

5.15 SISTEMAS TÍPICOS ELECTRÓNICOS/DIGITALES EN AERONAVES.

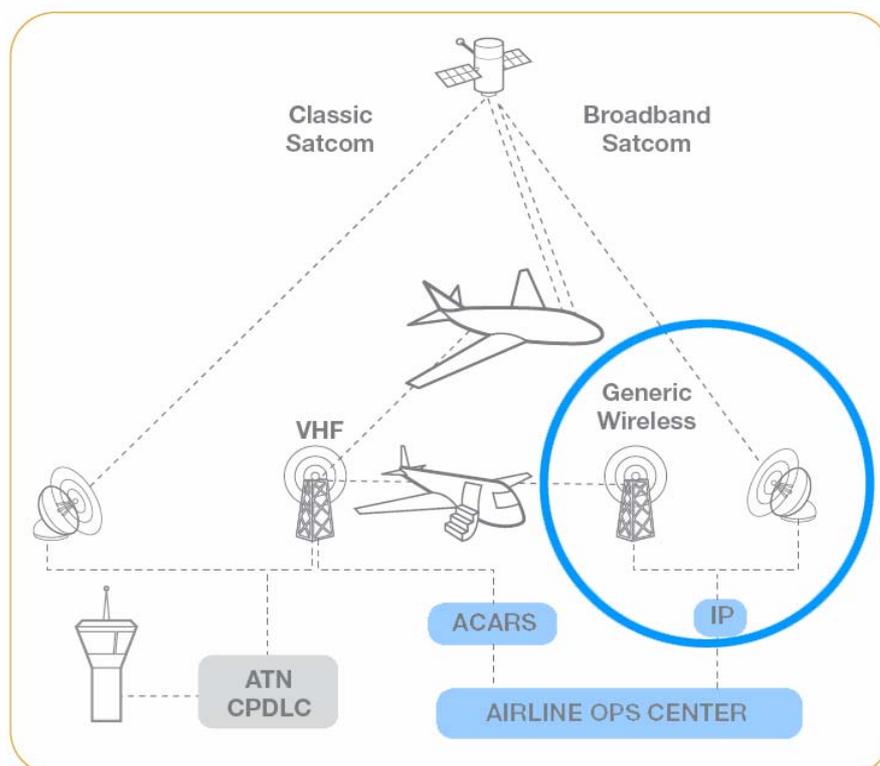
ACARS (AIRCRAFT COMMUNICATION ADDRESSING AND REPORTING SYSTEM) SISTEMA DE NOTIFICACIÓN

El sistema ACARS es una red de de comunicaciones aire/tierra; se usa para transmitir o recibir datos de forma automática o manual. Esta dedicado a mantenimiento y operaciones comerciales. Permite la comunicación sin intervención humana, libera a la tripulación de operaciones repetitivas. Los mensajes habituales son:

- Carga de pasajeros.
- Informes de despegues.
- Informes de aterrizaje.
- Combustible.
- Datos de las características del motor.

Este sistema permite la comunicación entre avión y compañía aérea. Existen cuatro redes de comunicación en el mundo:

- ARINC en USA.
- CANADIAN en Canadá.
- JAPANESE en Japón.
- SITA en las otras regiones.



5.15.1. Redes de comunicación.

El tipo de mensajes que se transmiten son mensajes digitales, en la frecuencia VHF (129 MHz a 137

MHz).

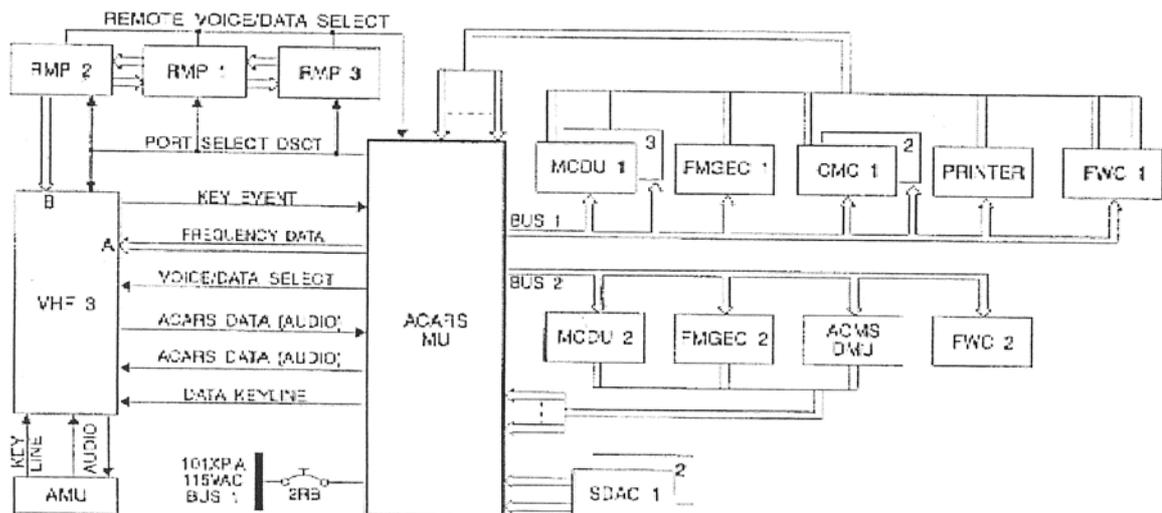
El ACARS establece un dialogo interno con los sistema del aeronave mediante buses ARINC 429. Cualquiera de las funciones del ACARS puede modificarse a través de la programación del ACARS MU.

El ACARS MU está conectado a:

- FMGEC
- CMC
- DMU y FWC

Para el control del ACARS MU:

- 3 MCDU
- 1 Impresoras
- 3 RMP
- 1 Terminal de control de cabina



SISTEMA A.C.A.R.S.

Figura 5.15.2.

¿Cual es el estándar de los buses del ACARS?

- a.- ARINC 888.
- b.- Bus simple.
- c.- Bus triple.
- d.- ARINC 429.

¿Qué tipo de red de comunicaciones es el ACARS?

- a.- aire/tierra.
- b.- aire/aire.
- c.- tierra/tierra.
- d.- entre satélites.

EIS (ELECTRONIC INSTRUMENTS SYSTEM) SISTEMA DE INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS.

El EIS sistema de instrumentos electrónicos esta compuesto por el ECAM y el EFIS

El esqueleto del EIS está compuesto por:

- Computador de gestión de pantallas DMC:
 - Es el encargado de procesar los datos para que se muestren en pantalla.
 - Existen tres DMC, donde el DMC3 puede utilizarse en lugar del DMC1 O EL DMC2.
 - Un DMC puede gestionar 3 pantallas: PFD, ND y 1 del ECAM.
- Computador de avisos de vuelo FWC:
 - Monitoriza los sistemas y genera todos los mensajes; tanto en pantalla como los mensajes audibles.
- Sistema concentrador de adquisición de datos SDAC:
 - Encargados de recibir datos de los sistemas y enviarlos a los FWC y DMC.
- Entradas:
 - Esenciales: se envían a los FWC.
 - No esenciales se envían a los DMC.
 - Avisos naranja se envían a los SDAC.

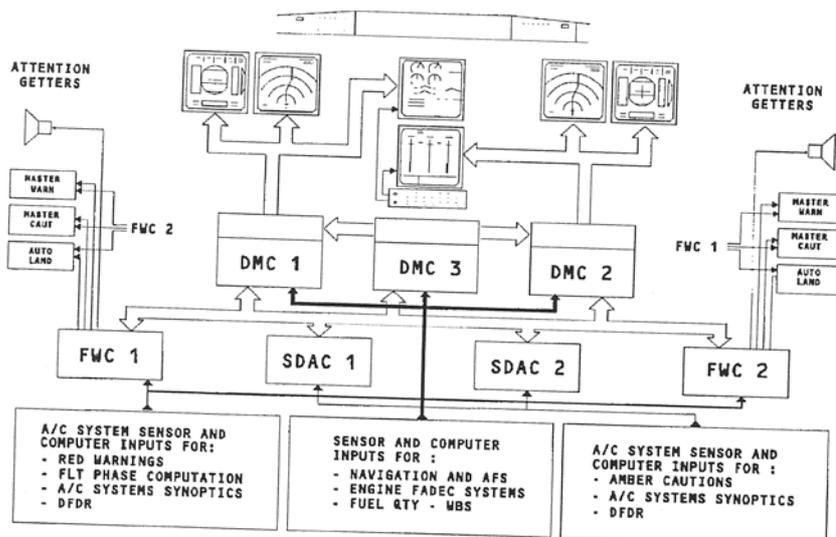


Figura 5.15.3.

El EIS está formado por:

- a.- ECAM y ACARS.
- b.- 1 bus ARINC.
- c.- ECAM y EFIS.**
- d.- Solo el EFIS.

¿Cuántas pantallas es capaz de manejar un DMC?

- a.- 20
- b.- 3**
- c.- 5
- d.- 31

ECAM (ELECTRONIC CENTRALIZED AIRCRAFT MONITORING) SUPERVISIÓN CENTRALIZADA ELECTRÓNICA DE AERONAVES.

Compuesto por dos pantallas:

- Pantalla principal (arriba), muestra los principales datos del motor, posición de los flaps y slats y otras informaciones:
 - Parte derecha de la pantalla se indica el combustible se abordo
 - Una palabra, un número y un símbolo indican la posición de los flap/slat.
 - Parte inferior avisos permanentes.
- Pantalla secundaria (abajo), presenta información adicional, esta información incluye daños del sistema y sus consecuencias.

Las pantallas se controlan mediante el control del ECAM que está situado en el pedestal central.

El ECAM puede mostrar 11 páginas:

- Sangrado BLEED

- | | |
|---------------------------------------|-------|
| • Aire acondicionado | COND |
| • Presurización | PRESS |
| • Suministro Eléctrico | ELEC |
| • Controles de vuelo | F/CTL |
| • Combustible | FUEL |
| • Potencia hidráulica | HYD |
| • APU | APU |
| • Parámetros secundarios del motor | ENG |
| • Puertas y oxígeno | DOOR |
| • Tren de aterrizaje, ruedas, frenos. | WHEEL |

En la pantalla siempre aparecen Datos Permanentes; temperatura, hora y peso bruto.

El ECAM opera en cuatro modos:

- Modo MANUAL: Prioridad sobre cualquier modo, se selecciona desde el control.
- Modo FALLO: Automático, aviso de caution/warning
- Modo AVISO: Automático, falta de un parámetro
- Modo FASE DE VUELO: Automático, debido a la situación del avión.

El ECAM además de la información de pantalla también presenta Señales de AUDIO:

- RADIO-ALTURA HABLADA:
 - “HUNDRED ABOVE” por debajo de Altura de decisión más 100 pies (DH+100)
 - “MINIMUM” radio-altura por debajo de la altura de decisión
- Aviso de PROXIMIDAD A TIERRA: tiene 5 modos:
 - MODO 1: Excesivo régimen de descenso.
 - MODO 2: Excesivo régimen de acercamiento al terreno
 - MODO 3: Descenso después de despegar y mínima distancia al suelo.
 - MODO 4: Distancia al terreno insegura
 - MODO 5: Descenso por debajo de la senda de descenso

Los datos del motor se muestran en:

a.- ECAM

b.- EFIS

c.- IRS

d.- Pantalla del GPS

¿Cuántas páginas puede mostrar el ECAM?

a.- 11

b.- 100

c.- 1000

d.- 15

¿Cual de las siguientes señales es una señal de audio del ECAM?

- a.- Radialtura Hablada.
- b.- Consumo de combustible.
- c.- Numero de revoluciones del motor.
- d.- Posición del timón de cola.

EICAS (ENGINE INDICATION AND CREW ALERTING SYSTEM) SISTEMA DE INDICACIÓN DE LOS MOTORES Y DE ALERTA A LA TRIPULACIÓN.

El EICAS (Engine Indication and Crew System) es el encargado de proporcionar toda la información del motor y avisos a la tripulación. Es el sistema que utiliza Boeing análogo al ECAM de AIRBUS.

EFIS (ELECTRONIC FLIGHT INSTRUMENT SYSTEMS) SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN DE VUELO ELECTRÓNICO.

Funciones del EFIS (3):

- Adquisición de datos
- Proceso de datos
- Presentación de los datos

La adquisición y proceso de datos es realizado por los DMC y la presentación en el PFD y el ND.

Existen 3 DMC y son iguales e intercambiables. Estos DMC están divididos en 4 partes:

- Adquisición de datos.
- Canal de procesos de datos del PFD.
- Canal de procesos de datos del ND.
- Canal de procesos de datos del PECAM.

Los datos de los sistemas del avión le llegan en ARINC 429 y los datos del radar meteorológico en Arinc 453 (línea de alta velocidad).

El Panel de Control del EFIS se une a los DCM mediante ARINC 429.

Consta de dos pantallas el PFD y el ND:

Las Indicaciones del PFD son:

1. Actitud
2. Velocidad frente al aire
3. Velocidad vertical
4. Altitud
5. Rumbo
6. Desviación de la trayectoria
7. Modo de vuelo

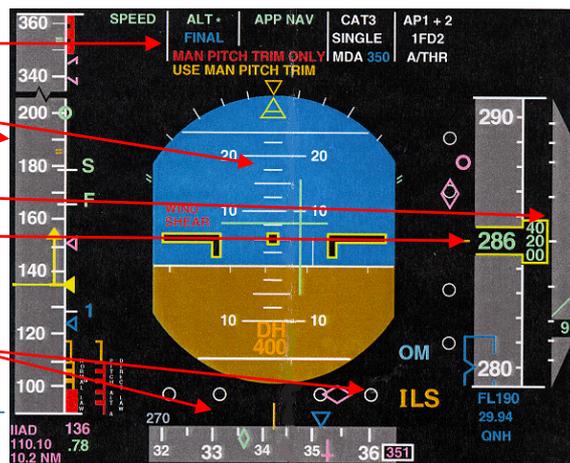


Figura 5.15.4.

Existen dos Controles del PFD, uno para el capitán y otro para el copiloto, y constan de:

- Ventana de referencia barométrica
- Selectores de referencia barométrica
- Pulsador ILS
- Pulsador FD OFF

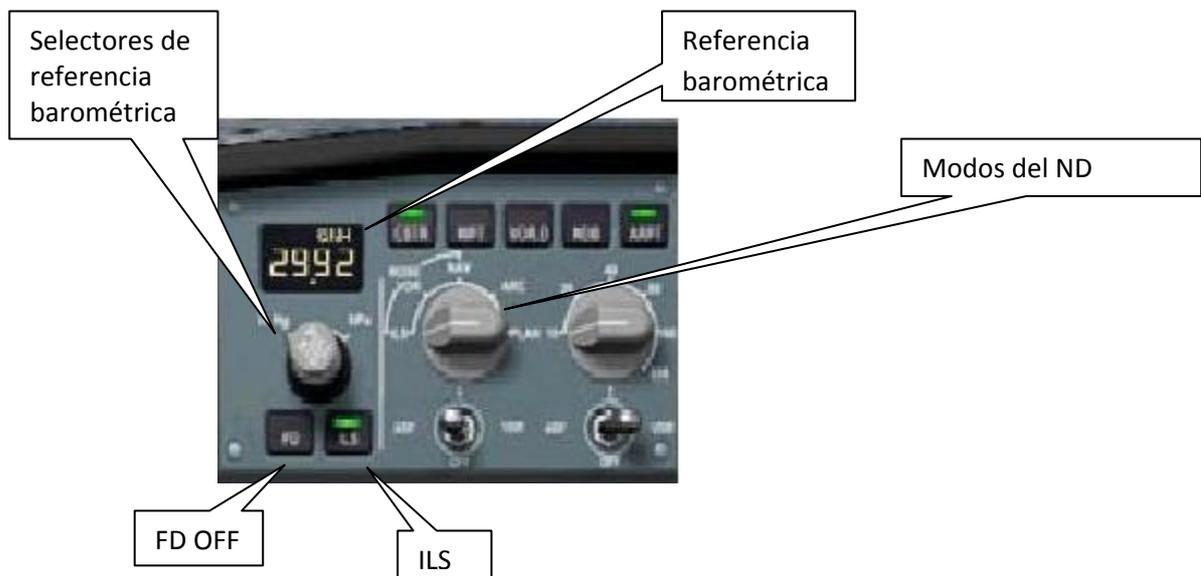


Figura 5.15.5.

ND

Se puede elegir distintas presentaciones según el modo, utilizando el mando del ND

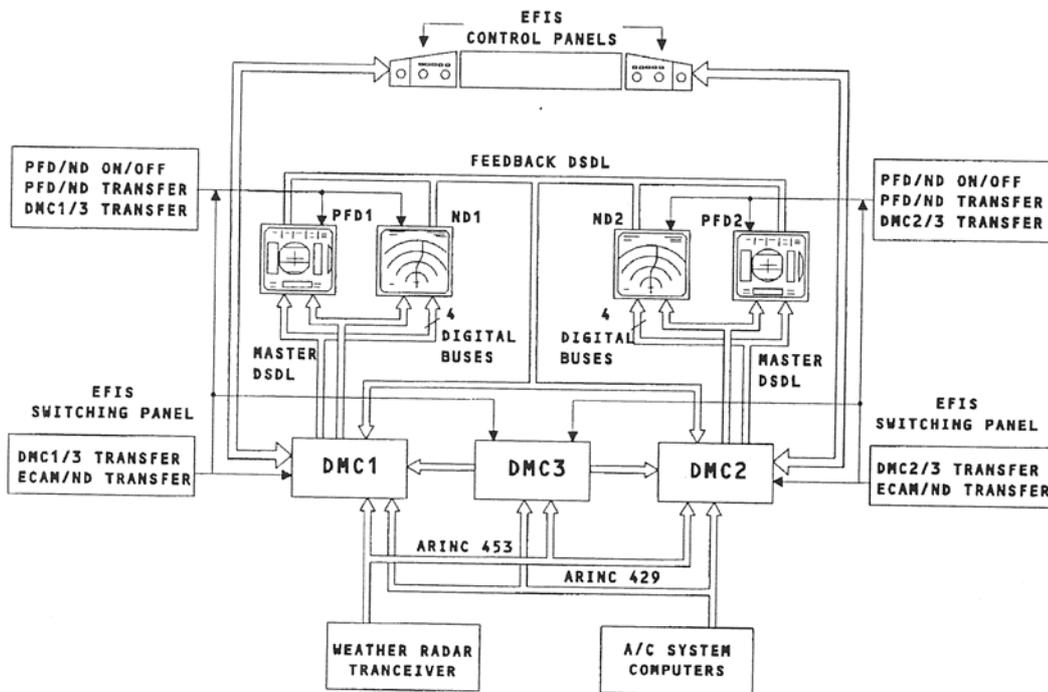
- ROSE:
 - LS: Muestra las desviaciones del sistema de aterrizaje
 - VOR: Muestra las indicaciones de desviación del VOR y del Radial de VOR
 - NAV: Posición horizontal del avión respecto al plan de vuelo
- ARC: Presenta la desviación del plan de vuelo en un diagrama de 90°
- PLAN: Mapa orientado al norte verdadero. Está centrado en uno de los puntos del plan de

vuelo.

- ENGINE: Principales parámetros del motor.

En caso de fallo en alguna pantalla del EFIS la imagen del PFD prevalece sobre el ND.

Y del mismo modo cuando se produce un fallo en algún DMC podemos conectar el DMC 3 para reemplazarlo.



OPERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL EFIS

Figura 5.15.6.

¿Cual de las siguientes es uno de los modos de Presentación del ND?

- Combustible.
- Plan.**
- Sangrado del motor.
- Actitud.

En caso de fallo en alguna pantalla del EFIS:

- la imagen del PFD prevalece sobre el ND.**
- la imagen del ND prevalece sobre el PFD.
- aparecerán por defecto los principales parámetros de motor.
- aparecerá por defecto la pantalla de NAV (Navegación).

FBW (FLY BY WIRE) MANDOS DE VUELO ELECTRÓNICOS

En el FBW (vuelo con mandos electrónicos) todas las superficies se controlan eléctrica y hidráulicamente, a excepción del timón de dirección y el estabilizador horizontal que además tienen

control mecánico en caso de que se produzca un fallo eléctrico.

Ventajas del FBW:

- Muy importante reducción de peso.
- Mejora la redundancia.
- Mejora la calidad del control y sus características.

En este sistema las órdenes del piloto automático se transmiten directamente a los servo-actuadores.

El FBW es capaz de interpretar las acciones del piloto sobre el mando y mover las superficies para que el avión no se salga de la envolvente de vuelo seguro en maniobras bruscas.

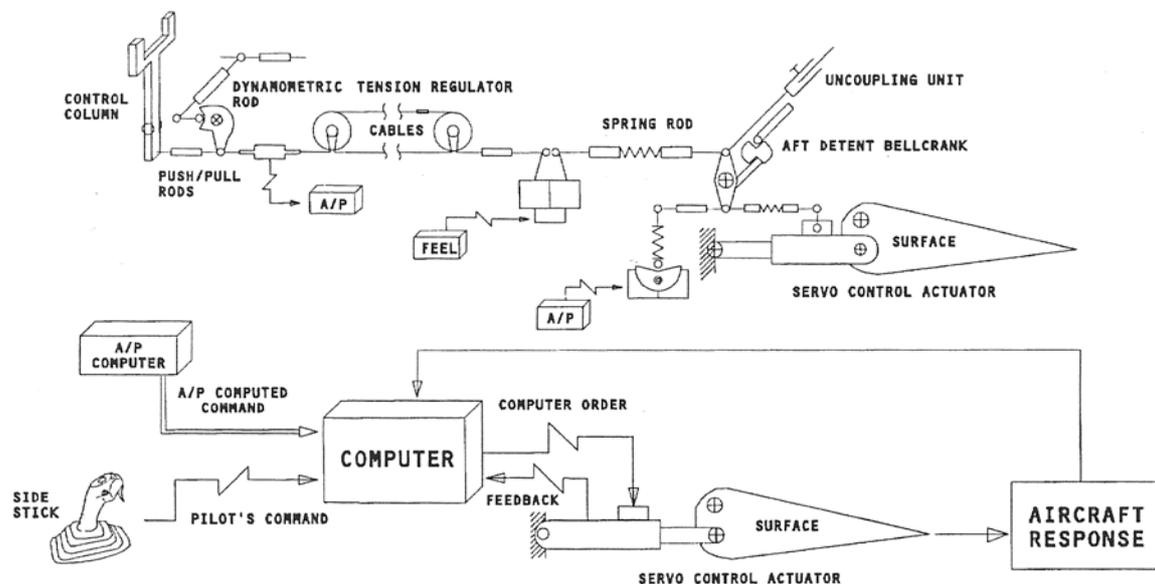


Figura 5.15.7.

Una de las ventajas del FBW frente a los accionadores mecánicos es:

- a.- Aumenta el peso del sistema.
- b.- Reduce el peso del sistema.**
- c.- Empeora la redundancia.
- d.- Dificulta el control de las superficies de vuelo.

¿Como se controlan las superficies en el FBW?

- a.- Por la fuerza del piloto.
- b.- Mediante poleas cables y palancas.
- c.- Eléctrica e hidráulicamente.**
- d.- Mediante un sistema de muelles.

FMS (FLIGHT MANAGEMENT SYSTEM) SISTEMA DE GESTIÓN DE VUELO

El Sistema de Vuelo Automático calcula los parámetros para controlar de forma automática tanto las superficies de vuelo como el empuje de los motores.

El FMS calcula la posición del avión mediante: plataformas inerciales y ayudas radioeléctricas de tierra y de satélites.

Es capaz de mostrar el plan de vuelo con los procedimientos de salida, llegada y la ruta que previamente debe almacenar la compañía en la memoria.

La forma de uso más habitual es programar el FMS según el plan de vuelo.

El FMS está formado por 6 equipos principalmente:

- 2 FMGC (ordenadores para la gestión y guiado).
- 3 FMS CDU unidades de control.
- 1 FCU unidad de control de vuelo.

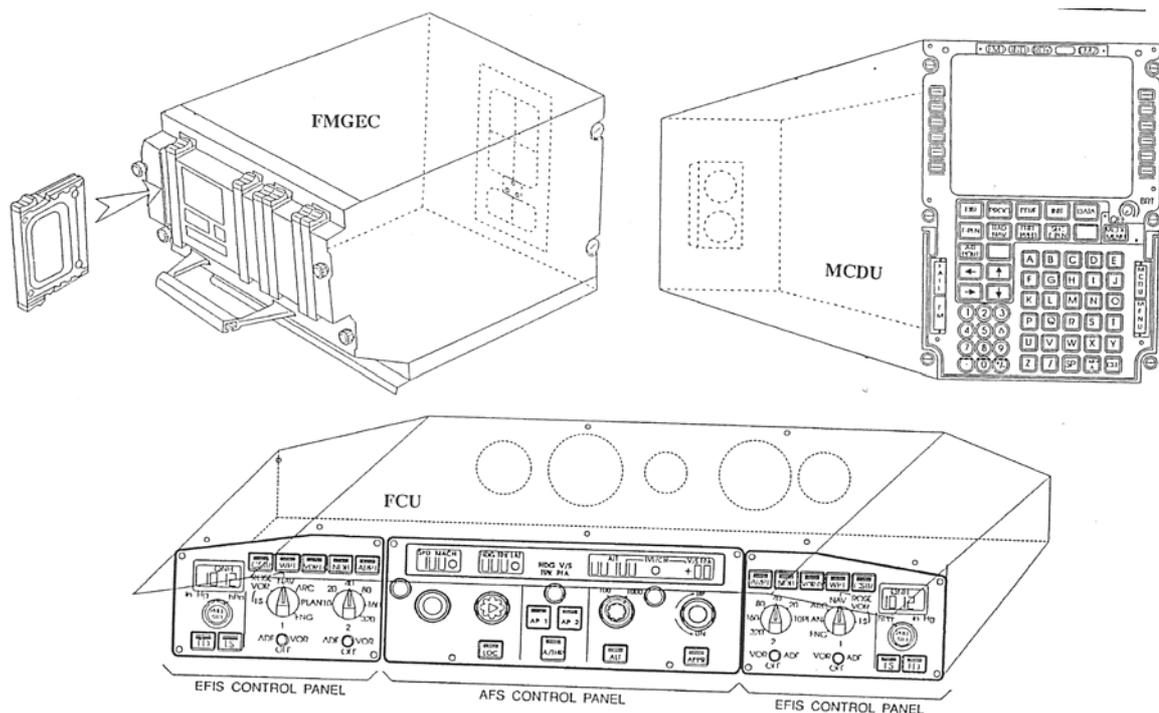


Figura 5.15.8.

Los datos de FMS se presentan en las pantallas PFD y ND.

Para acciones a corto plazo se opera con el FCU, que está situado en el panel antideslumbrante, y para acciones a largo plazo se actúa sobre el MCDU.

Los FMGS van situados en el compartimento de aviónica que tiene acceso desde la cabina. Es importante saber que contienen 7 memorias que determinan el programa informático del computador. Hay que tener precaución en su desmontaje para proteger sin tocar los conectores por que puede dañar los circuitos internos.

EL FMGS es el encargado de gestionar la trayectoria y optimizar el perfil de vuelo. Para realizar esta labor debe estar conectado a varios equipos periféricos:

- 3 Plataformas inerciales.
- 2 Unidades de datos de Aire.
- RMP Controles de radio.
- 2 Radioaltímetros contribuyen al aterrizaje automático por debajo de 800 pies.
- Cronometro de cabina CLOCK que sincroniza los relojes de los FMGS.
- Los computadores de combustible que envían información de peso y del centro de gravedad del avión.
- Al cargador de la base de Datos de Navegación que la compañía debe actualizar cada 28 días.
- 2 computadores de control de flaps.
- 2 computadores de posición del tren de aterrizaje.

Y envía información de:

- Plan de vuelo al Ordenador del Controlador de Presión de Cabina CPCC.
- Mando de los motores al FCU.
- Deflexión de superficies de vuelo a través de los computadores primarios.
- Datos de Navegación a los DMC del EFIS para generar las imágenes en pantalla.
- Fallos a los FWC computadores de Avisos.
- Mantenimiento a los CMC.
- Registros y análisis de Fallos a la impresora para su posterior mantenimiento.

Los MCDU van situados 2 en el pedestal de mandos reservándose la tercera para el mantenimiento.

Los MCDU son los que permiten el dialogo entre la tripulación y los computadores FMGC.

En el MCDU se presentan las páginas correspondientes a los sistemas y funciones del computador de Gestión de vuelo FMGC.

El FCU está formado por 3 paneles de control, uno para el FMS y los otros 2 para el EFIS. Se alimentan con corriente continua.

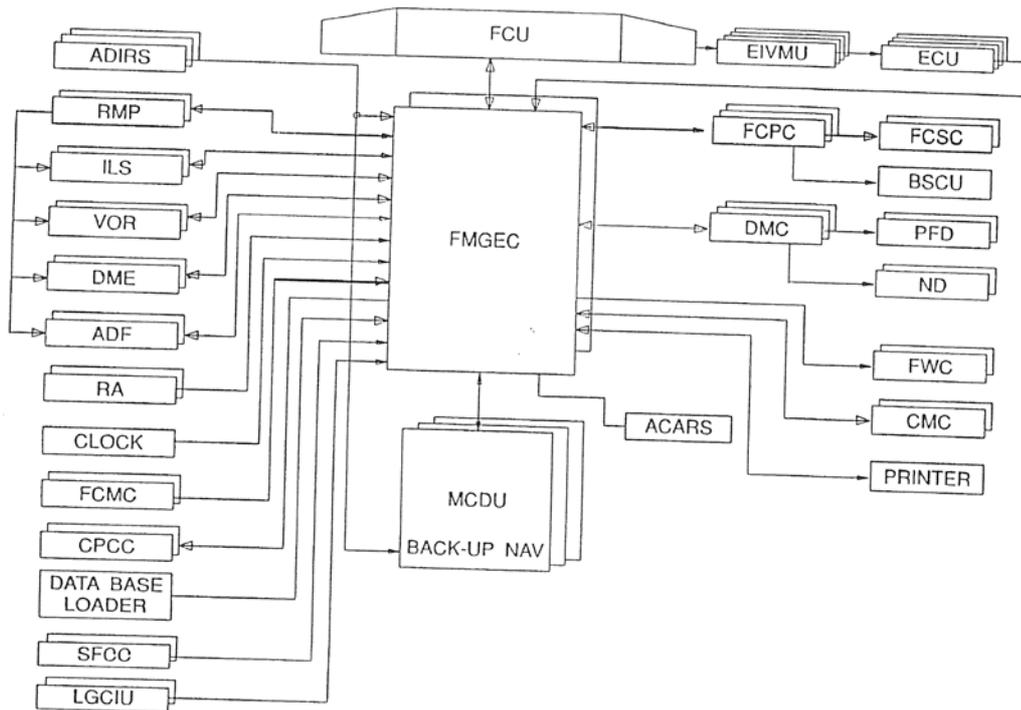


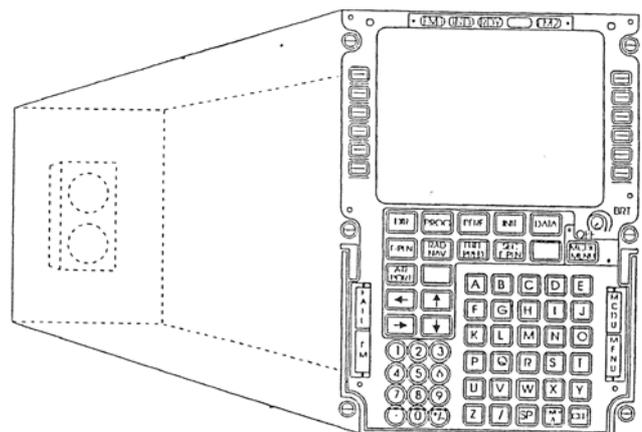
Figura 5.15.9.

¿Cuántas memorias tiene un FMGC?

- a.- 1
- b.- 5
- c.- 50
- d.- 7**

¿Cuál es el elemento representado en la figura?

- a.- MCDU**
- b.- FCU
- d.- STIK
- c.- PFD



Los datos que envía el FMGC a la impresora son:

- a.- Registros y análisis de Fallos.**
- b.- Combustible.
- c.- Plan de vuelo.

d.- Accionamiento de los flaps/slats.

GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL.

EL GPS es un sistema de radionavegación vía satélite diseñado para ofrecer posicionamiento en las tres dimensiones, velocidad y tiempo con alta precisión y con cobertura mundial.

Puede dar servicio a un número ilimitado de usuarios en cualquier lugar de la superficie terrestre y la atmosfera. Este sistema sustituirá a los otros sistemas de navegación tanto por precisión como por coste.

La posición GPS depende, de que cada satélite en la constelación transmita su posición exacta y una señal de tiempo extremadamente precisa a los receptores en la tierra. Dada esta información, los receptores GPS pueden calcular su distancia al satélite, y combinando la información de cuatro satélites, el receptor puede calcular su posición exacta utilizando un proceso llamado trilateración.

Trilateración - Si uno conoce la distancia a un satélite, uno sabe que su posición se encuentra sobre una esfera con centro en el satélite y con un radio igual a la distancia.

Si uno obtiene la misma información de un segundo satélite, puede estrechar su posible posición al área que tienen en común las dos esferas. Si se añade información de un tercer satélite, se puede precisar aún más la posición a los dos puntos donde las tres esferas cruzan. Para determinar cuál de los dos puntos representa nuestra posición actual, podemos tomar una cuarta medida, pero generalmente uno de los dos puntos obtenidos de tres satélites representa una posición absurda (por ejemplo en el espacio abierto) o con movimiento imposiblemente rápido, por lo que puede eliminarse sin necesidad de la cuarta medida. Sin embargo, la cuarta medida es necesaria.

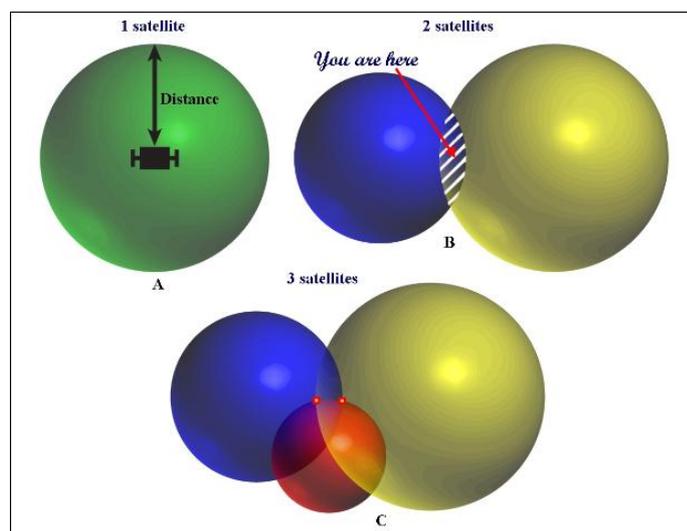


Figura 5.15.10.

La distancia a los satélites se calcula midiendo el tiempo que tarda la señal a llegar desde el satélite al receptor ($\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$). Las señales de radio viajan a la velocidad de la luz (186,000 millas por segundo) los tiempos en tránsito de satélites a receptores son extremadamente pequeños y

se necesitan dispositivos de cronometraje extremadamente precisos para medirlos con exactitud, por lo cual surge la necesidad de llevar relojes atómicos en los satélites. Sin embargo, los receptores no usan relojes atómicos lo cual introduce errores en ese lado del sistema, y errores de cronometraje pequeños pueden resultar en grandes errores de posición. Aquí es donde entra en juego la cuarta medida.

Si las cuatro medidas son exactas, la esfera definida por la cuarta medida debe cruzar las otras tres en un punto que representa la posición actual. Si existen errores, la cuarta esfera no cruzará a todas las otras. Debido a que el error del receptor es el mismo para las cuatro medidas, un ordenador en el receptor puede calcular una corrección que haga que las cuatro esferas crucen, y aplicar la corrección a las medidas para obtener la posición correcta.

La cuarta medida también permite al sistema calcular una posición en tres dimensiones que incluye no solo latitud y longitud, sino también altitud. Las medidas de altitud, sin embargo, se reportan con referencia a un modelo matemático de la tierra para poder expresarlas en relación al nivel del mar.

La mayoría de los posicionadores GPS disponibles hoy en día son capaces de dar precisión de 10 metros o menos. Uso de técnicas avanzadas, como las ya descritas pueden aumentar la precisión a un metro o menos. Aplicaciones especializadas que utilizan técnicas sofisticadas de manipulación de datos y equipos de primera clase pueden obtener precisiones medidas en centímetros.

El sistema está dividido en tres segmentos de operación

- **Espacio**

Consiste específicamente en los satélites GPS que emiten señal de radio desde el espacio, formando una constelación de 24 satélites (+3 en de reserva) distribuidos en 6 órbitas con un período de rotación de 12 hrs., una altitud aproximada de 20,200 km y una inclinación de 55° respecto al plano ecuatorial. Esta distribución espacial permite al usuario disponer de 5 a 8 satélites visibles en cualquier momento.

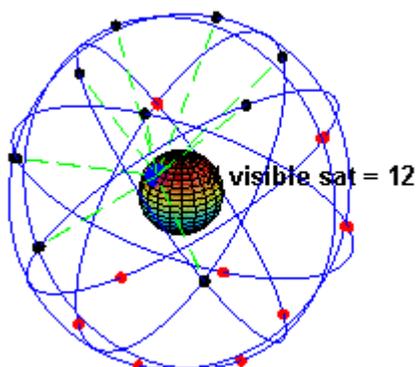


Figura 5.15.11.

- **Control**

Es una serie de estaciones de rastreo, distribuidas en la superficie terrestre que continuamente

monitorea a cada satélite analizando las señales emitidas por estos y a su vez, actualiza los datos de los elementos y mensajes de navegación, así como las correcciones de reloj de los satélites. Las estaciones están ubicadas cercanas al plano ecuatorial y en todas se cuenta con receptores con relojes de muy alta precisión.

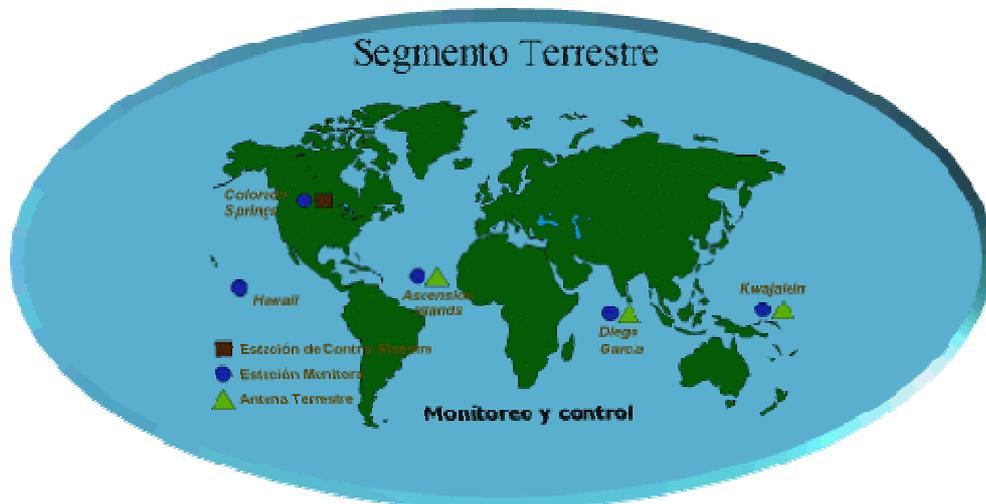


Figura 5.15.12.

- **Usuario**

Lo integran los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para el cálculo de su posición tomando como base la velocidad de la luz y el tiempo de viaje de la señal, así se obtienen las pseudodistancias entre cada satélite y el receptor en un tiempo determinado, observando al menos cuatro satélites en tiempo común; el receptor calcula las coordenadas X, Y, Z y el tiempo.

Todos los receptores funcionan con tres secuencias básicas:

- INICIACION: Parámetros para seleccionar los satélites que le permitan operar.
- ALMANAQUE: Almacenado en el receptor y provee información sobre la situación de los satélites y datos orbitales.
- NAVEGACIÓN:
 - Adquisición de Satélites
 - Determinación de la posición.

Los satélites tienen a bordo cuatro normas de tiempo (dos relojes de Rubidio y dos relojes de Cesio). Estas normas de frecuencia altamente precisas, constituyen el corazón de los satélites GPS, produciendo la frecuencia fundamental en la banda L (10.23Mhz). A partir de esta frecuencia fundamental, se derivan coherentemente dos señales, las ondas de portadora L1 y L2, que se generan multiplicándolas por 154 y 120 respectivamente, con lo que producen:

L1=1,575.42Mhz (19 cm)

L2=1,227.60Mhz (24 cm)

Existen además, dos códigos que viajan a través de dichas frecuencias. El primer código es el C/A (código de adquisición imprecisa), designado también como servicio estándar de determinación de la posición (SPS: Standar Position Service); que se dispone para usos civiles. Este código tiene una longitud de onda de 293.1 metros y está modulado solamente sobre L1, omitido a propósito de L2.

El segundo es el código P (código de precisión), también designado como servicio preciso de determinación de la posición (PPS: Precise Position Service), reservado para uso militar (EUA) y para otros usuarios autorizados. Este código tiene una longitud de onda de 29.31 metros y está modulado sobre ambas portadoras L1 y L2.

¿Cuántos satélites forman la constelación del GPS?

- a.- **24+3 de reserva**
- b.- 100
- c.- 50+15 de reserva
- d.- 8

¿Cuántos satélites son necesarios para dar la posición correcta del observador?

- a.- 15
- b.- 9
- c.- 1
- d.- **4**

¿Cuales son los segmentos del GPS?

- a.- **Espacio, control y usuario**
- b.- Control y usuario
- c.- Espacio y control
- d.- Espacio, control y estación meteorológica

IRS (INERTIAL REFERENCE SYSTEM) SISTEMA DE REFERENCIA INERCIAL.

El IRS es un método de navegación de precisión que no requiere ninguna entrada externa al avión.

Los datos del IRS se suministran al FMC para la navegación.

El IRS está formado por:

- 3 Giróscopos: 1 para cada eje de coordenadas. Se usan para conocer los ángulos de alabeo, cabeceo y giñada.
- 3 Acelerómetros: 1 para cada eje de coordenadas que proporcionan las aceleraciones lineales en los 3 ejes.
- 1 Procesador de Datos.
- 1 Reloj se utiliza para medir los tiempos de iteración del procesador de datos para mostrar el vector velocidad del avión.

Un aspecto fundamental para la precisión del sistema es iniciación, en la fase de prevuelo hay que comprobar la alineación de los ejes de los giróscopos y acelerómetros. Para solventar este problema se

introducen giróscopos laser y ópticos.

¿Cuántos acelerómetros necesita el ILS?

a.- 2 para los 3 ejes.

b.- 3 uno para cada eje.

c.- 9 tres para cada eje.

d.- 1.

TCAS (TRAFFIC ALERT AND COLLISION AVOIDANCE SYSTEM) SISTEMA DE TRANSITO Y ANTICOLISIÓN.

El TCAS es un sistema que alerta a la tripulación si otra aeronave entra en un determinado espacio envolvente del avión a través de un radar secundario, que interroga y envía información a la otra aeronave.

El sistema comprueba la distancia entre los aviones continuamente y calcula las posibilidades de colisión entre las aeronaves. Para estos cálculos el TCAS no necesita información de navegación externa. Está información se presenta en el ND.

Cuando se detecta que la distancia y posibilidades de colisión son críticas el TCAS avisa mediante señales luminosas y auditivas; incluso el sistema es capaz de coordinar con el sistema del otro aeronave las acciones de cabeceo para evitar la colisión. ES importante recalcar que el TCAS proporciona únicamente guía vertical nunca lateral.

Los componentes del sistema son:

- IRS.
- Posición del tren de aterrizaje.
- Radioaltímetros.
- Computador del TCAS.
- 2 Antenas para el radar secundario.

El espacio está dividido en 2 regiones. Estas dos zonas están separadas por el CPA (Closest Point of Approach) Punto de Máximo Acercamiento. Cuando una aeronave entra en una de estas dos zonas el TCAS responde con:

- TA Traffic Advisory (Avíos de tráfico), no es la zona de máxima alerta.
 - Aparece la señal TRAFIC en color amarillo en la pantalla del ND.
 - Señal de audio "TRAFFIC TRAFFIC".
- RA Resolution Advisory (Aviso de resolución), máxima alerta.
 - Muestra al piloto señales visuales y de audio de instrucciones de cabeceo.
 - Si se dispone de información de rumbo del intruso, este se identifica en la pantalla del ND como un cuadrado rojo.
 - Si no se dispone de la información de rumbo del intruso, se elimina el cuadrado y se coloca la distancia lateral y la altitud relativa con una flecha de movimiento vertical en la pantalla con números rojos sobre la palabra "TRAFFIC".

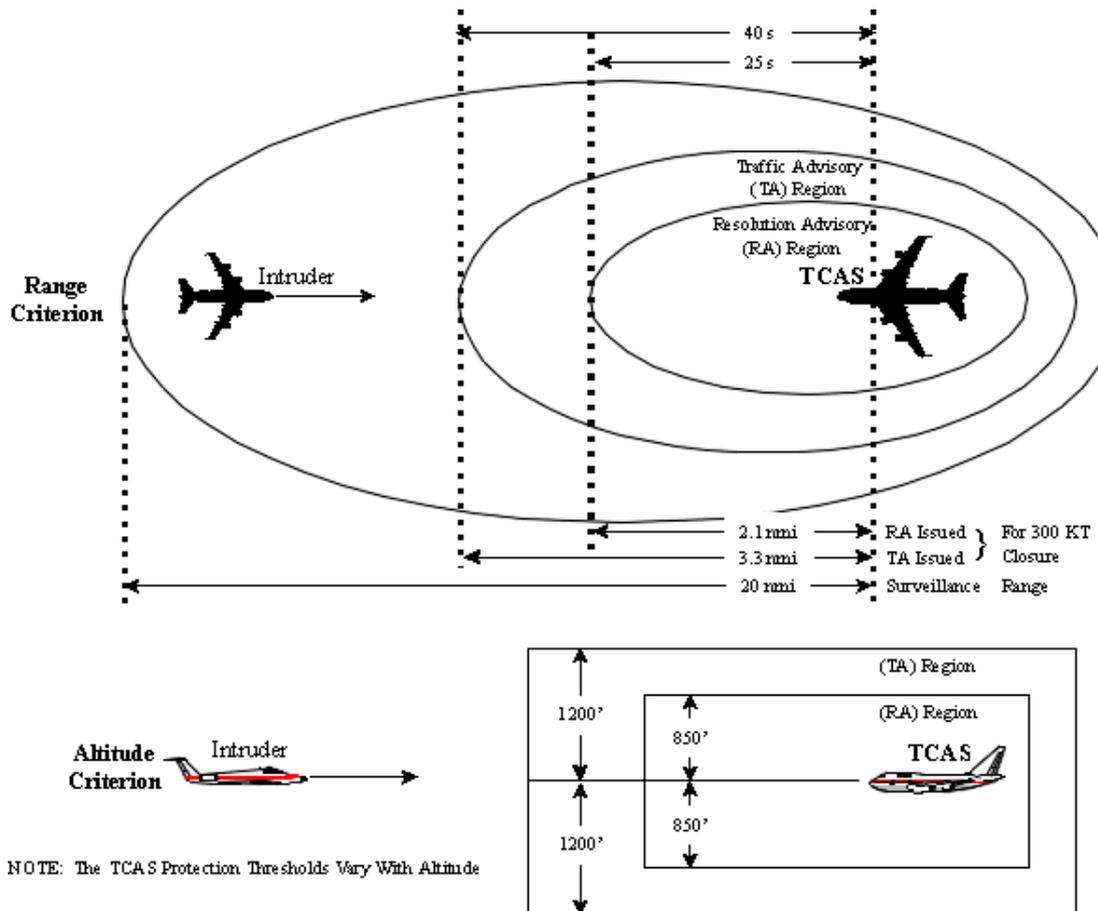


Figura 5.15.13.

En cuanto al control es un panel que comparten el ATC y el TCAS, y contiene entre otros elementos el selector del MODO TCAS que tiene tres Posiciones:

- TA/RA: Aviso de tráfico y aviso de resolución.
- TA: Solo Aviso de trafico.
- STBY: Los avisos están inhibidos.



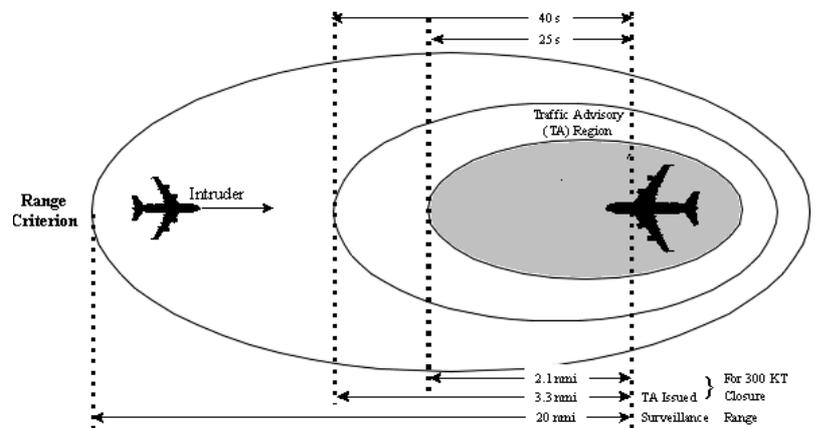
Figura 5.15.14.

¿Qué sistema es el encargado de alertar a la tripulación si una aeronave entra en su espacio aéreo?

- a.- **TCAS.**
- b.- ACARS.
- c.- FMS.
- d.- ILS.

¿Cuál es el área sombreada?

- a.- Espacio de influencia del VOR.
- b.- **RA área de resolución.**
- c.- Área de desalojo.
- d.- Servidumbre de la plataforma.



¿Qué tipo de radar utiliza el TCAS?

- a.- Doble.
- b.- Antena unidireccional.
- c.- **Secundario.**
- d.- Primario.