. Desde este punto y hacia ambos lados se separa de 3 a 6 MN donde se establecen 2 puntos de inicio de aproximación (IAF). Cada uno de estos puntos es nombrado con un nombre pronunciable de 5 caracteres.

El largo del segmento inicial varía con la categoría del avión usando el procedimiento o los requerimientos de gradiente de descenso. El largo mínimo de este segmento es de 3 millas para un avión categoría “A” y de 6 millas para uno categoría “E”. Estos segmentos están en 90° (perpendiculares) con respecto al intermedio.

Existe un circuito de espera en los IAF para los requerimientos de curso reverso. Por ejemplo, un piloto puede requerir efectuar un viraje de procedimiento con la finalidad de cumplir con la gradiente de descenso establecida.

El segmento de aproximación frustrada se encuentra idealmente alineado con el curso final de la aproximación y termina con una entrada directa a un circuito de espera. Las condiciones particulares pueden requerir una dirección distinta. **(Fig. 4- 38)**

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

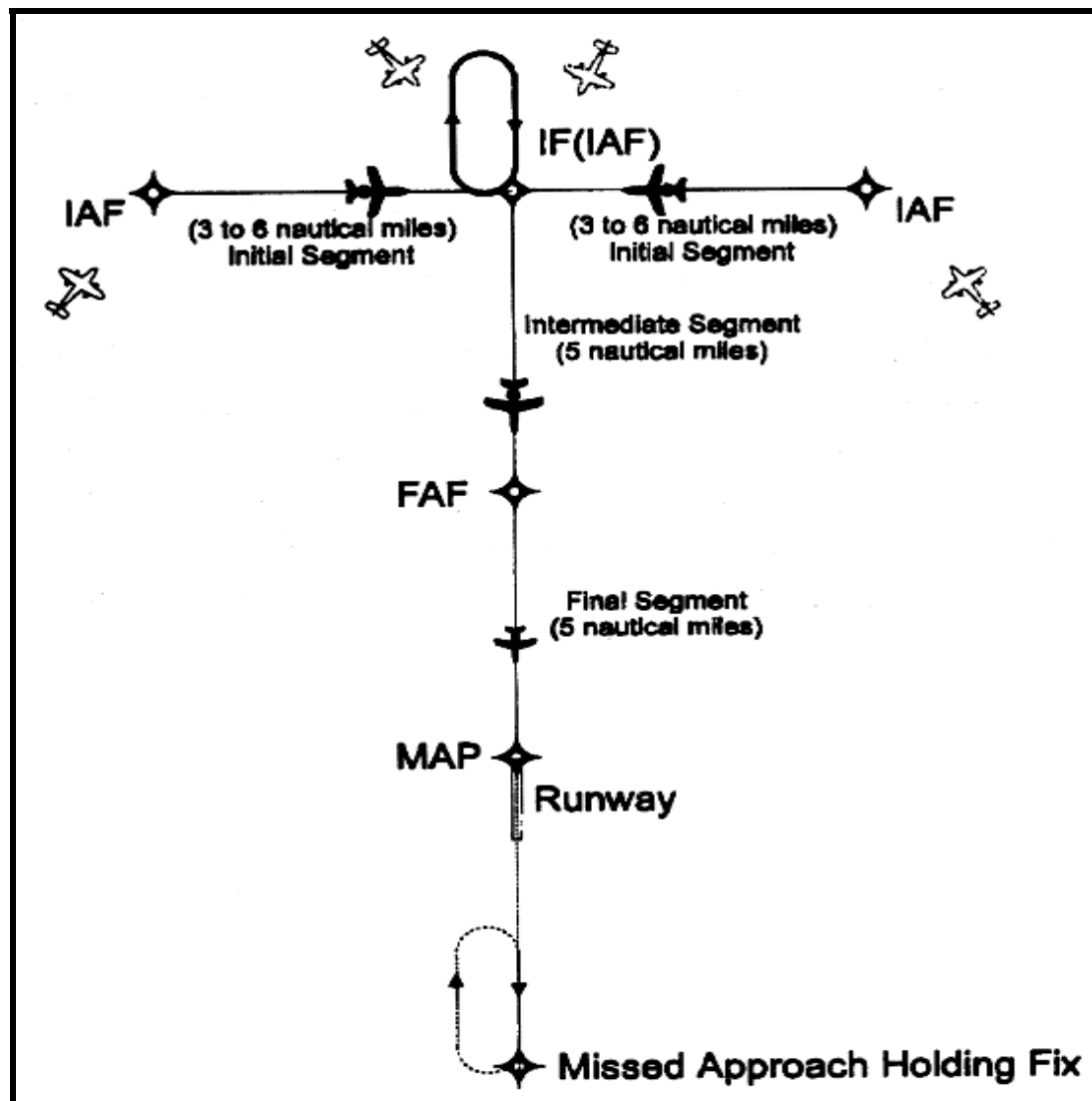


Figura 4-37

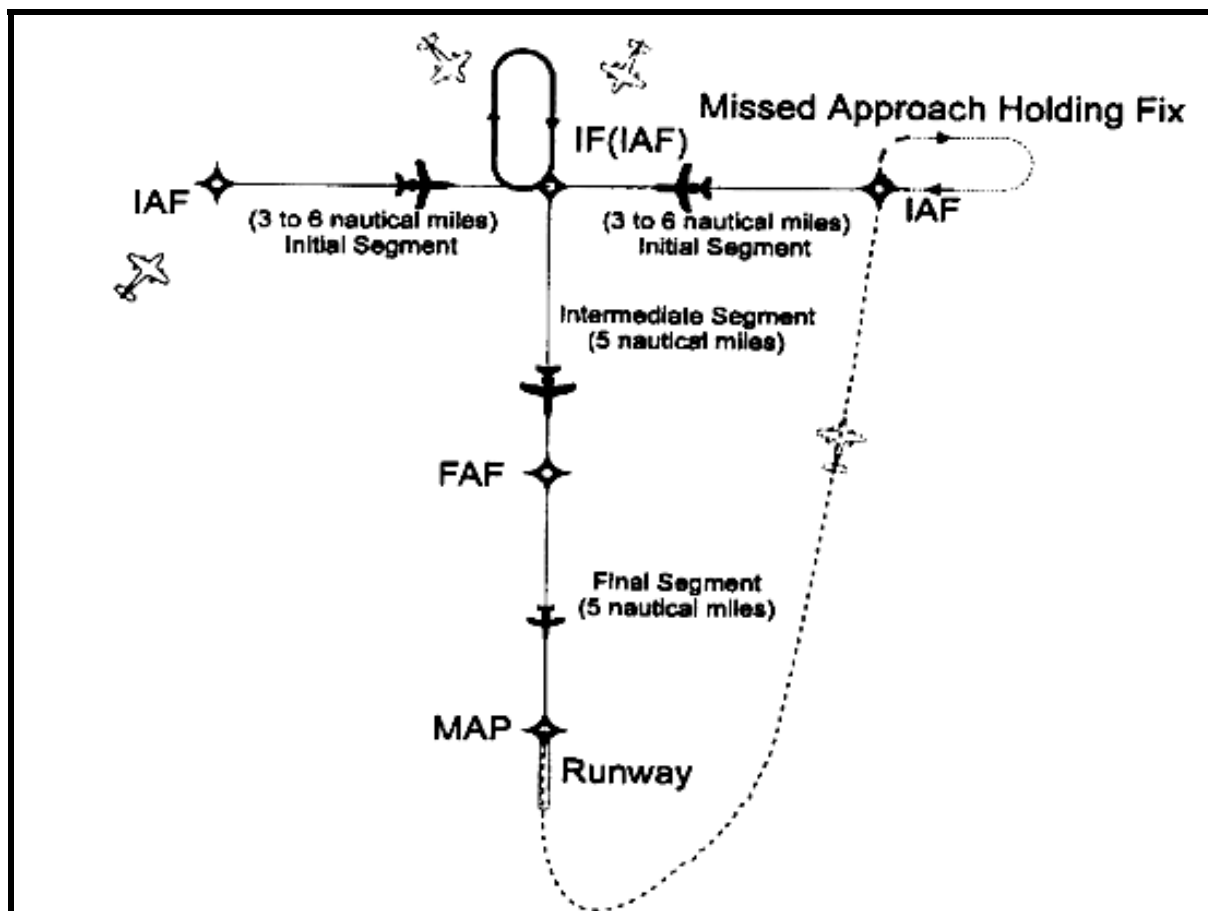


Figura 4-38

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

Con el objetivo de acomodar un descenso desde gran altitud de ruta a una inferior del segmento inicial, el diseño de "T" Básico puede ser modificado. Cuando esto ocurre, un circuito de espera para viraje de procedimiento (PT) le da al avión una distancia de extensión para ajustarse a la gradiente de descenso requerida. El circuito de espera establecido para este propósito esta siempre ubicado en el IF / IAF. **(Fig. 4- 39)**

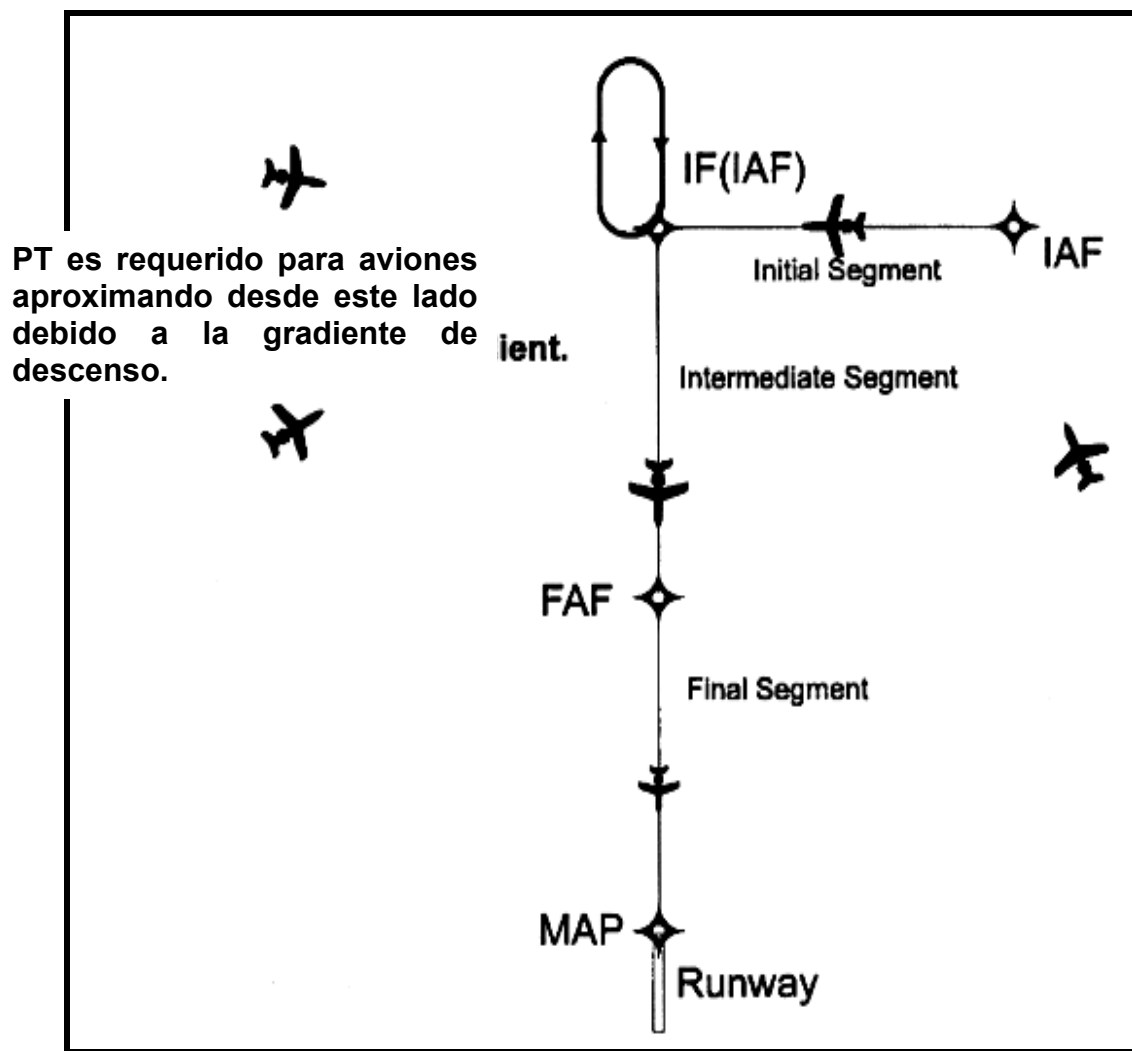


Figura 4-39

Otra modificación ocurre cuando se tiene pistas paralelas. El mismo principio de “T” básica se aplica para ambas; pero sólo un segmento inicial, intermedio y final será publicado en la carta de aproximación para cada una. (Fig. 4- 40)

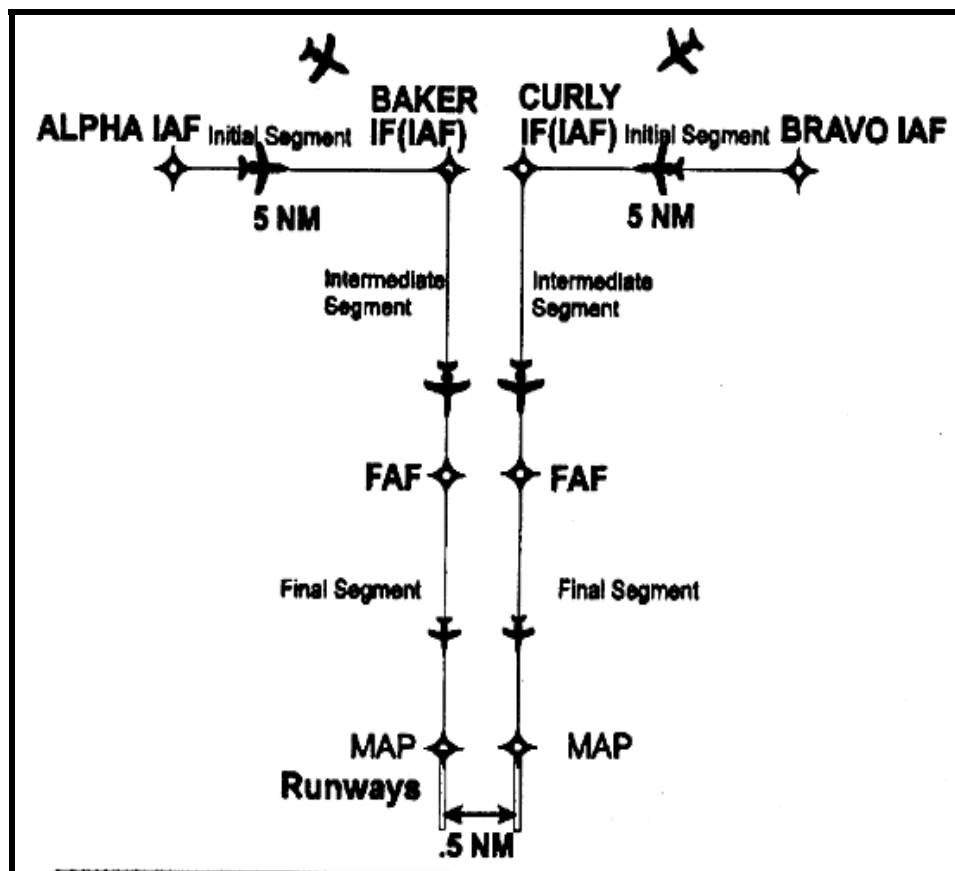


Figura 4-40

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

Un TAA estándar está compuesto por 3 áreas las que son establecidas por los segmentos de una "T" básica. Estas áreas son llamadas "Directa", "Base Derecha" y "Base Izquierda". Un arco de 30 millas náuticas en cada área es establecido como límite de éstas. (Fig. 4- 41)

Cuando el avión entre en un área o cuando lo indique el ATC dentro de ésta, el piloto debe dirigirse directo al IAF correspondiente. El piloto tiene la opción de proceder directo al circuito de espera para acomodarse (viraje de Procedimiento) en todas las áreas.

El circuito de espera en el IF (IAF) es estándar. Los límites de cada área son líneas de cursos magnéticos hacia el IF (IAF).

Las altitudes establecidas en el TAA deben ser mantenidas por aeronaves cruzando estas áreas.

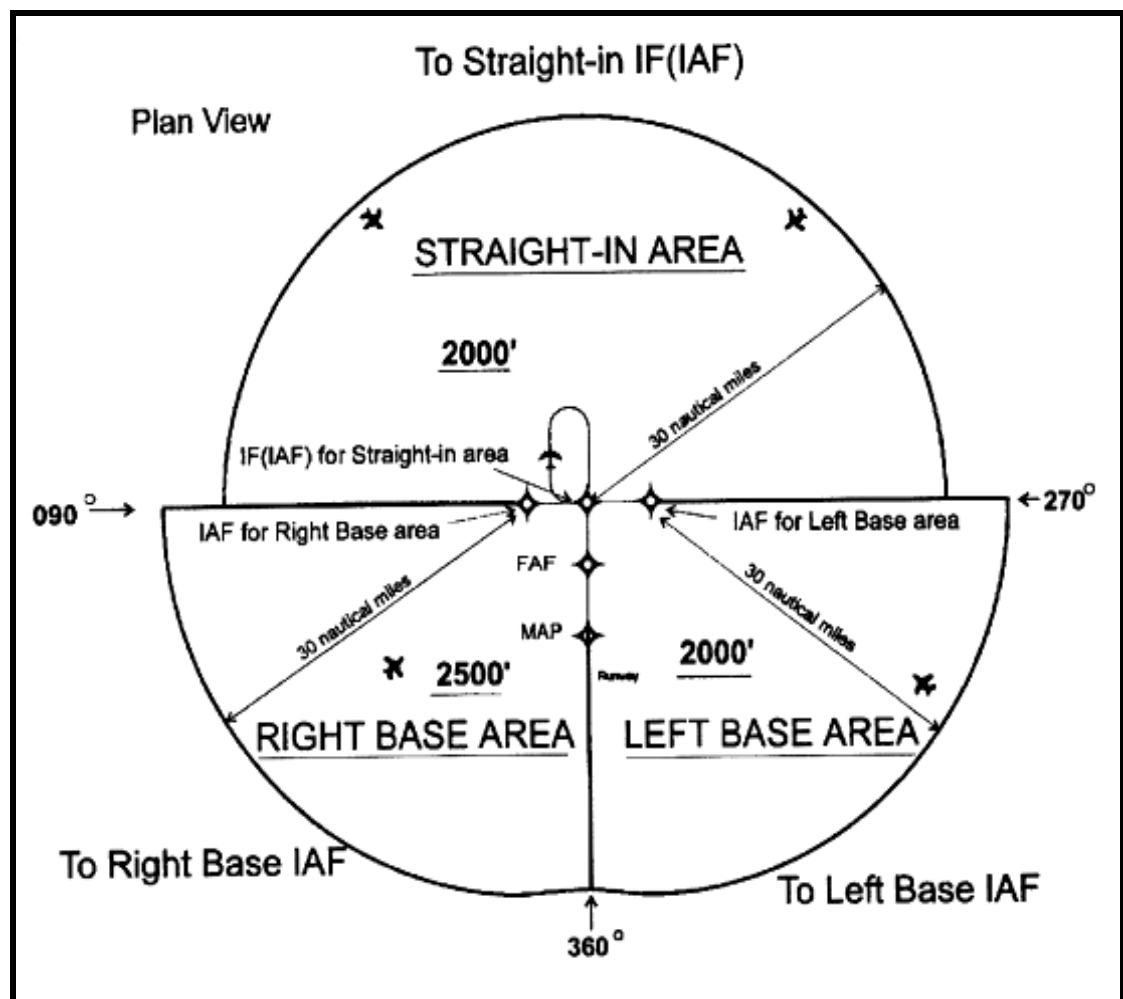


Figura 4-41

Normalmente la altitud indicada en la TAA es la misma que la del circuito de espera; sin embargo, puede haber lugares donde por condiciones del terreno o necesidades operacionales esto varíe.

Puede haber áreas de entrada en que la base derecha o izquierda sea modificada o definitivamente eliminada. Un viraje de procedimiento puede ser requerido para aviones ingresando desde determinado sector. (Fig. 4- 42 / 43)

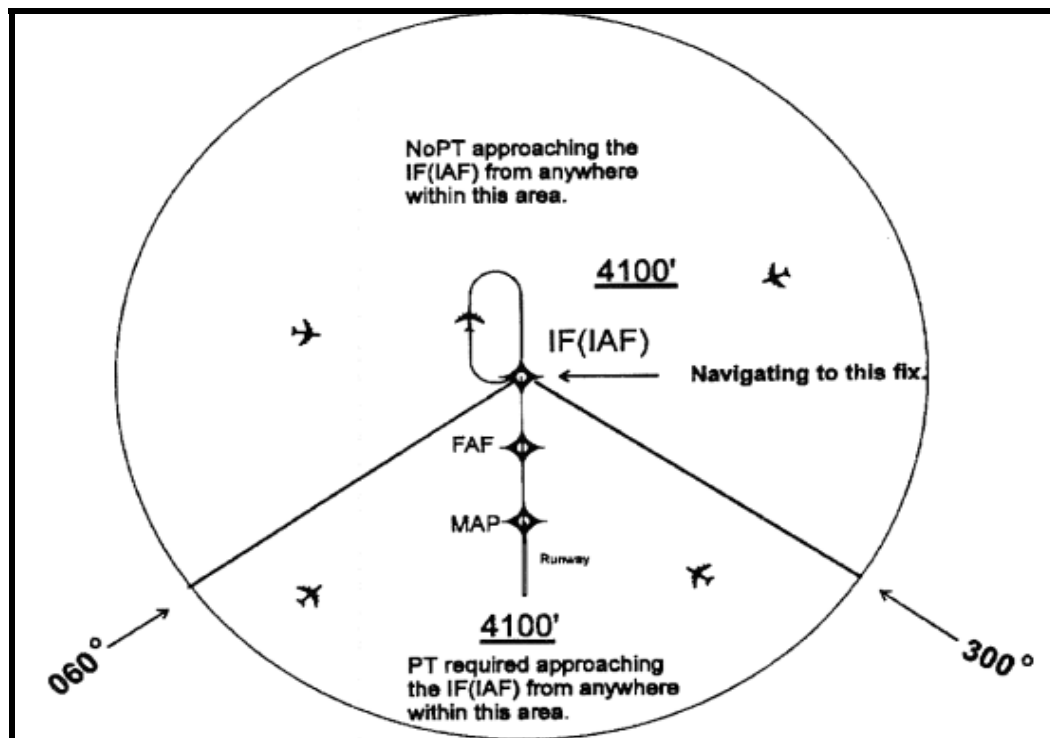


Figura 4-42

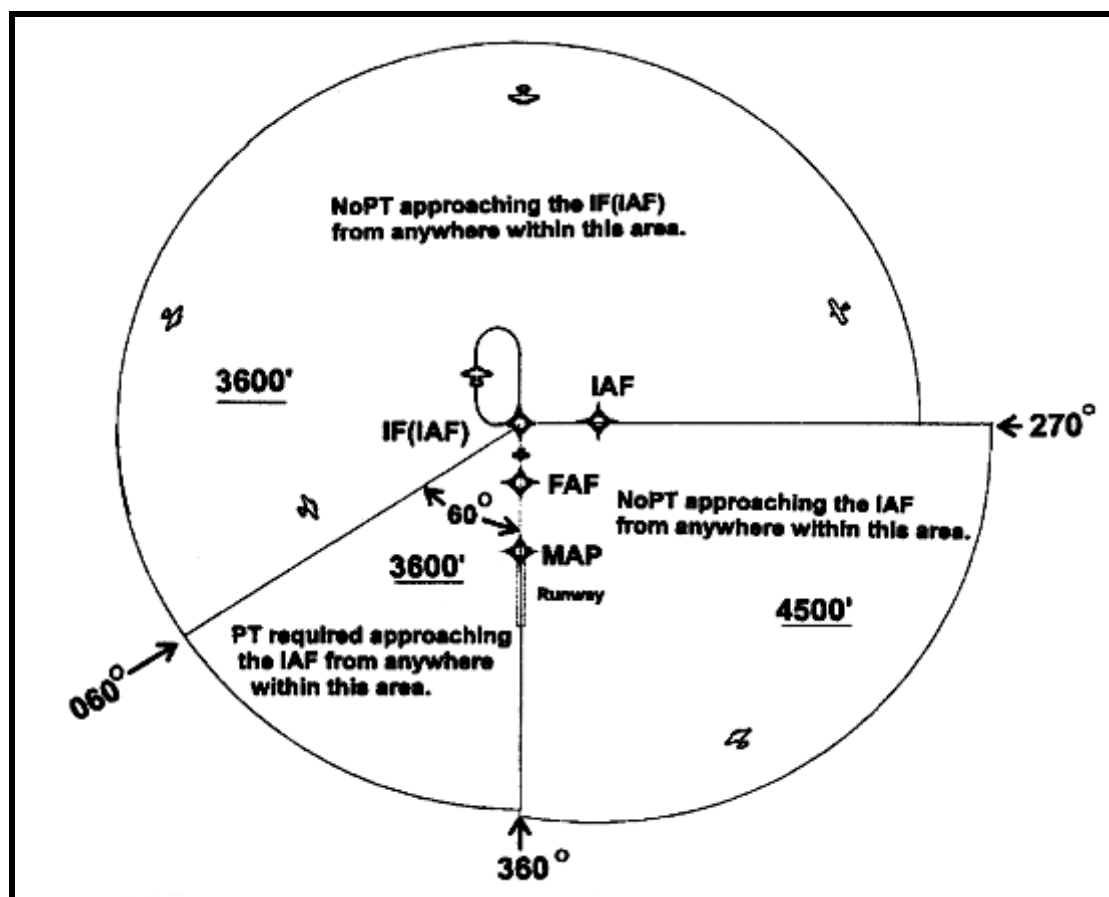


Figura 4-43

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

TAA CON CONEXIONES DESDE AEROVÍAS

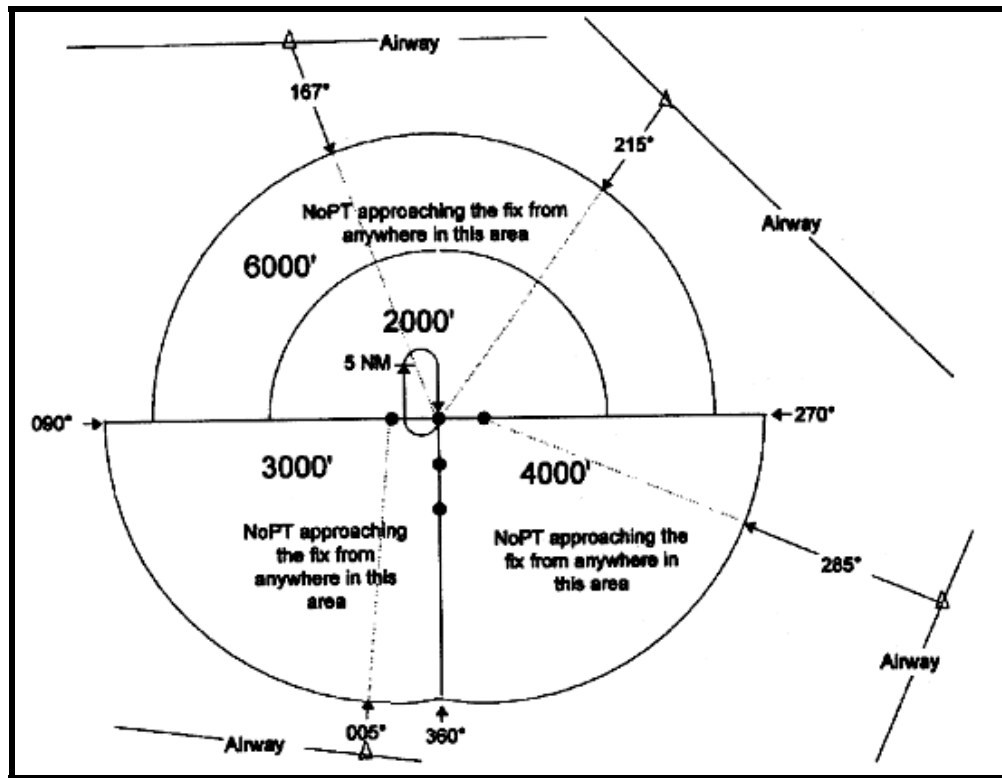


Figura 4-44

4.12.3 Errores Del G.P.S.

En situaciones en que la constelación de 24 satélites no este operando completamente, se puede perder cobertura en algunos sectores geográficos limitando la capacidad de navegación. Pérdidas de señal pueden ocurrir también en valles rodeados de terreno alto o en cualquier momento en que la antena receptora es obstruida por la propia estructura del avión (Ej. Virajes)

Algunos receptores, transmisores, radios móviles y receptores portátiles pueden causar interferencia de la señal. Algunos equipos VHF pueden causar una interferencia "Armónica". Los pilotos pueden disminuir los efectos de interferencia chequeando la pagina de calidad de señal del receptor GPS y apagando o cambiando frecuencias de los equipos causantes del problema.

La información de posición puede ser afectada por las características particulares de cada equipo y varios factores geométricos los que normalmente pueden causar variaciones de hasta 100 pies. Pérdidas momentáneas de señal o pequeños errores de posición pueden ser causados por errores en la transmisión de datos desde los satélites,

problemas en los relojes atómicos de éstos, retrasos producidos por la ionosfera y la troposfera y señales reflejadas por objetos grandes.

4.13 FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM- (F.M.S.)

4.13.1 Descripción

En lo esencial, el FMS no es un sistema de navegación, sino un equipo que automatiza los procedimientos de manejo de los sistemas de navegación en el avión, además de administrar otras funciones del vuelo. En este manual veremos sólo las funciones relacionadas con el vuelo instrumental.

El FMS es una interfase entre las tripulaciones y los sistemas del avión. Se puede considerar como un computador que contiene la posición de una gran cantidad de aeropuertos, radioayudas y su información asociada, así como también datos de performance del avión, aerovías, procedimientos de salida (SID) y procedimientos de ingreso (STAR). También tiene la capacidad de almacenar puntos ingresados por el usuario, rutas de vuelo diseñadas sobre la base de SIDs en conjunción con puntos determinados, aerovías, STARs, procedimientos de aproximación, alternativas, etc.

Otra característica de estos equipos es que rápidamente puede definir una ruta deseada desde la presente posición del avión a cualquier punto en el mundo, efectuar cálculos de plan de vuelo y mostrar a la tripulación una escena completa de la ruta de vuelo.

La información de VOR, DME, INS, GPS y Localizadores pueden ser controladas desde el FMS. Es decir, puede actuar como intermediario entre la tripulación y los sistemas, actuando como fuente de ingreso y salida de datos.

4.13.2 Función Del F.M.S.

Al iniciar el sistema, la tripulación debe ingresar los datos de locación actual del avión, pista de salida, procedimiento de salida (si es aplicable), puntos de chequeo que definen la ruta, procedimiento de aproximación, aproximación a usar y ruta hacia el aeropuerto de alternativa.

La información puede ser ingresada en forma manual, estar guardada como plan de vuelo, o ser un plan de vuelo desarrollado en otro computador y transferida por medio de un disco o electrónicamente al computador del FMS. La tripulación se comunica con el equipo a través del CDU (control display unit). **(Fig. 4- 45)**

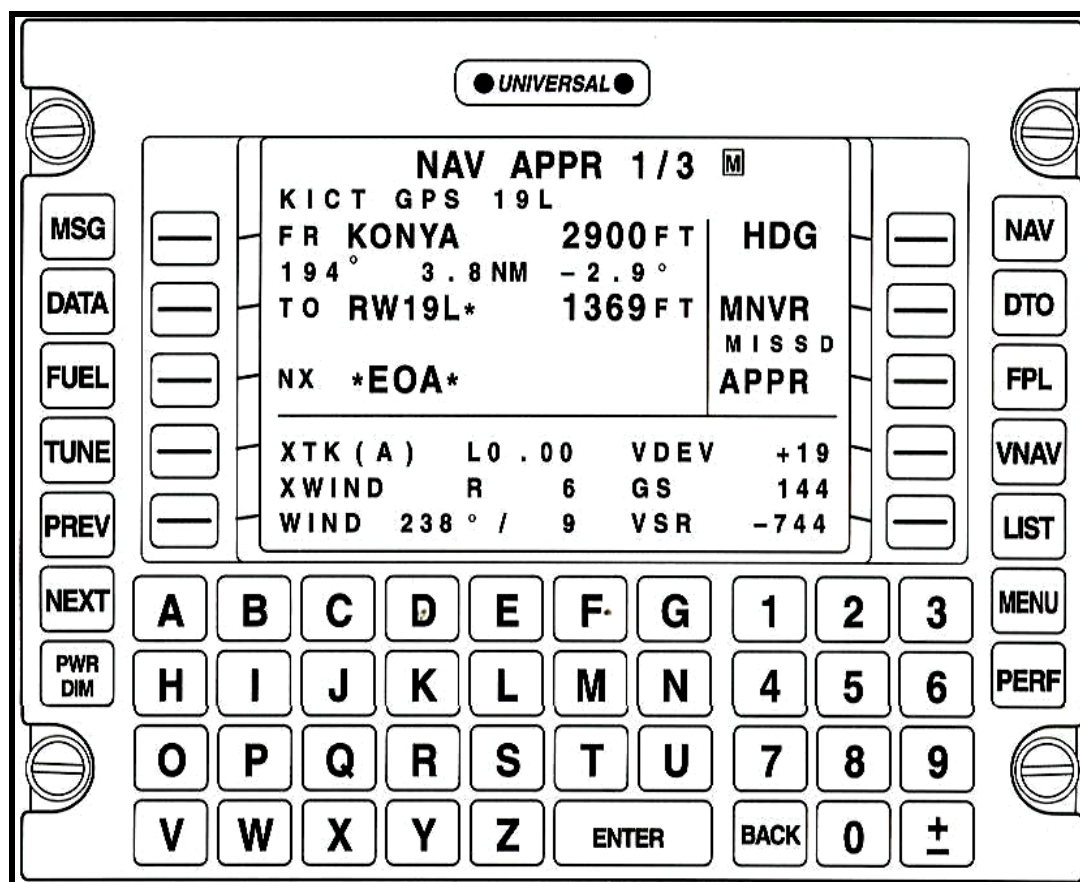


Figura 4-45

4.14 GLASS COCKPIT

Este Sistema se refiere principalmente a la información de los instrumentos de vuelo presentada en forma digital a los pilotos por medio de pantallas multifunción, tecnología en uso en los aviones modernos. **(Fig. 4- 46)**

Estas pantallas pueden contener información de los sistemas del avión así como también de navegación, instrumentos de control y performance, radar meteorológico, etc. con el objetivo de facilitar el cross-check. Una de las principales virtudes consiste en que el piloto puede seleccionar la información que requiera en cada pantalla, pudiendo ésta ser traspasada a otra en caso de falla. **(Fig. 4- 47)**

Para la información específica de cada avión en particular, refiérase la orden técnica o manual de vuelo correspondiente.

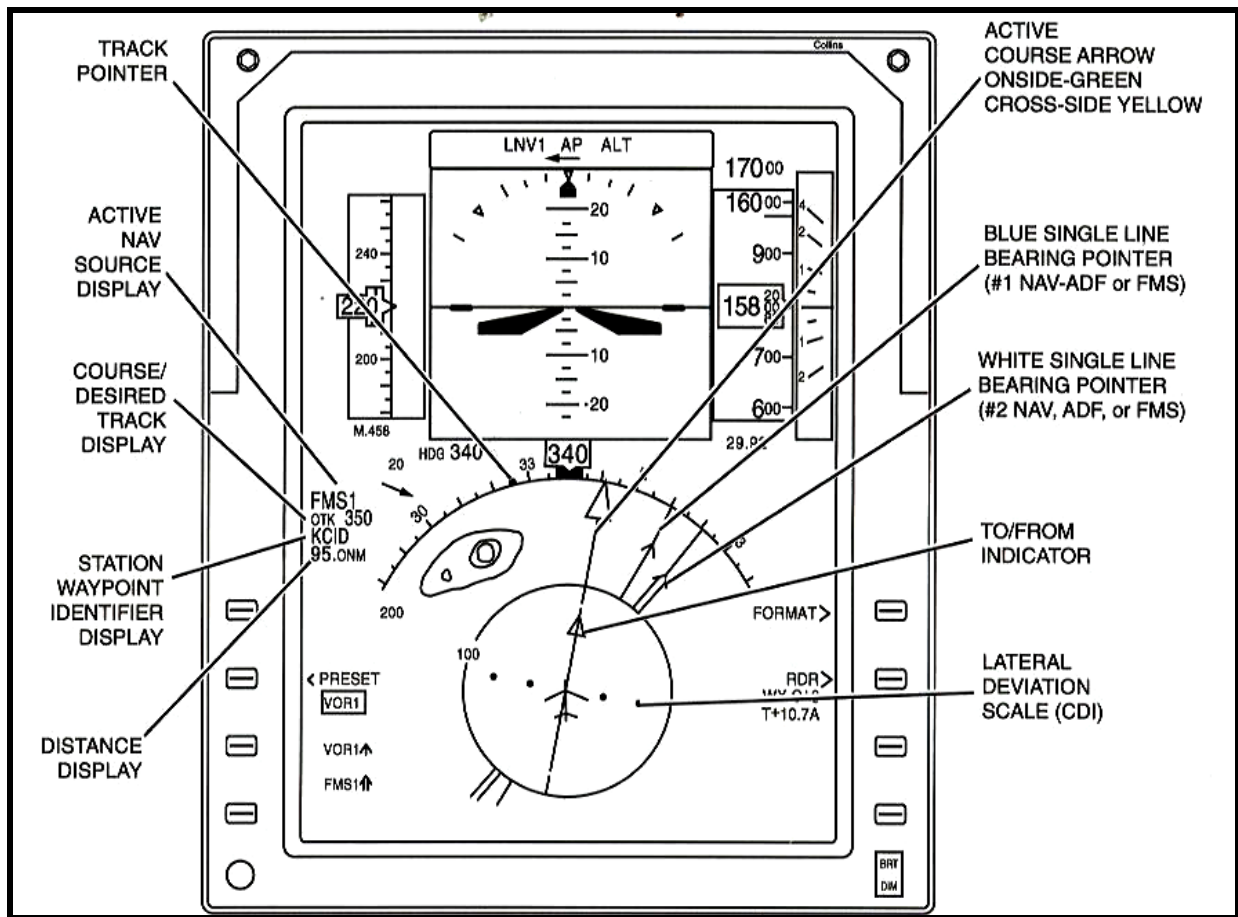


Figura 4-46

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE



Figura 4-47

4.15 TRAFFIC COLLISION AVOIDANCE SYSTEM- (T.C.A.S.)

4.15.1 Generalidades

Es un sistema que asiste al piloto en la prevención de colisiones en el aire. Su intención es respaldar a los sistemas de control de tránsito aéreo existentes bajo el concepto de “ver y evitar”, ayudando a las tripulaciones en la identificación visual de aviones.

El equipo que va instalado en el avión, interroga los transponders de los otros aviones en el área, utilizando sus respuestas para determinar las trayectorias de vuelo de cada uno. Con esta información, el TCAS evalúa y discrimina los tráficos que pueden presentar riesgo para la seguridad de vuelo, dando el aviso correspondiente en la cabina. **(Fig. 4- 48 / 49)**

4.15.2 Tipos De TCAS

- TCAS I: Usa el transmisor receptor para interrogar a otros aviones equipados con transponder. El sistema entrega alertas de tráfico o “Traffic Advisories” (TA), asistiendo a los pilotos en la adquisición visual de otro avión.
- TCAS II: Este equipo incorpora transponder con un modo “S”, cuya finalidad es proveer de alerta de proximidad (TA) y coordinar Avisos de Resolución

(RA), con maniobras verticales, cuando existe un potencial curso de colisión. La forma de dar este aviso consiste normalmente en una razón de ascenso o descenso determinada, indicada en el o los variómetros.

4.15.3 Operación Del Sistema

4.15.3.1 Vigilancia

Busca y traquea aviones con transponder operacional dentro de 20 millas y aviones con transponder con modo "S" hasta 40 millas.

4.15.3.2 Traqueo para Prevención de Colisión

Interroga otros transponders y calcula sus trayectorias de vuelo si es que el avión "intruso" cuenta con modo "C" o "S".

4.15.3.3 Detección de Amenaza

Determina el punto de aproximación más cercano hacia el otro avión y entrega la alerta correspondiente. El Alerta de Tráfico (TA) será activada cuando el avión intruso se encuentra dentro de 20 a 40 segundos del TCAS del avión.

4.15.3.4 Resolución de Amenaza

El Aviso de Resolución (RA) será presentado cuando el intruso esté dentro de 15 a 35 segundos del TCAS del avión. El sistema requerirá una maniobra vertical o ingreso de algún comando.

4.15.3.5 Comunicación y Coordinación

Si ambos aviones están equipados con TCAS II los equipos se comunicarán entre sí, asegurando una separación. La coordinación que realizan consiste en indicar a uno de los aviones que monte y al otro que descienda.

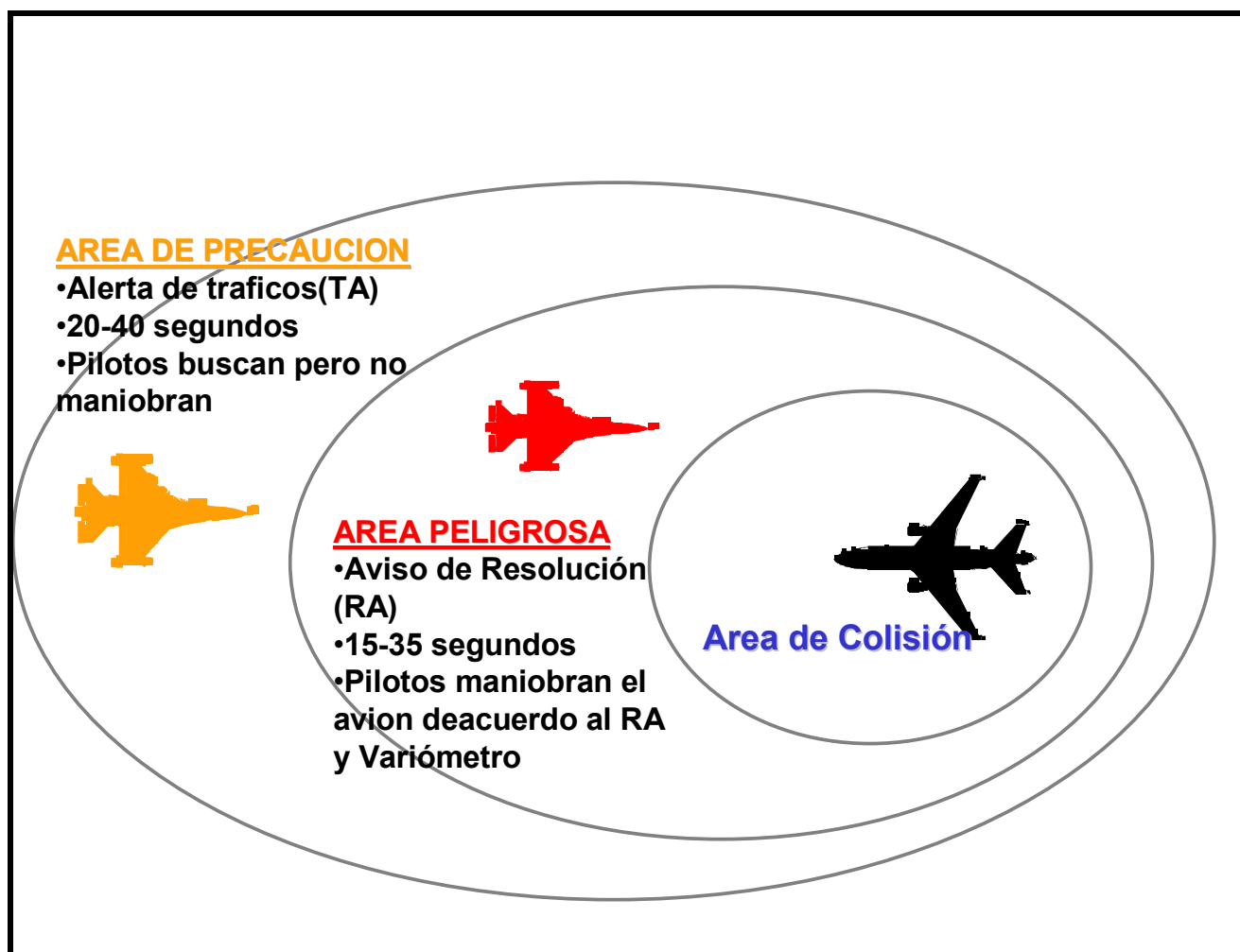


Figura 4-48

DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE

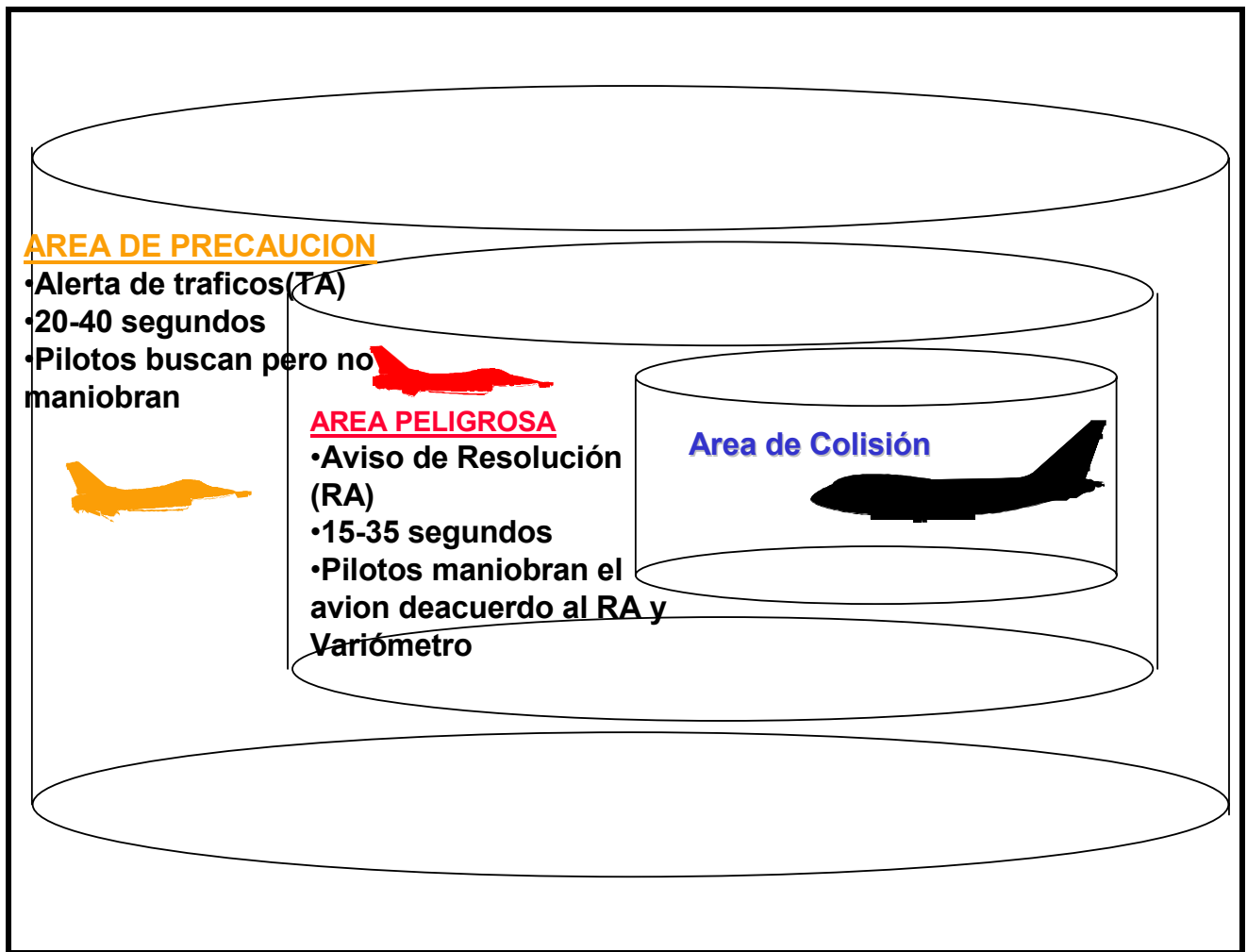


Figura 4-49

4.15.4 Respondiendo A Avisos Del T.C.A.S.

4.15.4.1 Aviso de Trafico (TA)

El piloto no debería iniciar una maniobra evasiva. Intente localizar y establecer contacto visual con el avión intruso y el resto de los aviones en el área.

4.15.4.2 Aviso de Resolución (RA)

Los pilotos pueden desviarse de la autorización ATC lo necesario con el fin de cumplir con el RA del TCAS. El piloto debe maniobrar en la dirección indicada en el variómetro llevando la aguja de éste a la parte verde del arco. Notifique al ATC tan pronto como sea practicable (Ej. Santiago Centro XXX en ascenso TCAS). A partir de este momento el controlador no es responsable de proveer la separación estándar entre aviones. (Fig. 4- 51)

La responsabilidad de separación por parte del controlador será retomada cuando:

- El avión reaccionando ha vuelto a su altitud asignada
- La tripulación informa al ATC que la maniobra TCAS ha terminado
- Una nueva autorización es dada al avión reaccionando

4.15.5 Simbología Del T.C.A.S.

- Cuadrado Rojo = Trafico RA
- Circulo Amarillo = Trafico TA
- Triángulo Blanco o Magenta = Tráficos próximos, entre 6 millas náuticas y 1200 pies (**Fig. 4- 50**)

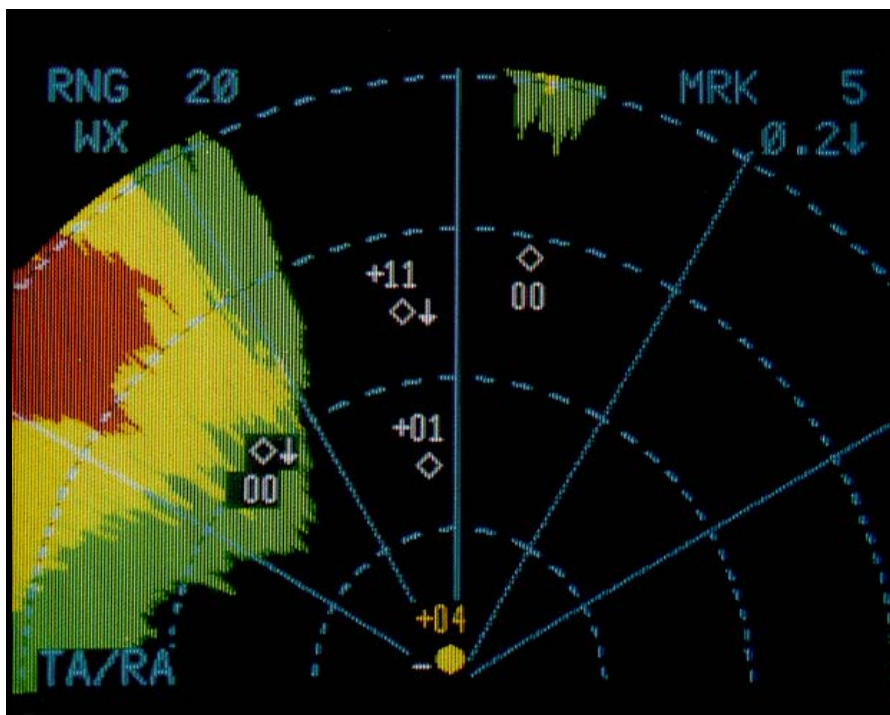


Figura 4-50

VARIÓMETRO CON INDICACIÓN DE MONTADA TCAS RA
ESTE INDICADOR SE USA JUNTO CON LA PANTALLA MULTIF.



Figura 4-51

4.15.6 Aviones Sin Equipo T.C.A.S.

Considerando que en la actualidad la mayoría de los aviones de pasajeros civiles y algunos aviones institucionales cuentan con este equipo operando en forma normal, se hace necesario que los pilotos que operan aviones sin TCAS, tengan algunas consideraciones al respecto, con el fin de disminuir al máximo alarmas innecesarias del sistema.

Si su avión no cuenta con Transponder modo "C" que entrega información de altitud, existe la posibilidad de gatillar una alerta de resolución (RA) en un avión equipado con TCAS.

Aviones de altas velocidades o gradientes de ascenso o descenso pronunciadas pueden gatillar una RA aunque se encuentren bajo los estándares normales de separación. Para evitar esto, se recomienda reducir la razón de ascenso a 1500 PPM o menos dentro de los 2000 pies de la altitud asignada cuando se encuentre dentro de un TMA.