

FUERZA AEREA DE CHILE VIRTUAL

Instrumentos y aviónica

En este capítulo se explicarán en forma básica, y sin entrar en detalles, los motivos físicos por los que vuela un avión. Puede ocurrir, que para explicar determinadas circunstancias de vuelo sea necesario profundizar más en algún tema físico, de ser así ese tema será tratado especialmente en ese momento.

Contenido Generalidades sobre instrumentos
:
Anemómetro, velocímetro (Airspeed)
Efecto del viento en el anemómetro
Horizonte Artificial o Indicador de Actitud (AI)
Altímetro (ALT)
Diferencias entre altura, altitudes y niveles de vuelo
Coordinador de giros (Turn Coordinator TC)
Indicador de Rumbo o Giróscopo Direccional (DG)
Indicador de Velocidad Vertical o Variómetro (VSI)
Indicador Automático de Dirección (ADF)
Indicador Acimutal Automático (OBI)
Equipo Medidor de Distancia (DME)
Brújula Magnética
Indicador de Actitud y Dirección (ADI)
Indicador de Situación Horizontal (HSI)
Pantalla Primaria de Vuelo (PFD)
Sistema de Instrumentos del Motor y Alerta a la Tripulación (EICAS)
Pantalla de Cabeza Alta (HUD)
Sistema Electrónico de Vuelo por Instrumentos (EFIS / CFPD)
Radioaltímetro
Radares
Sistema Pitot Estática
Instrumentos Giroscópicos.
Instrumentos Eléctricos.
Luces Tesigos
Comentario sobre Aviónica

Advertencia

La información que aquí se brinda está basada en la realidad. El conocimiento de la misma no es habilitante para volar realmente, solo se brinda a título informativo para uso exclusivo en simuladores de vuelo, y no debe ni puede ser aplicada fuera de ese contexto. Si desean aprender a volar en la realidad, solo podrán hacerlo en las entidades habilitadas para tal fin (Aeroclubes, Fuerza Aérea, etc).

Generalidades sobre instrumentos y aviónica.

El instrumental que equipa a cualquier avión está sufriendo una permanente evolución con el transcurso de los años, especialmente por los avances en electrónica lo que permitió aliviar el trabajo del piloto y al mismo tiempo descargar la cabina de una gran cantidad de instrumental.

Como ejemplo claro de esto es el caso del Boeing 737 que desde sus primeras versiones hasta la última de las evoluciones redujo en 150 la cantidad de instrumentos. Flight Simulator también se ha hecho eco de esto y está claramente representado en sus paneles estándar para el Boeing 737-400 y el 777.



Dos paneles de Flight Simulator el de arriba para el 737-400 y el inferior del 777, nótese la diferencia en la cantidad de instrumentos visibles.

En realidad, muchos de estos instrumentos siguen presentes, pero sus indicaciones se presentan en pantallas y estas se seleccionan por medio de un menú o selector.

La incursión de la electrónica, en la aeronáutica da origen a la denominación "aviónica", como se imaginarán esta no solo trata a los instrumentos, también incluye otros comandos referidos al funcionamiento y control de la aeronave. Esto incluye advertencias por voz de una situación de riesgo, correcciones automáticas previo aviso al piloto, el control del vuelo es a punto tal que algunos aviones interceptores, diseñados especialmente inestables, no podrían ser volados por un piloto sin la asistencia de una computadora que estabiliza la aeronave.

El avance en este terreno es tal que al decir de los pilotos testers de Boeing en el futuro para volar un avión de largo alcance será necesario un piloto y un perro, el piloto para controlar los parámetros de vuelo y el perro para morder si intenta tocar algo.

Tal vez la forma más visible para los pilotos de la aviónica se da a través de los instrumentos, muchos de los cuales han sido reemplazados por pantallas (tubos de rayos catódicos) similares, aunque más pequeños a los de un televisor o al monitor de una computadora, en donde o bien el instrumento o su indicación es graficada, incluyendo datos de navegación, de funcionamiento de motores, de comportamiento general de la aeronave, etc.

No está demás aclarar que la aviónica no incluye solamente la instrumentación, si no también el control de la nave y todos los sistemas de navegación y aterrizaje.

Esta tecnología, si bien soluciono muchos problemas trajo otros nuevos, por ejemplo, el tubo de rayos catódicos para funcionar necesita tensiones del orden de los 30000 V (volt) y son fuentes importantes de calor obligando a la utilización de refrigeración forzada, más su gran tamaño y complejidad.

Respecto de la complejidad, esto obligó a los técnicos a capacitarse en esta especialidad, además una instalación más compleja redundo en una mayor probabilidad de falla, por lo que aun en las cabinas más modernas entre las pantallas todavía pueden verse algunos de los clásicos instrumentos mecánicos que son los básicos para el vuelo.

En este punto empezaremos con estos instrumentos básicos, cabe aclarar que son instrumentos referidos al vuelo de la nave y no al funcionamiento de los motores que ya fueron tratados con anterioridad, continuaremos con los demás instrumentos mecánicos y finalizamos con los electrónicos.

Anemómetro, velocidad (Airspeed).

Este instrumento mide la velocidad del avión con referencia al aire que lo rodea, en realidad mide la velocidad con la que fluye el aire por una sección determinada, por lo que su denominación correcta desde el punto de vista técnico es la de **Anemómetro** que es precisamente el instrumento que mide la velocidad del aire o el viento.

Para realizar la medición se dispone una sonda, generalmente en la nariz del avión, con forma de tubo denominado **Tubo Pitot**, por donde ingresan las partículas de aire a una determinada velocidad, que finalmente será medida por el instrumento.

En Flight Simulator encontrarán este instrumentos básicamente de dos formas, una en aviones pequeños con marcaciones de colores verdes y blancas y los segundos generalmente en reactores sin esas marcaciones.



Figura 1: Anemómetro para un avión de pequeño porte y sus marcaciones de colores.

En la figura 1 se muestra el anemómetro que acompaña el panel para Flight Simulator para el Cessna Skylane, en ella pueden verse claramente las marcaciones en colores de las distintas velocidades importantes del avión.

El arco de color verde representa las velocidades de operación de la nave, mientras que la amarilla es una zona de precaución por exceso de velocidad y la roja corresponde a la zona de peligro, zona en la que el avión seguramente entrara en lo que se conoce como bataneo caracterizado por fuertes vibraciones y cambios bruscos ante el menor movimiento de los mandos.

Es importante no alcanzar estas zonas o si se alcanzan salir de ellas a la brevedad pues puede producir daño estructural importante a la nave o incluso su entrada en pérdida y posterior caída.

El arco de color blanco indica las velocidades a las que se puede desplegar los flaps, siendo el comienzo del arco, la velocidad de pérdida (VS) con flaps extendidos y el final del arco la velocidad a partir de la cual se pueden extender los flaps en un aterrizaje. El comienzo del arco verde es la velocidad de pérdida (VS) con flaps retraídos.



Figura 2: Anemómetro del panel de Boeing 737 - 400 de Flight Simulator.

La variante de la figura 2 corresponde al panel del Boeing 737 - 400 también de Flight Simulator, en el que no se ven las marcaciones de colores.

Las causas por la que no se disponen dichas marcaciones se debe principalmente a las condiciones del aire en las alturas a las que son capaces de operar los grandes reactores comerciales, dichas condiciones afectan la medición del instrumento, además afectan notablemente las velocidades de vuelo con relación a la tierra por causa de ser menos denso el aire, la suma de todos estos efectos hace que no tengan sentido estas marcaciones.

No obstante, además de la aguja indicadora de la velocidad (de color blanco con la punta de color amarillo), existe otra de color blanco con franjas rojas, esta es la indicadora del límite de velocidad de operación para esas condiciones de aire, es decir para esa altitud.

Si se la observa se verá como esta última va descendiendo su indicación a medida que se va ganando altura, la velocidad que ella indica no deberá ser superada, de hacerlo se verá la indicación STALL en la pantalla, pudiendo alcanzarse fácilmente el bataneo.

El pequeño indicador con forma de triángulo en el borde del instrumento señala la velocidad a la cual se encuentra seteado el piloto automático y que será mantenida si se encuentran activos los comandos "A / T" y "IAS / MACH".

La regulación de esa velocidad se puede hacer por medio del selector del piloto automático o con el botón del mismo instrumento, para ello al posicionar el mouse sobre él se verá aparecer la manito con los signos "+" y "-" que lo suben o lo bajan.

Se encuentran también dos indicadores de dígitos, el de arriba con dos dígitos indica la velocidad en número mach, mientras que el de tres dígitos, más abajo indica la velocidad IAS en nudos.

A pesar de estas diferencias de construcción, ambos instrumentos expresan la velocidad en nudos, pero es importante recordar que esta velocidad está referida al aire que lo rodea y no al suelo por lo que esta velocidad será IAS (velocidad aerodinámica indicada) y para obtener la TAS (velocidad aerodinámica real) es necesario aplicar factores de corrección.

En general se obtendrá la TAS sumándole a la velocidad IAS un 2% por cada 1000 pies msl, es decir que para 5000 pies es necesario agregar un 10% a la IAS. Este tema de velocidades ya fue tratado en el tutorial de Física.

Recordemos que para los fines del vuelo los pilotos utilizan la velocidad IAS, mientras que para la planificación del vuelo en cuanto a tiempos y combustible necesario se realiza con la velocidad TAS.

Efecto del viento en el anemómetro.

Como ya se comentó, la indicación de velocidad del anemómetro se ve afectada por las condiciones ambientales a la altitud de vuelo, esto se traduce en errores de la indicación del instrumento, a punto tal que uno de los factores es la ubicación y posición de la sonda.

Es por ello que se aclara que la indicación de velocidad es IAS, para obtener la TAS es necesario hacer la corrección, de aproximadamente un 2% más por cada 1000 ft de altitud.

La idea de medición de velocidad del avión por medio de este instrumento consiste en medir la velocidad con la que las partículas de aire pasan por el tubo Pitot, para luego esta velocidad asignar arbitrariamente a la nave.

Esto estaría bien si el aire estuviera quieto y el único que se mueve es el avión o el viento sopla a 90° del eje longitudinal del avión, es decir en forma transversal a la nave, pero esto no ocurre siempre, entonces ¿qué pasa con el viento?

Sin duda el viento afecta esta medición directamente, si el viento sopla de frente el instrumento indicará una velocidad de partículas igual a la suma de las velocidades del avión más la del viento, mientras que si es de cola la indicación será igual a la resta de las mismas.

Por ejemplo si el anemómetro indica una velocidad de 100 knts, con viento de frente a una velocidad de 20 knts la velocidad de la nave será de 80 knts, pero en cambio si sopla de cola la velocidad de la nave será de 120 knts.

Muchos se preguntaran qué ocurre cuando el viento sopla en forma oblicua ya sea de frente o de cola al avión.

Siendo ese el caso, aplicando funciones trigonométricas, se puede, a la velocidad del viento tratarla como la resultante de dos componentes ortogonales (perpendiculares), que coinciden una con el eje transversal y otra

con el eje longitudinal del avión, de modo que, la suma vectorial de estas dos componentes que también son velocidades es igual a la velocidad del viento.

Es decir que a la velocidad del viento se la divide en un viento que sopla con una velocidad determinada en sentido del eje longitudinal del avión y otro que sopla en sentido del eje transversal. Para ello se recurre a las funciones seno (sen) y coseno (cos), veámoslo gráficamente en la figura 1.

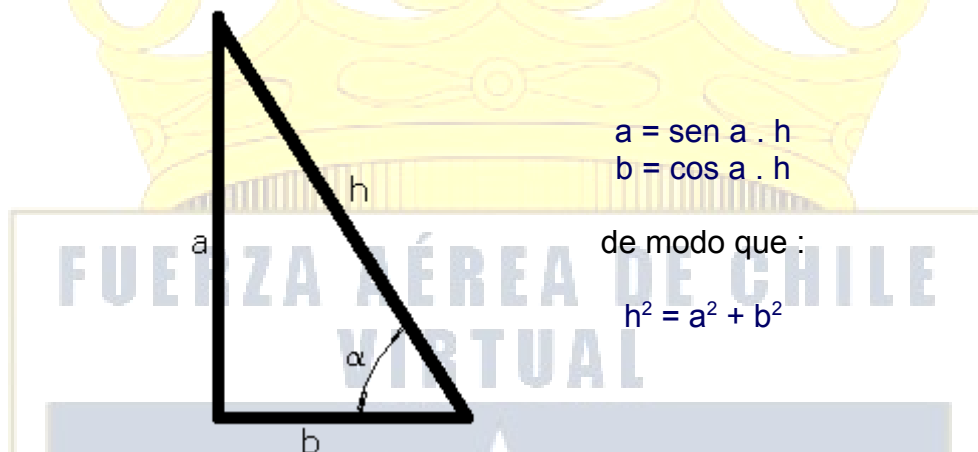


Figura 1: Funciones trigonométricas.

Las fórmulas expresadas en la figura 1 nos permiten calcular los catetos adyacente y opuesto de un triángulo rectángulo en base al ángulo y la hipotenusa conocidos. Esto nos permite en caso de un viento en sentido oblicuo al eje longitudinal del avión que sopla con un ángulo y velocidad conocidos, calcular la velocidad de la componente longitudinal por medio de la fórmula:

$$WC = \text{COS } a \cdot VV$$

Dónde VL: componente longitudinal de la velocidad del viento

VV : velocidad del viento

a : ángulo formado por la dirección del viento y el eje longitudinal del avión

Este valor (WC) habrá que restarlo a la indicación del anemómetro si es viento de frente (head wind component - HWC) para obtener la velocidad del avión, o sumarlo si es viento de cola (tail wind component - TWC).

Para tener una idea más clara pongamos un ejemplo :



Supongamos que un avión vuela con dirección 10° magnéticos con una indicación en el anemómetro de 100knts, calculemos cual es la HWC y la velocidad de la nave para un viento que sopla desde 55° magnéticos a 20 mnts (fig 1 representación de vectores en color azul) y la velocidad de la nave y TWC para un viento desde 145° magnéticos a 20 mnts (fig. 1 representación en color rojo).

Ejemplo figura 1 representación en color azul.

Velocidad indicada por el anemómetro (Vi): 100 kts IAS.

Velocidad del viento (Vv): 20 knots

Dirección del viento: 55°

HWC: ¿?

TWC: no

Velocidad del avión (Va): ¿?.

Dirección del avión: 10°

El ángulo entre el sentido del viento y el eje longitudinal del avión:

$$55^\circ - 10^\circ = 45^\circ$$

HWC = $\cos a \cdot Vv$ [dónde a 45° y Vv 20 knots]

$$\cos 45 \cdot 20 = 14,14 \text{ knts}$$

Velocidad del avión $Va = Vi - HWC$

$$100 - 14,14 = 85,85 \text{ kts}$$

En este caso las velocidades se restan por corresponder a una componente de frontal

$$HWC = 14,14 \text{ kts} / GS = 85,85 \text{ kts}$$

Ejemplo figura 1 representación en color rojo.

Velocidad indicada por el anemómetro (Vi): 100 kias.

Velocidad del viento (Vv): 20 knts

Dirección del viento: 145°

HWC: no

TWC: ¿?

Velocidad del avión (Va): ¿?

Dirección del avión: 10°

El ángulo entre el sentido del viento y el rumbo al que apunta el avión supera los 90° por lo tanto es un viento de cola, calculemos el ángulo sobre la dirección de cola es decir 190° magnéticos:

$$190^\circ - 145^\circ = 45^\circ$$

TWC = $\cos a \cdot Vv$ [dónde a 45° y Vv 20 knts]

$$\cos 45 \cdot 20 = 14,14 \text{ knts}$$

Velocidad del avión $Va = Vi + \text{TWC}$

$$100 + 14,14 = 114,14 \text{ kts}$$

En este caso las velocidades se suman por corresponder a una componente de cola.

$$\text{HWC} = 14,14 \text{ kts} / \text{GS} = 144,14 \text{ kts}$$

Es importante entender que no se debe sacar el coseno de la dirección desde donde sopla el viento sino del ángulo conformado entre dicha dirección y el eje longitudinal del avión, es decir que es necesario hacer la resta entre la dirección del viento y la dirección a la que apunta el avión, siendo el resultado el ángulo buscado.

Si el resultado es menor que 90° la componente será frontal es decir HWC (head wind component) debiendo restarse a la medición del instrumento para conocer la velocidad del avión, mientras que si supera los 90° la componente será de cola es decir TWC (tail wind component) debiendo ser sumada a la indicación del anemómetro para obtener la velocidad.

En caso que la resta de las direcciones de 90° es un viento perpendicular al avión, es decir completamente transversal, en ese caso la componente longitudinal será nula y solo habrá una componente transversal igual a la velocidad del viento.

Para evitar tener que hacer esta discriminación podemos plantear una fórmula genérica que evite diferenciar si es viento de cola o de frente:

$$\text{GS} = Vi - (\cos a \cdot VV)$$

Dónde GS = velocidad del avión, VV = velocidad del viento

a = ángulo formado entre la dirección del viento y el eje longitudinal del avión.

Apliquemos esta formula al ejemplo anterior.

Ejemplo figura 1 representación en color azul.

Velocidad indicada por el anemómetro (Vi): 100 knts IAS.

Velocidad del viento (Vv): 20 knts

Dirección del viento: 55°

HWC: ¿?

TWC: no

Velocidad del avión (Va): ¿?.

Dirección del avión: 10°

$$GS = 100\text{kts} - (\cos (55^\circ - 10^\circ) \cdot 20)$$
$$GS = 85,85 \text{ kts}$$

Ejemplo figura 1 representación en color rojo.

Velocidad indicada por el anemómetro (Vi): 100 kias.

Velocidad del viento (Vv): 20 knts

Dirección del viento: 145°

HWC: no

TWC: ¿?

Velocidad del avión (Va): ¿?.

Dirección del avión: 10°

$$GS = 100\text{kts} - (\cos (145^\circ - 10^\circ) \cdot 20)$$
$$GS = 114,14 \text{ kts}$$

Recordemos, para evitar errores que el paréntesis está precedido por un signo negativo por lo que al eliminarlo cambia el signo de la expresión que contiene dicho paréntesis, es decir si el contenido del paréntesis es negativo al eliminarlo la expresión pasa a ser una suma y si el contenido es positivo la expresión final es una resta. Recuerden también que las velocidades del viento y del avión deben encontrarse en la misma unidad de medida.

El ejemplo es válido bajo el supuesto de que el viento que fue determinado en velocidad y dirección sobre el suelo, haya sido corregido con respecto a la altura de vuelo y que además se hayan hecho las diversas correcciones comentadas al principio.

El viento con la altura por lo común tiende a girar con la altura y a aumentar su fuerza.

Vale aclarar que la componente transversal del viento, en caso de existir provoca el desplazamiento lateral del avión dando como resultado el desvío en comparación a la dirección a la que este apunta, siendo la trayectoria final (derrota) la resultante de componer vectorialmente ambos movimientos, esto será tratado en otro momento.

Horizonte Artificial o Indicador de Altitud(AI).

El horizonte artificial es un instrumento giroscópico destinado a mostrar el cabeceo y el alabeo de la nave durante el vuelo.

Para entenderlo fácilmente la visión del horizonte artificial es la misma visión que se tiene del horizonte natural en un vuelo VMC (visual).

Consta de una esfera dividida en dos secciones por su línea media, la mitad inferior de color marrón y la superior de color celeste, una marcación generalmente de color rojo represente el avión visto desde atrás (fig 1).

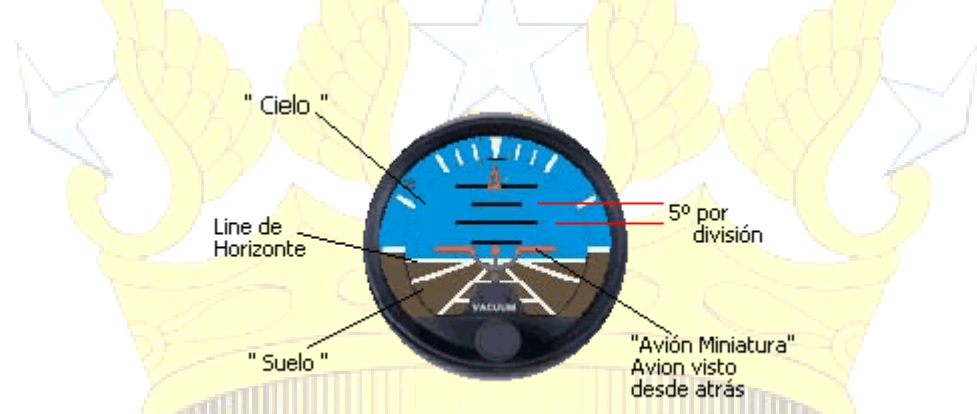


Figura 1: Horizonte artificial.

Su interpretación es sencilla si se asocian los colores con la tierra y el cielo, si el avión cabecea hacia arriba mostrará una mayor superficie de color celeste y la representación del avión se encontrará sobre esta, es decir que el horizonte desciende, tal como ocurre con el horizonte real, por el contrario si el morro baja será mayor la superficie marrón y en ella estará el avión, mientras que si son iguales y la representación del avión se encuentra sobre la línea del horizonte el avión está nivelado. La figura 2 muestra la similitud entre la visión del horizonte real y el artificial.

Se disponen también una serie de divisiones sobre ambas mitades las que permiten conocer el ángulo de cabeceo, en general salvo indicación en el mismo instrumento representan 5° por cada división.



Cabeceo hacia arriba de 5° Cabeceo hacia abajo de 5°

Figura 2: Cabeceo

Además del cabeceo, este instrumento es capaz de indicar el alabeo de la nave, al igual que en el caso anterior se verá que se comporta como el horizonte real, es decir si se alabea a derecha el horizonte se inclina hacia la izquierda y viceversa (fig 3).

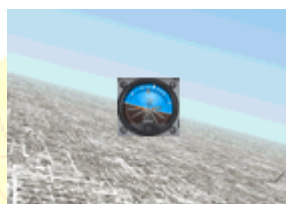


Figura 3: Alabeo a la izquierda.

Obviamente representa los movimientos que resultan de la combinación de ambos (alabeo y cabeceo) tal como lo muestra la figura 4.



Figura 4: Cabeceo de 10° y alabeo a derecha

La combinación de colores es utilizada en todos los instrumentos, aunque los instrumentos primitivos son de fondo negro con las líneas blancas.

Altímetro (ALT).

El altímetro es uno de los instrumentos denominados de toma estática o tubo Pitot y como su nombre lo indica mide la altitud a la que se está volando en relación con el nivel del mar (msl).

Es básicamente un barómetro capaz de medir la presión atmosférica fuera de la nave, para ello el sistema utiliza el Tubo Pitot.

Finalmente traduce esa presión en distancia en base a la variación de presión existente entre donde se realizó la medición y la presión a nivel del mar.

Lo que vuelve imprescindible entender que el instrumento correctamente regulado, indicará la distancia entre la altitud a la que se vuela y el nivel del mar (msl) y no la altitud sobre el terreno (agl), es decir que cuando se vuela sobre un terreno que está por encima del nivel del mar, la separación entre el avión y el terreno será igual a la resta de la altitud que mide el instrumento menos la altura del terreno sobre el nivel del mar.

Por ejemplo si el altímetro indica 7000 ft y se sobrevuela un terreno que se encuentra a 3000 ft sobre el nivel del mar, la separación entre avión y suelo será de solo 4000 ft, como verán este hecho hay que tenerlo en cuenta a la hora de volar para conseguir una altura suficiente que permita evitar los obstáculos o bien planificar una ruta que nos permita esquivarlos.



Figura 1: Altímetro del panel del Concorde en Flight Simulator 2000

En la figura 1 se muestra el altímetro que equipa el panel del Concorde, que no es muy similar al del resto de los paneles.

Consta de una aguja que en este caso marca principalmente los centenares de pies, en este caso para medir los miles y diez miles es necesario observar el indicador digital, el que mostrará la altitud con mayor precisión (incluye centenas, decenas y unidades). Otros instrumentos están equipados con una segunda aguja más pequeña (fig 2) que es la que muestra los millares y una indicación para cada diez mil pies.

Sobre el ángulo inferior derecho se presenta en este caso un selector que permite seleccionar entre el tubo Pitot normal y el de reserva si el avión utilizado lo posee.



Figura 2: Altímetro de dos agujas.

Como se comentó, es fundamental para el correcto funcionamiento del instrumento un correcto seteo de las presiones de referencia, para ello se utiliza el botón en el ángulo inferior izquierdo, en el que al posar el mouse sobre él se verá aparecer la manito con los signos "+" y "-", aunque puede hacerse también desde el menú Aircraft de Flight Simulator.

Es necesario setear al instrumento con la presión correcta, dato que se entrega en los informes meteorológicos y en FS también lo pueden saber por medio de la opción de clima que poseen las distintas versiones del simulador. Esta presión se la conoce como **QNH**

Recuerden que la presión a la que se lo setea y que es dato es presión MSL es decir a nivel del mar, por lo tanto al estar parado en la pista el altímetro indicará la altitud que tiene el aeropuerto.

Esto se mantiene por debajo de cierta altitud para tener precisión en las maniobras, pero hay que tenerlo en cuenta por posibles obstáculos, pues la tierra está más alta que el nivel del mar.

Durante un vuelo largo, lo antedicho obligaría a corregir permanentemente la presión de seteo (calaje) del altímetro complicando todo, por ello a partir de cierta altura se cambian los seteos de presión a 1013 hPa (hectopascales) si es sistema métrico, o su equivalente de 29,92 hg (pulgadas de mercurio) operando desde allí un nuevo reglaje altimétrico, denominado **Nivel de Vuelo (Flight Level - FL)**, sobre él volveremos más adelante en este tutorial.

Los procedimientos indican que siempre a partir de los 18000 pies msl siempre se opera en niveles de vuelo, muchas veces se opera ya en niveles de vuelo mucho antes de esa altitud, variando esto con las reglamentaciones de cada país, esto permite que los controladores ordenen mejor el tránsito aéreo, al asegurarse que todos los pilotos tienen la misma regulación en el altímetro

En la parte inferior del cuadrante aunque puede estar en otro lugar, se ven dos indicadores de dígitos los que indican la presión de seteo (calaje) en este caso, el de la izquierda en pulgadas de mercurio y el de la derecha en hectopascales, ambos equivalentes pero en sistemas de medida distintos (métrico e inglés).



**Figura 3: Altímetro panel de
Boeing 737
en Flight Simulator**

En algunos instrumentos pueden encontrar otros controles (fig 3), especialmente uno con un triángulo naranja, si está activo, pues no todos los paneles lo tienen permite setear la altitud de activación de la alarma de proximidad de tierra.

Altura, altitud y niveles de vuelo.

Si bien para muchos este tema puede resultar obvio y conocido, para otros no tanto. De todas formas, dado, el seguido cambio en los reglajes altimétricos que se dan durante el vuelo instrumental, no está demás darle un repaso.

Recordemos que el altímetro es en realidad un barómetro que mide la presión a la que se encuentra el instrumento en comparación con otra de referencia, para luego convertir la medición en pies.

Existe una altura de transición que es reglamentada por cada región en base a la altura de la superficie en las distintas regiones.

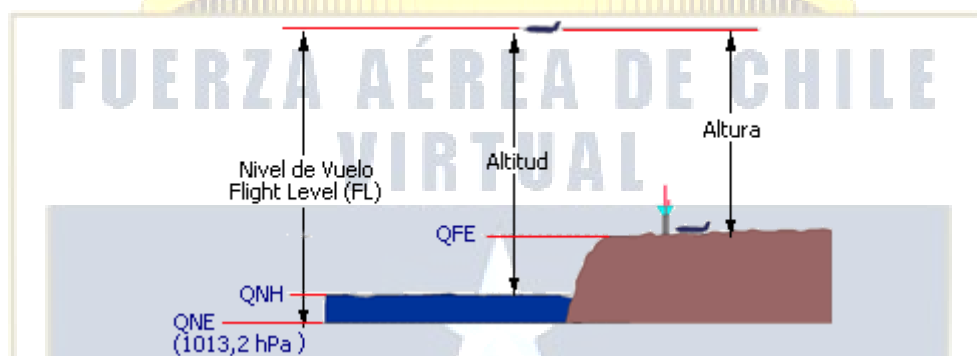


Fig 1: Altura, altitud y nivel de vuelo.

Por encima de esta transición se utilizan los niveles de vuelo (FL), para que el altímetro utilice los niveles de vuelo es necesario que la presión de referencia del instrumento esté regulada a **1013,2 mb**, presión denominada **QNE**.

Básicamente, el FL correspondiente también se mide en pies, pero se expresa de otra forma como un método de diferenciación, normalmente se verá una expresión con el formato FL 030 o FL 230 lo que equivale a una medición de 3000 pies en el altímetro regulado a 1013,2 mb en el primer caso y 23000 en el segundo. En concreto a la cifra se la debe multiplicar por 100.

Al volar, si mantenemos constante el FL el avión volara por altitudes de igual presión, es decir que lo constante será la presión y no la altitud, el avión subirá o descenderá según varíe la presión atmosférica.

Por debajo de la transición, para tener precisión y seguridad en cuanto a la altura desde el suelo, se utiliza directamente la altitud, para ello, se regula el altímetro a la presión atmosférica a nivel del mar en el aeropuerto buscado, esta presión se la conoce como **QNH** y es la presión que suele entregarse como información en los METAR y diversos informes meteorológicos.

En el aeropuerto, con el altímetro regulado a **QNH** el instrumento indicará la altitud que tiene dicho aeropuerto respecto al nivel del mar.

La presión **QFE** es la presión atmosférica en el aeropuerto, es decir que si se regula el altímetro a esta presión, el indicará 0 pies cuándo estemos parados en la pista.

Como es lógico según la derrota (trayectoria) que se sigue se determinan los FL correspondientes de acuerdo con las reglamentaciones de las autoridades pertinentes, Estas pueden sufrir variaciones con cada país por lo que lo correcto es informarse con la autoridad correspondiente, pero en general el formato respetado internacionalmente se muestra en la figura 2:

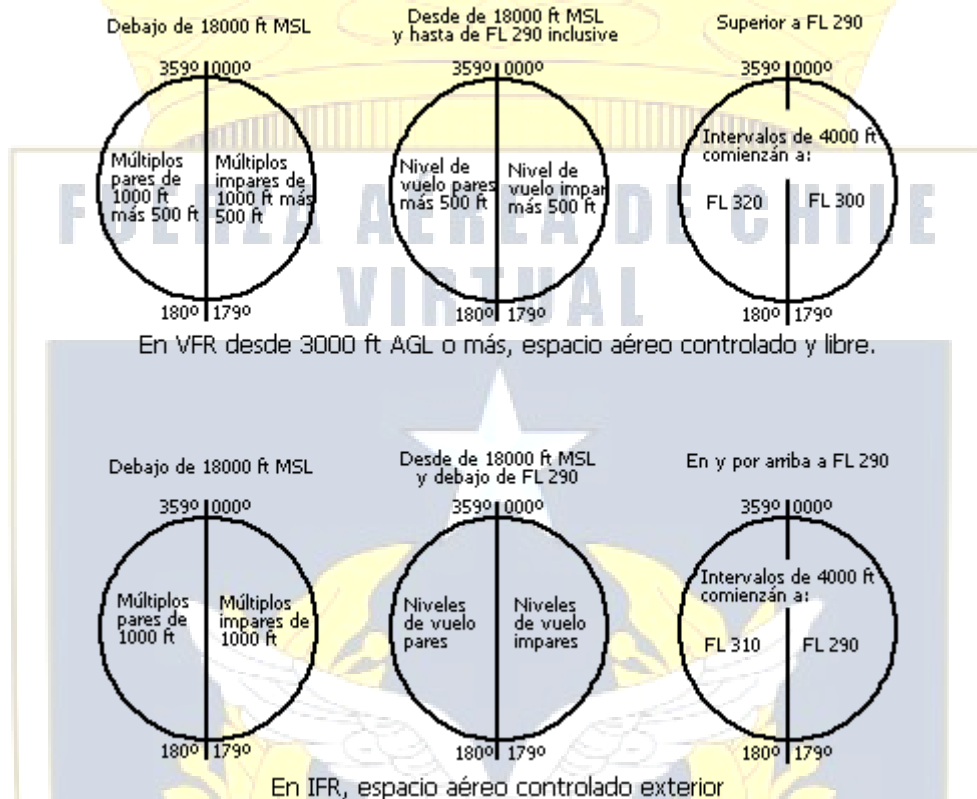


Figura 2: Altitudes y niveles de vuelo de acuerdo al rumbo.

Independientemente del país del que se trate, todos respetan ese esquema por lo que siguiéndolo en general se cumplirá con las reglamentaciones, aclaremos que los rumbos son magnéticos.

Chile es un caso especial, el cuadro de altitudes y niveles de vuelo para VFR e IFR es el mostrado en las tablas siguientes:

Tabla de FL para vuelos IFR		
Espacio Aéreo Inferior	Derrota	
	de 030° a 209° FL	de 210° a 029° FL
Las separaciones mínimas son de 500 pies, quedando intercalados vuelos VFR.		
	30	40
	50	60
	70	80
	90	100
	110	120
	130	140
	150	160
	170	180
	190	200
	210	220
Separación Espacio Inferior-Superior FL245	230	240
Espacio Aéreo Superior	250	260
	270	280
	290	310
	330	350
	370	390
	410	430
	450	470
	490	510
	+4000'...+4000'	+4000'...+4000'

A partir del FL 290 las separaciones son de 2000 pies



FUERZA AÉREA DE CHILE

Tabla de FL para vuelos VFR.

Espacio Aéreo Inferior	Derrota	
	de 030° a 209°	de 210° a 029°
Vuelos VFR prohibidos sobre FL200 (a menos que autoridad competente lo autorice)	FL	FL
	35	45
	55	65
	75	85
	95	105
	115	125
	135	145
	155	165
	175	185
	195	Vuelos VFR prohibidos.
Están prohibidos vuelos por debajo de los 150m de altura y VFR por encima de FL 195.	Vuelos VFR prohibidos.	Vuelos VFR prohibidos.



Indicadores de régimen de virajes (TI , TC).

Cuando se realiza un viraje, especialmente en vuelo visual, es necesario saber cuánto hay que virar, o más vale decir en realidad que curva se hará o ya se hizo. Para ello se dispone de o bien un indicador de giros o bien de un coordinador de giros, que en realidad no son muy diferentes.

TI Turn Indicator (Indicador de virajes):



Figura 1: Indicador de virajes.

En la figura 1 se muestra el indicador de giros o indicador de virajes, que encontrarán por ejemplo en el panel del Extra 300.

Consta de una aguja que indica el régimen de viraje que se está sosteniendo, nótese que en la parte inferior se encuentra la indicación "2 MIN TURN" y en la parte superior dos marcaciones que se encuentran calibradas en su posición.

Cuando la aguja se posiciona sobre una de ellas, ya sea a izquierda si se vira a la izquierda y sobre la derecha si se vira a derecha y se mantiene allí se completará un giro completo en un tiempo de 2 minutos.

Es decir que cuando la aguja se encuentra señalando una de las indicaciones se completará un giro en el tiempo que señala el instrumento.

TC Turn Coordinator (Coordinador de giros):

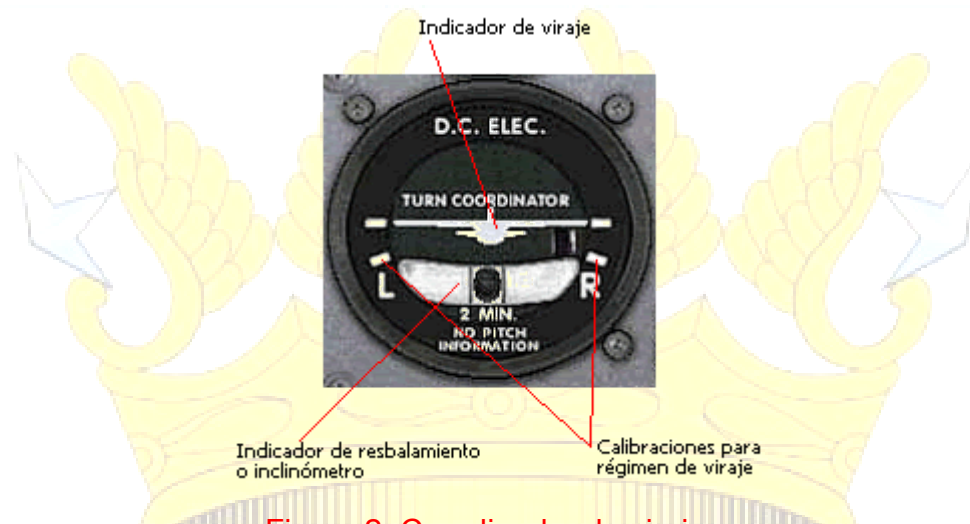


Figura 2: Coordinador de virajes.

Como puede verse en la figura 2 el coordinador de giros o coordinador de virajes es similar al anterior, salvo por que este instrumento muestra además del régimen de viraje, el régimen de alabeo.

La diferencia radica en que al presentar una aguja, el instrumento trae un avión miniatura que se inclina para el lado que se alabea.

Como en el anterior, cuando las alas del avión miniatura alcanzan las marcas calibradas, el avión dará un giro completo en 2 minutos.

Inclinómetro o indicador de resbalamiento:

En los dos instrumentos, en la parte inferior del cuadrante puede verse un tubo de vidrio con una bola en su interior, a este dispositivo se lo llama "inclinómetro o indicador de resbalamiento" o simplemente la "bola".

Este indica el grado de coordinación entre los alerones y el timón de dirección durante un viraje.

En un viraje se acciona los alerones y el timón de dirección principalmente, la bola indica cual es el equilibrio entre las fuerzas de estas superficies, siendo tres las situaciones posibles, el giro coordinado, el resbalamiento y el derrape mostrados exageradamente en la figura 3.

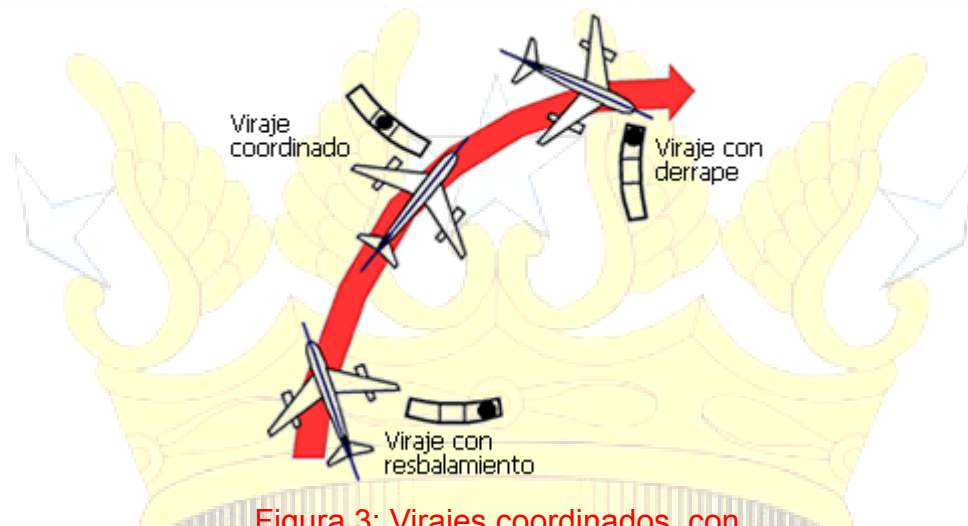


Figura 3: Virajes coordinados, con resbalamiento y con derrape.

El resbalamiento se produce cuando la guiñada es escasa en relación con el alabeo, para solucionarlo se pueden reducir los alerones o mejor aplicar más timón de dirección para el lado de la curva, el derrape será mostrado en el inclinómetro por el desplazamiento de la bola hacia el lado interno de la curva, en el sentido del ala que esta caída. Por el contrario, el derrape implica una excesiva acción del timón de dirección en relación con los alerones, para solucionarlo habrá que disminuir el alerón reduciendo el pedal del lado de la curva, en este caso se verá el desplazamiento de la bola hacia el lado exterior de la curva, hacia el lado del ala alta, cuando la bola se encuentra entre las marcas el giro está coordinado.

Los regímenes de giro siempre se miden en grados de brújula recorridos por segundo, siendo los regímenes estándar para aviones pequeños de 3° por segundo, mientras que para los grandes de 1,5° por segundo.

Como se dijo cuando los indicadores se mantienen en las marcas la aeronave realiza un viraje de 360° en 120 segundos (2 minutos), lo que implica 3° por segundo, a esto se le conoce viraje estándar.

Un avión rápido, en un viraje describe un círculo más amplio, es decir vira menos para la misma distancia recorrida, debiendo inclinar más la aeronave para completar el viraje en ese tiempo. Por el contrario, cuanto más baja es la velocidad menor será el radio de la circunferencia, debiendo reducirse el alabeo para no terminar el giro demasiado pronto.

Una forma de determinar el ángulo de alabeo es:

$$\text{Ángulo de alabeo} = (\text{Velocidad del avión} / 10) + (\text{Velocidad del avión} / 10) \cdot 1 / 2$$

Por ejemplo para un avión que vuela a 100 kias el ángulo será:

$$\text{Ángulo de alabeo} = (100 / 10) + (100 / 10) \cdot 1 / 2 \text{ o sea : } 10 + 5 = 15^\circ$$

Un método rápido para estimar el ángulo de alabeo, consiste en a la velocidad indicada por el anemómetro, quitarle el último dígito y luego al número que queda sumarle 5, por ejemplo para un avión con una velocidad de 120 kias, para realizar un viraje estándar necesita un ángulo de:

$$12 + 5 = 17^\circ$$

Como se habrán dado cuenta entre este último método y la fórmula expresada más arriba no tendrán coincidencia en sus resultados, siendo mayor cuanto mayor sea la velocidad. Vale aclarar que este es un resultado aproximado que en general funcionará, pues cuanto mayor sea la velocidad mayor el alabeo para un giro estándar, lo que no siempre es posible, no pudiendo realizar el giro estándar.

En general no es conveniente sobrepasar los 25° de alabeo, como exceso 30° , esto provoca un importante limitación en aviones grandes y veloces, siendo imposible realizar este tipo de viraje, de allí la diferenciación de 3° y $1,5^\circ$ por segundo antes comentada.

Indicador de rumbo o giróscopo direccional (DG).

El giróscopo direccional al igual que una brújula, señala el rumbo magnético en el que se vuela.

Durante el vuelo se utiliza este instrumento por sobre la brújula pues presenta la ventaja de no tener oscilaciones en su indicación ni aún durante turbulencias, cosa que no ocurre con la brújula.



Botón de calibración
de indicación de rumbo

Botón de selección
de rumbo

Es preciso, para su correcto funcionamiento el calibrar con relación a la brújula, la primera calibración se realiza antes de despegar para que el giróscopo direccional indique el mismo rumbo que la brújula.

Con el tiempo, durante el vuelo el DG va perdiendo su precisión o exactitud en la indicación, a este se lo llama **decalaje giroscópico (Gyro Drift)**, por lo que se

hace necesario recalibrar el instrumento durante el vuelo para que mantenga la misma indicación que la brújula.

Hay que tener la precaución que cada calibración se realice con vuelo recto y nivelado, lo que evita las oscilaciones de la brújula, asegurando la lectura correcta, siendo aconsejable hacerlo cada 15 o 20 minutos.

Para realizar la calibración, el instrumento dispone de una perilla como se ve en la figura 1 con ese fin, al posar el mouse sobre ella aparecerá la mano con el signo "+" o "-".

Flight Simulator trae la opción de sufrir el decalaje giroscópico o no (menú Aircraft Setting / Reliability / Gyro Drift), si está activada al pulsar la tecla "D" también se producirá el calibrado del instrumento.

El botón en el ángulo inferior derecho con la indicación "HDG" selecciona el rumbo sobre el que se va a volar, al igual que en el caso anterior también aparecerá la manito cuando el mouse esté sobre el.

Al hacer click sobre él se desplazarán por el perímetro del cuadrante, la marca roja en forma de triángulo, si está activa la opción "HDG" en el piloto automático el avión mantendrá el rumbo que esta marca indica.

Indicador de velocidad vertical o Variómetro (VSI).

Este instrumento mide la velocidad con que se asciende o desciende en pies por minuto.

Es un instrumento de toma estática o tubo Pitot, para determinar la velocidad vertical mide la presión en el exterior de la nave.



Figura 1: Indicador de velocidad vertical

Para ello, constructivamente consta de una carcasa en dónde se recibe el aire del exterior, es decir que el aire se encuentra a la presión externa al avión denominada presión estática. Alrededor de la carcasa hay un fuelle que también se encuentra a la presión exterior, como es evidente ambas son iguales y el instrumento marcará cero, es decir que se vuela nivelado, sin ascenso o descensos.

En el fuelle se dispone de un tubo capilar calibrado lo que causa un retardo en las variaciones de presión de dicho fuelle, cosa que no ocurre en la carcasa.

Al ascender o descender la presión sufre variaciones, que son transmitidas inmediatamente a la carcasa, pero por acción del tubo capilar se presentan con retraso en el fuelle, de la comparación entre las dos presiones se obtiene el régimen de ascenso o descenso.

El instrumento tiene también un retardo en la indicación de las variaciones de entre 6 a 9 segundos, además puede presentar oscilaciones en presencia de turbulencias por lo que su precisión y exactitud es muy relativa, debiendo usarse prácticamente para observar tendencias, es decir si los regímenes de ascenso o descenso son crecientes o si se han reducido o incluso estabilizado.

En la mayoría de los casos en un vuelo instrumental, los ascensos y descensos se realizan a cierta velocidad y uno se conforma con el régimen de velocidad vertical que salga.

Indicador Automático de dirección (ADF).

Automatic Direction finder.

El ADF, también conocido como Radiogoniómetro automático es un instrumento destinado a proveer una guía para la navegación, opera como un receptor de radio, capaz de captar frecuencias entre 200 y 1600 Khz.

Estas frecuencias corresponden a las bandas de baja y media frecuencia por lo que la recepción no variará con la altitud de vuelo.

El sistema del ADF del avión opera en conjunto con una estación de tierra denominadas **NDB (non directional radio beacon)** que es la encargada de emitir la señal de radio correspondiente, en el avión se disponen una antena de lazo, en forma de bucle, con la capacidad de girar y otra direccional.

Cuando se recibe señal desde un NDB, sobre la antena de lazo se induce una corriente eléctrica sobre la misma, alcanzando distintos valores entre las puntas de dicha antena según su orientación, por ejemplo si la orientación del lazo es paralela a la onda las tensiones entre sus puntas serán diferentes, mientras que si el lazo es perpendicular las puntas se verán afectadas de igual manera dando una diferencia de potencial nula y por ende no se induce ninguna corriente. A esta posición se la denomina "posición nula" y es cuando la señal está pasando directamente por el lazo.



Figura 1: Indicación del ADF

De esta forma puede determinarse el sentido de la señal, pero no se sabe si viene desde adelante del lazo o desde atrás, este dato lo determinan las antenas direccionales, para luego componiendo ambos resultados el instrumento señale la estación NDB correspondiente (fig 1).

Como se dijo, es principalmente un receptor de radio por lo que su seteo se hace desde el equipo de radio correspondiente, marcado como ADF y mostrado en la figura 2.



Figura 2: Equipo radiorreceptor del ADF

En Flight Simulator, conociendo las frecuencias de las estaciones NDB no tendrás trabajo para sintonizarlas pues al posar el mouse sobre cada uno de los dígitos aparecerá la conocida manito con el signo "+" lo que hará subir ese dígito hasta alcanzar el deseado, esta operación debe repetirse con cada dígito, no presentando en FS otras funciones. La otra opción es utilizar el menú "aircraft".

Una vez seleccionada la frecuencia correcta y dentro del alcance de la estación NDB se verá la indicación en el instrumento correspondiente similar al de la figura 3.



Figura 3 : ADF de esfera móvil

Este instrumento puede presentarse de 3 formas a saber:

RBI (Relative bearing Indicator) o ADF de esfera fija.

También se lo conoce como "indicador de marcación relativa" se parece mucho al giróscopo direccional, pero el norte en este instrumento siempre estará hacia arriba, es decir que siempre estará fijo, de allí el nombre de esfera fija.

Pongamos un ejemplo para ver cómo funciona un RBI, supongamos que volamos al sudoeste de un NDB que ya sintonizamos con rumbo 240° y el ADF nos da una marcación en el RBI de 40° a la izquierda es decir 320° , a esta se la conoce como "marcación relativa".

Los libros dicen que :

$$\text{Marcación Relativa} + \text{Rumbo Magnético} = \text{Marcación Magnética} \\ (MR + RB = MB)$$

Siendo así la expresión quedaría :

$$320^\circ + 240^\circ = 560^\circ$$

Para pasar a rumbo magnético se resta 360° queda :

$$560^\circ - 360^\circ = 200^\circ$$

200° será la derrota a seguir para alcanzar la estación NDB sin considerar el viento presente, en caso que la marcación se desde la estación a los 200° se le deben restar 180° quedando 20° .

En forma mas practica que este método es la de trabajar en conjunto con el giróscopo direccional, transportando a este la deflexión de la aguja del ADF y se verá al hacer esto que quedará indicando los 200° que hubo que calcular antes, para volar desde solo hay que mirar la cola de la aguja del RBI.

RMI (Radio Magnetic Indicator) o Indicador Radio Magnético.

Este instrumento funciona igual que el RBI, pero en este la esfera o cuadrante también gira de la misma forma que lo hace el giróscopo direccional, por lo que

la marcación que el RMI entrega es directamente la derrota magnética hacia la estación NDB correspondiente.

Los paneles del Lear Jet y del Boeing 737 en Flight Simulator traen este tipo de instrumento, el que además viene equipado con una segunda aguja que funciona con otro tipo de estaciones y conforma otro tipo de navegación conocida como VOR.

ADF de esfera móvil.

Este instrumento (fig 3) resulta ser una mezcla de RBI y RMI, la esfera o cuadrante gira de modo que el norte no es fijo, pero a diferencia del RMI no lo hace automáticamente, es decir que hay que ajustarla a mano.

Para ello se encuentra un botón en la parte inferior izquierda marcado como HDG al posar el Mouse sobre él otra vez aparecerá la mano con los signos "+" o "-" para hacer el ajuste correspondiente.

En forma general en los paneles de FS este es el instrumento que viene en forma estándar.

Indicador Acimutal Automático (OBI).

Omni Bearing Indicator.

El OBI es también un instrumento destinado a proveer guía en la navegación aérea. Para ello operan conjuntamente equipos en el avión y en la tierra.

Para funcionar debe encontrar instalada y fija en tierra una estación transmisora del tipo VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range - Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia), que son hoy las más difundidas y utilizadas.

La estación VOR genera 360 rutas electrónicas (fig 1), cada una de las cuales tienen su origen en la estación pudiendo volar sobre ellas directamente hacia la estación o desde ella. A cada una de las rutas electrónicas se las denomina Radiales y cada una está alineada con un grado específico de la brújula, de modo que los 0° coinciden con el norte, los 90° con el este, 180° el sur y 270° el oeste.

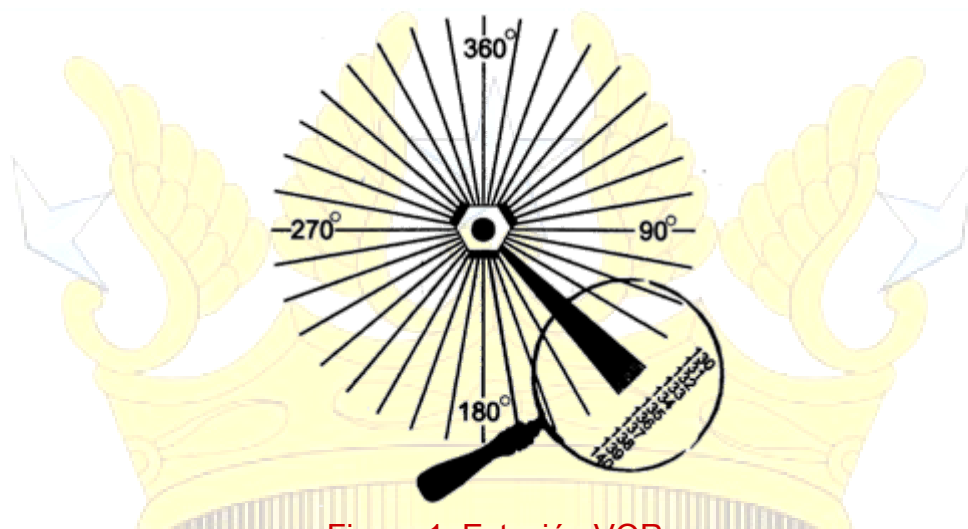


Figura 1: Estación VOR

Las estaciones VOR operan en la banda de muy alta frecuencia, utilizando rangos que van desde 108,0 a 118,0 MHz, viéndose su alcance afectado por la altitud, variando proporcionalmente con ella, es decir a mayor altitud mayor alcance.



Figura 2: Receptores VOR (NAV 1 y NAV 2)

En el avión se encuentran instalados los receptores (fig 2), encontrarán dos equipos señalados con la sigla "NAV", ellos son los encargados de sintonizar las transmisiones de la estación de tierra, en Flight Simulator se puede sintonizar la frecuencia desde el menú de comunicaciones, o en forma más rápida y fácil con el mouse, haciendo clic sobre cada uno de los dígitos.

Se presentan dos equipos pues suele haber instalados dos equipos VOR uno primario (NAV 1) y principal y uno secundario (NAV 2).

El instrumento que mostrará al piloto las radiales es el OBI (Omni Bearing Indicator) mostrado en la figura 3.



Figura 3: OBI

El elemento más notorio es el indicador de desviación de rumbo o CDI (Course Deviation Indicator), se trata de una aguja que se desvía según la ubicación de la radial seleccionada, es decir que si se desvía a izquierda la radial estará a la izquierda como en la figura, si lo hace a derecha la radial estará a la derecha siempre y cuando se esté volando hacia la estación VOR. Si el CDI se encuentra centrado se está volando sobre la radial seleccionada.

La bandera o indicador TO-FROM (Hacia-Desde) en FS se puede presentar de dos formas, una directamente con carteles de TO (hacia) y FROM (desde) según se vuele hacia el VOR o desde el mismo

La segunda forma es con flechas como en la figura, si esta esta apuntando hacia arriba indica que se vuela hacia el VOR mientras que si lo hace hacia abajo se está volando desde la estación

En ciertos momentos del vuelo, cuando no se recibe señal o cuando se pasa sobre la estación el instrumento no puede distinguir si se vuela hacia o desde la estación en ese caso la indicación es nula (OFF) presentándose con una banda blanca con rayas rojas en el indicador TO-FROM.

Dos indicadores de rumbo señalan, el superior la radial seleccionada y el inferior el rumbo de la radial opuesta a esa, El mando denominado OBS (Omni Bearing Selector)es el que permite seleccionar el rumbo, para ello en FS utilice el mouse de igual forma que en los casos anteriores.

Siempre que se vuele hacia una estación VOR y se desee interceptar una radial determinada, habrá que virar hacia el lado que se desvía la aguja, es decir si el CDI se inclina a la derecha, habrá que girar a la derecha. Pero qué pasa si se vuela desde el VOR.



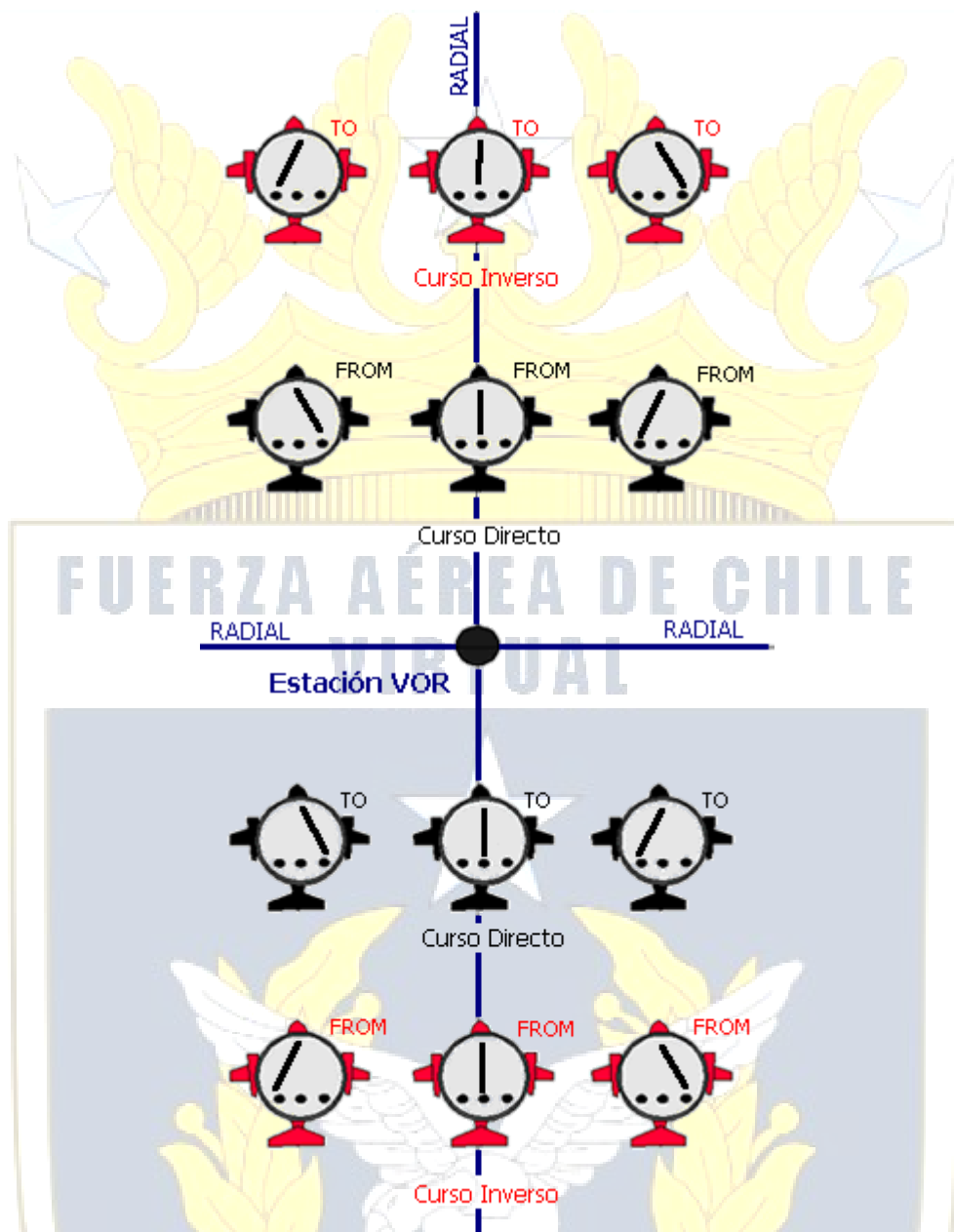


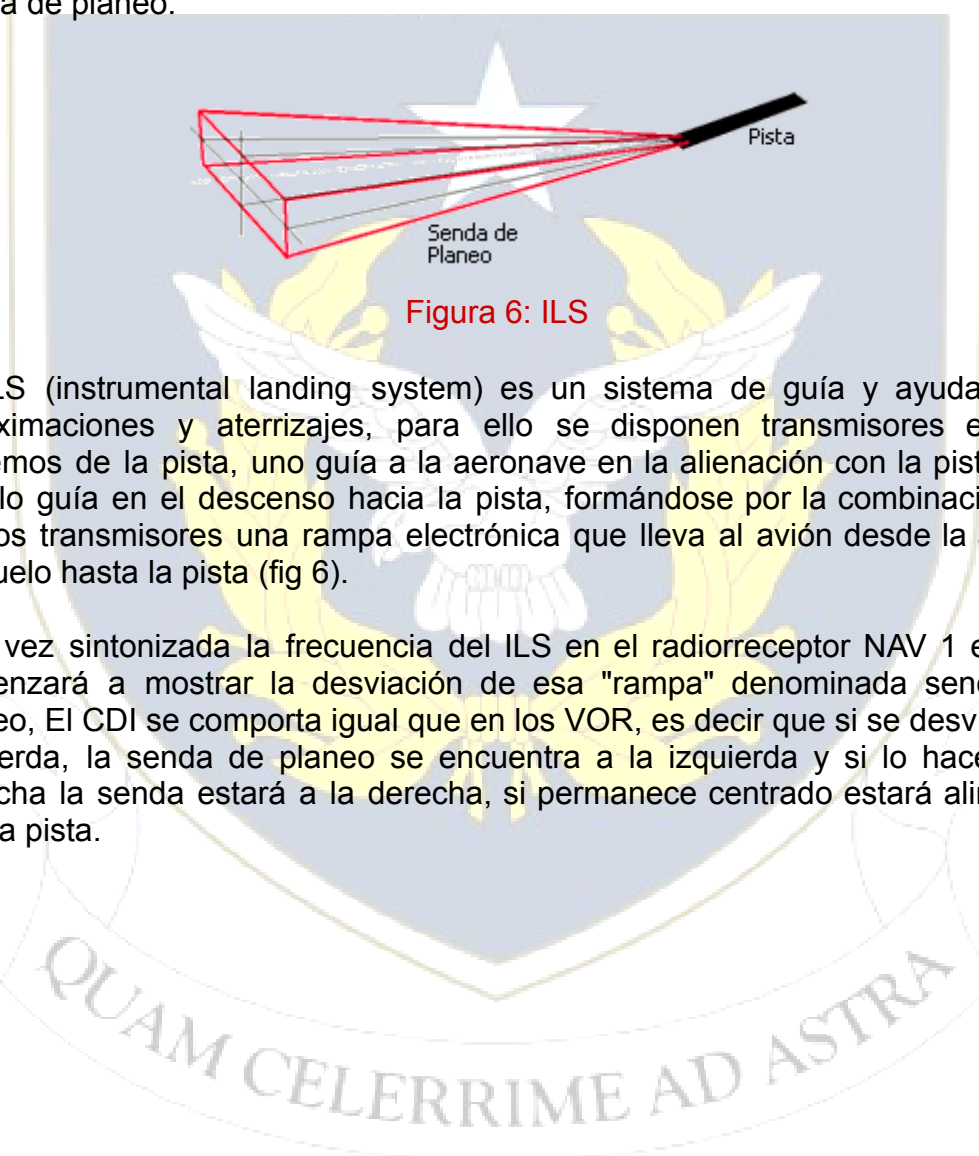
Figura 4: Indicaciones del OBI, los aviones negros siguen curso directo y los rojos inverso, notese las diferentes indicaciones del instrumento

En principio aparecerá el indicador TO-FROM con la flecha hacia abajo o la indicación FROM y la desviación correspondiente en el CDI, pero a diferencia del caso anterior en este caso la indicación estará también invertida, es decir, si el CDI se desvía a derecha (fig 4), para interceptar la radial hay que virar a izquierda y viceversa, si se vuela sobre la radial la aguja permanecerá centrada.

En la práctica no tiene mucho sentido volar por rumbo inverso, pues no hay porqué seleccionar un rumbo y luego volar por el inverso, a excepción de tratarse del caso de aproximaciones instrumentales por rumbo inverso, llamadas aproximaciones por Back Course, que se verán más adelante.



El OBI mostrado en la figura 3 es una variante, generalmente instalado como secundario (NAV 2), otra variante, el principal, posee una aguja extra en posición horizontal (fig 5), la que se utiliza en aproximaciones por el sistema ILS (Instrumental Landing System) destinada a indicar la desviación de la senda de planeo.



El ILS (instrumental landing system) es un sistema de guía y ayuda para aproximaciones y aterrizajes, para ello se disponen transmisores en los extremos de la pista, uno guía a la aeronave en la alineación con la pista y el otro lo guía en el descenso hacia la pista, formándose por la combinación de ambos transmisores una rampa electrónica que lleva al avión desde la altitud de vuelo hasta la pista (fig 6).

Una vez sintonizada la frecuencia del ILS en el radioreceptor NAV 1 el OBI comenzará a mostrar la desviación de esa "rampa" denominada senda de planeo, El CDI se comporta igual que en los VOR, es decir que si se desvía a la izquierda, la senda de planeo se encuentra a la izquierda y si lo hace a la derecha la senda estará a la derecha, si permanece centrado estará alineado con la pista.



Figura 7: Indicación del OBI durante una aproximación ILS

El indicador de senda de planeo (es el CDI en posición horizontal) marcará si la senda está arriba inclinándose hacia arriba o hacia abajo si la senda está por debajo de la altitud a la que se vuela, si permanece centrada estarás justo sobre la senda. En la figura 7 la senda de planeo está ubicada arriba y a la derecha.

Generalmente a todo este sistema se lo denomina VOR sin entrar en complicaciones de nombres como OBI o NAV, y por lo general en los paneles de FS lo encontrarás también por ese nombre.

Equipo Medidor de Distancia (DME). Distance Measuring Equipment.

Como su nombre lo indica, este equipo mide la distancia a la que el avión se encuentra de un equipo de tierra en un punto fijo.

El equipo fijo está asociado a una estación VOR, y el receptor DME en el avión se sintoniza solo al sintonizar dicha estación.

Para medir la distancia el DME a bordo del avión emite una señal hacia el equipo de tierra, este le responde con un pulso, para luego por la duración que tuvo el ciclo puede calcularse la distancia, la velocidad respecto a tierra y el tiempo en alcanzar la estación.



Figura 1: Equipo DME

Cuando se tienen sintonizados dos VOR en los receptores NAV 1 y 2, si ambas estaciones tienen equipos DME funcionando se podrá medir la distancia, velocidad y tiempo a cada una de ellas, para ello el DME de a bordo posee un selector (fig 1) de NAV 1 o NAV 2, el que conmuta en FS por acción del mouse o con las teclas CTRL 3 para NAV 1 y CTRL 4 para NAV 2.

Aclaremos que la velocidad indicada por este instrumento es respecto a tierra (GS) pues este sistema no se ve influenciado por el viento, a diferencia de lo que ocurre con el anemómetro.

Si bien el instrumento es confiable y facilita el trabajo evitando tener que tomar tiempos y realizar cálculos, hay que tener en consideración ciertos factores de error del instrumento.

Principalmente los valores de velocidad y tiempo son confiables en la medida que se esté volando sobre una radial emitida por la estación VOR.

En lo que respecta a la distancia, hay que considerar que el instrumento mide la distancia en línea recta entre el morro del avión y la estación de tierra por lo que se ve afectada por el nivel de vuelo o altitud como muestra la figura 2.

Por ejemplo, en el momento en que se pasa sobre la estación se tiene una elevación sobre esta de 6000 ft, el DME indicará una distancia al vor de 1 nm.

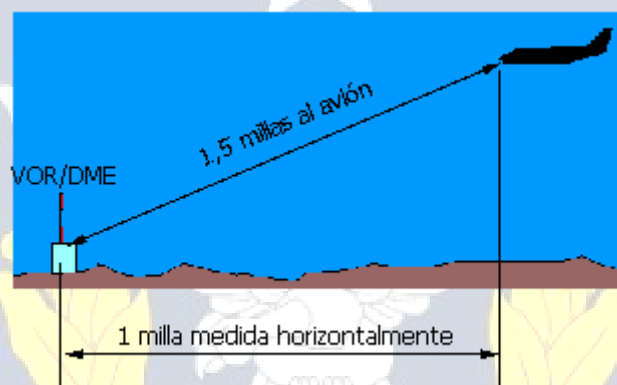


Figura 2: Medición de distancia por DME

Este es el motivo por el cual cerca de la estación el error es importante, mientras que lejos de la estación o volando a baja altitud el error disminuye. El error se hace despreciable si se está a más de 1 nm por cada 1000 ft de altura sobre la elevación de la estación VOR/DME.

Brújula magnética Magnetic Compass.

Todos saben que es y cómo funciona la brújula, se trata de una aguja que al estar magnetizada señala siempre el norte magnético, lo que no muchos saben es de ciertos errores que tiene el instrumento y que puede sacar de quicio al más tranquilo de los pilotos si no los considera.

Por empezar aclaremos que los polos geográficos y los polos magnéticos no son coincidentes, la brújula señalará los magnéticos, este es un factor de error que toma importancia si se llegará a volar cerca de los polos pero no es de mucho peso si uno está alejado de ellos.



Figura 1: brújula magnética

Más importantes son otros comportamientos que se dan cuando se hacen correcciones o virajes y que provocan una desestabilización del instrumento, veamos cómo se comporta la brújula en el Hemisferio Sur del planeta.

Si se está volando con un rumbo Norte (N) y se inicia un viraje a este (E) u al oeste (O o W), se verá que la brújula exagera el viraje, es decir que muestra un viraje más rápido al inicio que lo que es realmente, volviéndose más precisa a medida que se alcanzan los puntos E u O.

Por el contrario si el rumbo que se lleva es Sur (S) y se inicia el viraje o bien hacia E o bien hacia O, inicialmente la brújula indicará un giro opuesto al que se realiza, es decir si se vira hacia el E la brújula indicará al comienzo un viraje hacia el O y viceversa, corrigiendo el error al llegar al E u al O.

En pocas palabras si se vuela con rumbo N la brújula exagera el giro, por el contrario si el rumbo es S la indicación se opone al giro real, una regla mnemotécnica para recordar esto es la palabra SONE, se sur - opuesto, norte - exagerado.

Estos errores no se producen cuando se vuela con rumbos este u oeste, en cambio si se producen errores de aceleración y deceleración que no ocurren con rumbos norte o sur.

Si se vuela hacia el E y se reducen gases para perder velocidad la brújula mostrará una deflexión hacia N , si en cambio se acelera lo hará hacia el S, hasta que se establezca la velocidad. De igual forma se comportará si el rumbo es O.

Cuando se lleva un rumbo N y se vira hacia el E por ejemplo, cuando la indicación de la brújula sea la de E, estaremos volando con ese rumbo, pero si es al revés, es decir se vuela con rumbo E y se vira hacia el N la indicación se comienza a adelantar, si enderezamos cuando la indicación de la brújula señala el N en realidad estaremos volando con rumbo noreste (NE), hecho que será mostrado por la brújula al estabilizarse, la diferencia puede verse claramente en la figura 2 en donde se compara las marcaciones con el RMI.



Figura 2: Diferencia entre RMI y la brújula en un giro Este - Norte.

Para corregir esto será necesario dejar pasar la indicación de N en la brújula, que para una latitud similar a la que se encuentra la Ciudad de Buenos Aires es de casi 30° y al enderezar y estabilizarse la brújula está indicará N.

Si se lleva rumbo S y se vira hacia el E u O cuando la brújula indique E u O según corresponda se volará en ese rumbo, pero a la inversa es decir por ejemplo de E se vira al S la indicación se retrasa, es decir que si enderezamos para que la brújula señale el S, terminaremos volando con rumbo sudoeste (SO), para corregirlo es necesario enderezar antes, por ejemplo para la Ciudad de Buenos Aires será necesario hacerlo cuando la brújula indique casi 30° antes, pues esa es la diferencia que suele aparecer para esta latitud, ver figura 3.



Figura 3: Diferencia entre RMI y la brújula en un giro Este - Sur.

Lo descrito recientemente rige también para virajes iniciados desde el O.

El nivel de error que tiene la brújula depende directamente de la latitud, por ejemplo, si se vuela sobre la ciudad de Buenos Aires que tiene latitud 34° con rumbo 270° y se vira por brújula a 180° sin utilizar el giroscopio direccional, en principio adelantará la salida del viraje una cantidad de grados igual a la mitad del ángulo de alabeo. Si el ángulo de alabeo es de 20° , se adelanta la salida en 10° es decir a 170° se empezaría a enderezar, pero para compensar el error de brújula que en este caso se retrasa se resta los 34° dando 136° , a partir de allí deberías comenzar a enderezar.

Si en cambio se girará hacia 360° sería menos 10° por alabeo más 34° del error de latitud que en este caso se adelanta, se debería iniciar la salida del viraje a los 24° .

Desde luego que los RMI o los giroscopos direccionales no presentan estos problemas por lo que es preferible guiarse por ellos y no por la brújula. En cambio es necesario calibrarlos periódicamente justamente con la brújula, por

ello es necesario que cuando se calibre el RMI el avión debe estar en vuelo recto nivelado y sin variaciones de velocidad.

Los errores de brújula descritos corresponden al hemisferio sur del planeta, pues en el norte los errores son opuestos, es decir que al seguir rumbos norte la brújula indicará un viraje opuesto al real, y con rumbos sur exagerar el mismo, mientras que al seguir rumbos este u oeste, al acelerar indicará una tendencia hacia el norte y al desacelerar lo hará hacia el sur.

Indicador de Actitud y Dirección (ADI).

Attitude Direction Indicator.

El ADI o EADI (Electronic Attitude Director Indicator) combina básicamente el anemómetro, horizonte artificial e indicador de resbalamiento o coordinador de giros.



Figura 1: Indicador de Actitud y Dirección (ADI)

La figura 1 muestra el ADI que forma parte del panel del Boeing 737-400 en FS 2000, en él se ve en el centro de la pantalla el horizonte artificial, en el lateral izquierdo la escala numerada correspondiente al anemómetro graduada en Kias (velocidad indicada) y debajo de la misma (ángulo inferior izquierdo) el número Mach correspondiente.

En este caso se ven dos escalas, una debajo del horizonte artificial y otra a vertical a derecha de este último, ellos corresponden al ILS y se activan al sintonizarlo para un aterrizaje instrumental, al estar fuera de alcance o no sintonizarlo desaparecen.

El inferior marca la alineación con la pista, en realidad con el localizador, y el vertical el centrado en la rampa de descenso.

Fuera de la pantalla, en la parte inferior del instrumento puede verse la bola correspondiente al coordinador de virajes o indicador de derrape / resbalamiento

Según el panel que utilicen pueden aparecer otras variantes con información extra, como ser la altitud, que generalmente se despliega con forma de escala en el lateral derecho del ADI, y la escala de velocidad en colores como indicación de las diversas velocidades de operación de la nave.

Indicador de Situación Horizontal (HSI). Horizontal Situation Indicator.

En la medida que se empiecen a volar los reactores, empezarán a aparecer en los paneles instrumentos más sofisticados, que son en general pantallas que incorporan varios instrumentos en uno.

Uno de los más utilizados es el HSI, indicador de situación horizontal o también EHSI (Electronic Horizontal Situation Indicator), el que incorpora en uno solo un giróscopo direccional, un OBI, DME y un ADF, tal como puede verse en la figura 1.



Figura 1: Indicador de Situación Horizontal (HSI).

Lo primero que puede apreciarse es el giróscopo direccional, en el que la marcación en color violeta es el rumbo seleccionado y la indicación en el recuadro superior es el rumbo magnético, que para el caso de ejemplo es 101°.



Figura 2: HSI en funciones de ADF.

Otra función incorporada es la de un ADF como muestra la figura 2 en donde en este caso el NDB es señalado por una flecha indicadora de color celeste.

Aquí se combinan directamente el ADF y el giróscopo direccional, de esta forma el indicador señalará directamente el rumbo magnético hacia la estación NDB, es decir que resulta ser un instrumento RMI, ante la duda se sugiere reparar el tema de ADF tratado con anterioridad.

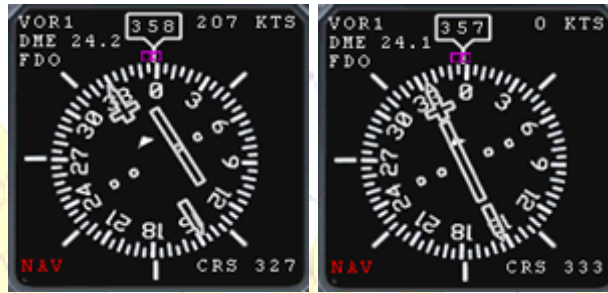


Figura 3: HSI en funciones de navegación VOR.

Al sintonizar una emisora VOR, el instrumento mostrará una imagen similar a la que se observa en la figura 3, es decir que se sumará la función del OBI.

Lo primero que puede observarse es la aparición de una barra móvil correspondiente al CDI, la que se centrará o desplazará lateralmente de acuerdo con la posición del radial seleccionada en el OBS.

La bandera o indicador TO-FROM aquí. Es un triángulo o punta de flecha que señala si se vuela hacia la estación o desde ella, también apreciable en la figura 3.

Además estará presente la información del VOR seleccionado en el ejemplo San Fernando (FDO), pudiendo en algunos casos mostrar también la frecuencia de sintonización.

En el ángulo inferior izquierdo tras la abreviatura CRS aparece la radial seleccionada en el OBS.

Para resumir, la forma de lectura de esta función es idéntica a la del OBS para navegar una radial VOR, haciendo click aquí. podrán repasarla.

Aparece también, si el VOR cuenta con DME, la información del mismo, es decir la distancia a la estación, en el caso tras la sigla DME en el ángulo superior izquierdo, y la velocidad en el derecho, por supuesto con las consideraciones tratadas con anterioridad cuando se trato las funciones de dicho equipo, click aquí. para leerlo.

Tal como ocurre con el OBI, este instrumento mostrará las indicaciones en una aproximación ILS viéndose como lo muestra la figura 4.



Figura 4: HSI en funciones de aproximación ILS

En este caso el CDI (la barra móvil) cambió de color y mostrará el centrado respecto del localizador en el sistema de ILS, es decir el centrado respecto de la pista, si este esta hacia la izquierda, hacia allí esta la pista, mientras que si se desplaza a derecha, pues a la derecha esta la pista; esto si la aproximación es directa, si es por BACK COURSE se invierte, el tema fue tratado cuando se explico el OBI, volvemos a sugerir releer el tema.

A la derecha aparece una escala con un indicador de forma triangular que mostrará la posición respecto de la senda de planeo (rampa de descenso), si se encuentra en el centro se está justo en la senda, si está hacia arriba la senda está por encima, es decir que se está volando bajo, y si la indicación está por debajo del centro, la senda pasa por debajo, es decir se está volando alto.

También aparecerá la información de distancia y velocidad que el sistema ILS le entregue.



Figura 5: Otra versión de HSI

Dependiendo del panel y su autor puede haber alguna diferencia en la presentación del instrumento (gauge), como puede verse en la figura 5, correspondiente al panel del Boeing 777 original de FS 2000, en este caso el instrumento puede mostrar el rumbo al segundo VOR sintonizado (NAV 2) mostrado con un indicador de color verde.

Pantalla Primaria de Vuelo (PFD).
Primary Flight Display.

El PFD o EPFD (Electronic Primary Flight Display) es una pantalla informatizada donde se despliega la información referente a la situación de vuelo y navegación.



Figura 1: PFD

La figura 1 muestra el PFD que acompaña al Boeing 777-300 y al Lear 45 en FS 2000.

En él se aprecian sobre el margen izquierdo, el anemómetro, que mide la velocidad en Kias (velocidad indicada), debajo de esta escala el número Mach y en la parte superior la velocidad en Kias seteada en el piloto automático, que será mantenida si se activa este con la opción también activa de aceleradores automáticos. Esta velocidad también está señalada por el índice de color violeta que se desplaza sobre esta escala.

En el centro se ve el horizonte artificial, el que nos mostrará el cabeceo y alabeo de la nave, sobre este se ven dos líneas de color violeta que se desplazan manejadas por el director de vuelo (flight director) señalando la maniobra a realizar.

Sobre el lateral derecho del instrumento se ven el altímetro, en donde en la parte inferior de la escala se muestra el calaje o presión de seteo del instrumento y en la parte superior la altitud elegida en el piloto automático. La escala más pequeña a la derecha corresponde al variómetro o indicador de velocidad vertical (VSI).

En la parte inferior, en este caso se dispuso un giróscopo direccional, en el que la flecha blanca muestra el rumbo actual y el indicador violeta el elegido en el piloto automático.

Según su creador puede haber algunas variaciones, por ejemplo es muy normal que se disponga en lugar del giróscopo direccional un OBI o incluso la información correspondiente a un HSI.

Sistema de Instrumentos del Motor y Alerta a la Tripulación (EICAS).
Engine Instruments and Crew Alert System.

El EICAS reúne en un solo equipo la mayoría de los instrumentos de control de los motores, además de los de indicación de algunos comandos.

Todos estos instrumentos o en realidad sus valores son proyectados en una pantalla de rayos catódicos, lo que permite la liberación de mucho espacio en el panel de instrumentos.

En la figura 1 se representa el instrumento (gauge) que está incluido en el Boeing 777-300 de FS 2000.



Figura 1: Pantallas del EICAS del panel del Boeing 777 en FS2000

Como se puede ver el principal problema radica en que la cantidad de información puede ser demasiada para desplegarla en una sola pantalla por lo que se dispone un selector en la parte inferior derecha que permite cambiar de pantallas, simplemente haciendo clic sobre esta.

En algunos casos se opta por una representación gráfica del valor medido pues esto facilita la lectura o en realidad el nivel de exigencia sobre determinado motor con un simple golpe de vista.

En el caso descrito también se muestra otra información como ser cantidad de combustible, posición de flaps, temperatura exterior, pudiendo haber más información según el modelo y diseñador el gauge.



Figura 2: El EICAS mostrando un parámetro en condiciones anormales

Este sistema es también un sistema de alarma y aviso ante problemas en o los motores, en ese caso se notara algún parámetro con otro color como se ve en

la figura 2 en donde hay un exceso de las N1 de las turbinas marcadas por el gauge en color rojo.

Vale aclarar que en el caso estudiado este exceso se verá cuando se elija la pantalla que contiene esa información, lo ideal sería que se diera al piloto un aviso de algún parámetro anormal aún estando en otra pantalla pero ese no es el caso por lo que habrá que darle un vistazo a todas las pantallas con cierta asiduidad.



Figura 3: El HSI que acompaña al EICAS

Otras de las funciones que incorpora este gauge es la de un HSI mostrado en la figura 3 por lo que lo comentado anteriormente respecto a la revisión de las pantallas se torna importante pues pueden descuidarse los motores o incluso el combustible.

Pantalla de Cabeza Alta (HUD).
Head Up Display.

Este elemento en la realidad fue desarrollado para la aviación militar, especialmente para su utilización en aviones interceptores, tal vez por ese motivo no es muy difundido en Flight Simulator, ni siquiera en modelos de interceptores Sin duda otros simuladores destinados a la aviación militar y de combate lo deben modelizar mejor. No obstante esto, algunos paneles de Flight Simulator poseen una versión muy simple de HUDs.

El sistema consta principalmente de una pieza de un cristal transparente montado sobre el panel de instrumentos a la altura del parabrisas de la carlinga, más todo el sistema de proyección no visible para el piloto.



Figura 1: Visión de información por medio de un HUD.

Como se dijo el sistema se aplica comúnmente a aviones de interceptación militares, siendo la intención tratar de evitar que el piloto necesite desviar la vista hacia el panel de instrumentos para obtener la información cuando se encuentre trezado en combate.

Para ello los proyectores muestran sobre la pantalla de cristal a la altura de la vista del piloto información como lo muestra en la figura 1.

En realidad los HUD suelen mostrar mucha más información como ser, velocidad, actitud, altitud, rumbo, combustible, cantidades de G, blancos y seguimiento de los mismos, etc.

De esta forma el piloto ve lo que está pasando alrededor del avión al mismo tiempo que accede a la información del avión, vuelo y combate.

Sistema Electrónico de Vuelo por Instrumentos (EFIS).

Sistema de Visualización de Trayectoria de Vuelo (CFPD).

Flight Simulator presenta los sistemas EFIS y CFPD, de una forma que en la realidad pueden no estar disponibles, en verdad estos sistemas son muy caros e incluso se encuentran en desarrollo.

El EFIS es un sistema electrónico de vuelo por instrumentos, pero la presentación que hace Flight Simulator es en realidad la de un sistema de visualización de trayectoria de vuelo denominado CFPD.

Estos sistemas consisten en, de alguna forma presentar una ruta o camino visible al piloto de modo que este lo pueda seguir.



Figura 1: Presentación del camino para una aproximación con el EFFIS/CFPD activado.

La imagen nos muestra como se presenta el camino cuando se activa el EFIS en una aproximación de ILS (aprovechamos también para mostrar cuál es la senda de planeo que el ILS marca).

Este sistema se activa desde el menú AVIÓN - NAVEGACIÓN - EFIS, y allí se lo puede configurar en el tipo de presentación y densidad del mismo. También si la presentación es de VOR o ILS y bloquear los mismos.

Como es evidente no se utiliza en la aviación comercial un sistema así, aunque algo por el estilo está en desarrollo, siendo su presentación en pantallas del panel o por una proyección de un dispositivo denominado HUD.

Este sistema es útil para la práctica y aprendizaje, pero si buscan vuelos más realistas deberían dejarlo desactivado.

Aclaremos que el sistema de indicación de trayectoria es el CFPD, pues a mi modo de ver el EFIS es muy amplio e incluye otros instrumentos electrónicos como HSI, PFD, ASI, EICAS, etc, incluso el CFPD.

Radioaltímetro.

El radioaltímetro es un instrumento auxiliar del avión, pero se vuelve muy importante para lograr precisión en los aterrizajes, aunque lamentablemente no se encuentra muy difundido en los paneles para Flight Simulator.



**Figura 1:
Radioaltímetro**

En la figura 1 se muestra el radioaltímetro que acompaña al panel del Concorde en FS 2000, en este caso está graduado en centenares de pies, es decir que su indicación habrá que multiplicarla por 100 para obtener el la distancia al suelo.

Es importante entender que el instrumento mide directamente la distancia entre el suelo y el avión directamente, a diferencia del altímetro que lo hace con referencia al nivel del mar.

Los radioaltímetro son equipos autónomo constan de un transmisor y un receptor, de esta forma, por medio de ondas de radio y en base a la demora entre la emisión y recepción logra determinar la distancia al suelo, lo que da una notable precisión en el momento de tocar la pista.

En la figura 1 puede verse claramente que está graduado hasta 2500 ft. Esto es debido a que esa es la altura en que son operativos, mientras que por encima ya no pueden medir por falta de alcance o son muy imprecisos, recordamos que cuando hablamos de altura es siempre con referencia a tierra y no al nivel del mar.



**Figura 2: Otra variante
del mismo elemento**

Otra variante en la que se puede presentar es el de la figura 2, de todas formas lo antedicho rige para esta versión.

En ambos casos puede verse en el ángulo inferior derecho un selector, este permite seleccionar la altura de decisión, cuando se salga de esa altura se recibirá el aviso correspondiente, que se verá como una luz titilante roja en el gauge.

La altura seleccionada se vera en el caso de la figura 1, señalada por el indicador de color naranja, mientras que en el de la figura 2 aparecerá en el recuadro que se ve con líneas rojas y blancas.

Sistemas de radar.

Sin duda la principal aplicación de los radares es en los aeropuertos y en todo lo referente al control aéreo civil y militar. En general se disponen dos tipos de radares que trabajan en conjunto.

El principal problema de este sistema es que con ecos lanzados con un ángulo bajo parte de la energía es absorbida por la tierra, por lo que es problemático con aviones en vuelo a baja altura.



Para superar estos problemas se lo hace trabajar en conjunto con un segundo equipo, el radar secundario o SSR (Secondary Surveillance Radar).

El encargado de contestar en el avión es el transponder, este es básicamente un radio transmisor que responde automáticamente ante una consulta del SSR con información propia del vuelo y en especial con un código seteado manualmente por el piloto en coordinación con el controlador. Esto permite cierto grado de comunicación entre pilotos y controladores independientemente

de la radio, pues hay códigos reservados para ciertas situaciones, generalmente de emergencia.

Dependiendo el porte, uso y necesidad se instalan equipos de radar en los aviones, pudiendo ser estos SSR, meteorológicos, seguimiento de terreno, etc.

Los radares de seguimiento de terreno están destinados a aviones de ataque militar, básicamente constan de un radar que apunta hacia el suelo para seguir la topografía cercana por delante del avión, el sistema informa al piloto automático de los obstáculos para que este haga las correcciones necesarias para evitarlo.

Obviamente cuanto más bajo se vuelve más variaciones se harán, estas disminuirán con mayor altura.

El uso de este radar permite a bombarderos como el Rockwell B1 volar muy bajo a alta velocidad en condiciones de visibilidad nula, lo que hace muy difícil detectar y derribar la nave en caso de guerra.



Figura 2: TCAS.

Los radares embarcados de uso civil son principalmente el meteorológico y los del tipo TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) y tienen la presentación de la figura 2.

El TCAS es un radar como el SSR que interroga a todos los aviones en el área para informar las condiciones de los mismos y poder detectar una posible condición de colisión afín de maniobrar para evitarla suelen tener la presentación de la figura 2.

QUAM CELERRIME AD ASTRA

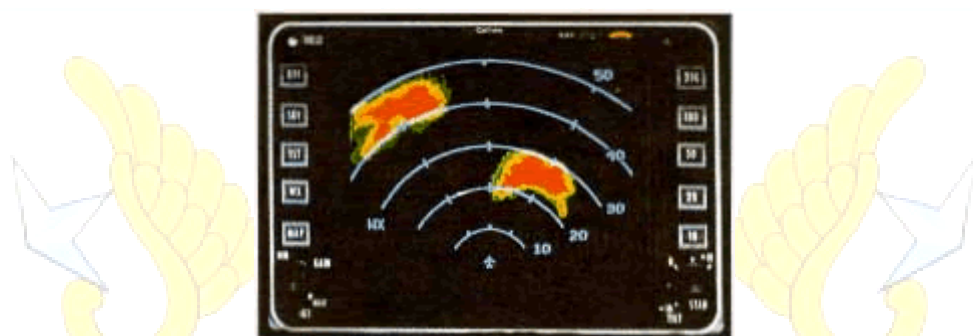


Figura 3: Radar meteorológico de a bordo.

Los radares meteorológicos detectan zonas tormentosas o formaciones de nubes durante la ruta para informar al piloto de las mismas a fin de tratar de evitar situaciones complicadas.

La información se presenta en la pantalla en zonas de colores (figura 3), que son verde para zonas con lluvias de baja intensidad, amarillo para intensidad media y roja para gran intensidad de precipitaciones, en esta última se podría encontrar granizo o turbulencia que no son detectables para este radar.

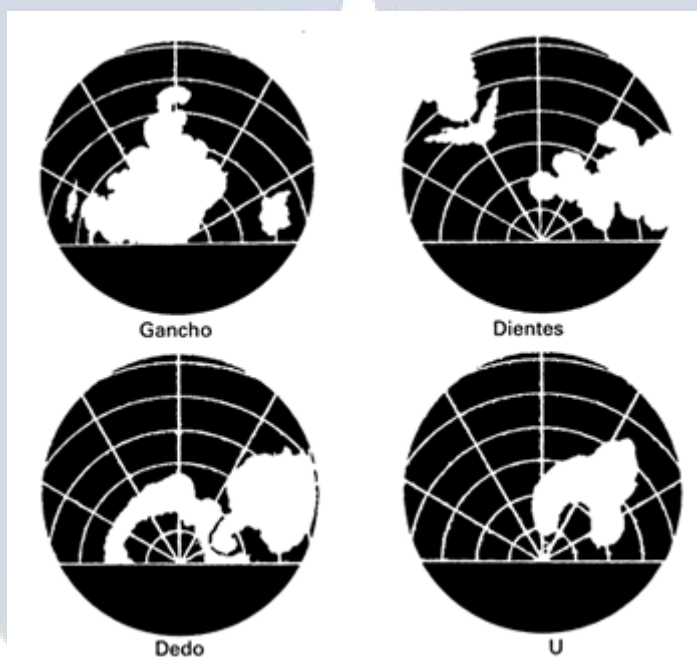


Figura 4: Presentación de células tormentosas en radares meteorológicos de a bordo

El radar meteorológico ofrece una gran ventaja pues si el piloto está bien entrenado en su uso, por las formas de los ecos en pantallas puede determinar zonas y extensiones de tormentas y las condiciones poco convenientes para el vuelo.

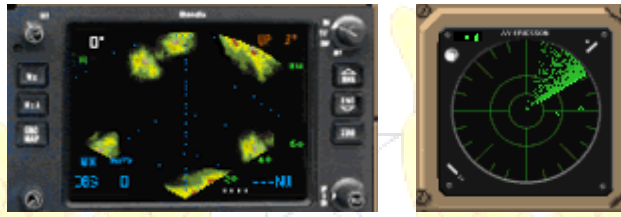


Figura 5: Radares para Flight Simulator, el de la izquierda es meteorológico y a la derecha TCAS

Los radares no están modelizados en Flight Simulator, en algunos paneles existen gauges que son una imitación visual pues no es un modelo de sus funciones.

Si existe software que imitan los radares de control aéreo muy utilizados en vuelo on-line por las redes de VATSIM o INVAO y que es de uso obligatorio para aquellos que adopten el papel de controlador aéreo.

Sistema Pitot Estática.

Como ya se nombró anteriormente, algunos instrumentos basan sus mediciones en referencia al aire que rodea al avión.

Para obtener esta referencia se utiliza una sonda con forma de tubo en el exterior del avión denominado Tubo Pitot, por donde ingresa el aire sobre el que se va hacer las mediciones hacia los puertos estáticos (fig 1).

Los instrumentos que utilizan el sistema de toma estática son :

Anemómetro (AIRSPEED)

Altímetro (ALT)

Indicador de Velocidad Vertical (VSI)

De producirse algún problema en el tubo Pitot o en el sistema estático, es lógico que afecte a estos 3 instrumentos, por tal las mediciones no serán confiables.

Es importante para el piloto poder determinar las causas de las fallas, si bien nadie espera que el lo repare, menos aún tratándose de un simulador de vuelo, el entender el funcionamiento le permitirá realizar los diagnósticos rápidamente e iniciar los procedimientos de seguridad más adecuados a la situación.

Esto aunque parece sencillo, resulta particularmente dramático, si se considera que importantes accidentes recientes han comenzado con problemas en el sistema del tubo Pitot.



Figura 1: Tubos Pitot de un Boeing 747

El sistema consta del tubo Pitot, que no es más que un simple tubo metálico puesto en el exterior de la nave (fig 1), encargado de realizar la toma de aire que luego será conducido hacia los puertos estáticos, donde previamente se le mide la velocidad por el anemómetro y ya en los puertos, la presión por el altímetro y el variómetro (fig 2), para que por distintos métodos de comparación estos determinen las magnitudes.

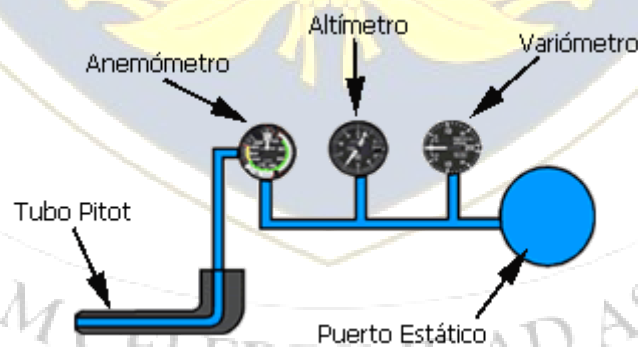


Figura 2: Esquema del Sistema Pitot Estático

El problema que más fácilmente se puede presentar es el de taponamiento del tubo pitot a causa de la formación de hielo, para evitar esto en el tubo se disponen resistencias de calentamiento, que pueden ser encendidas o apagadas desde la cabina (fig 3), por el interruptor señalizado como "PITOT HEAT".



Figura 3: el interruptor de la derecha corresponde a los calentadores del Pitot

En aviones reales suelen instalarse una alarma luminosa de aviso de desconexión de estas resistencias, que consta de una lampara de color naranja titilante, Flight Simulator hasta ahora no la trae incorporada.

Los fabricantes aconsejan encender estas resistencias cuando se vuela en condiciones de engelamiento, pues generan el calor suficiente para evitar la formación de hielo, pero tal vez este pueda ser escaso para derretirlo una vez formado un tapón, en cuyo caso el problema ya es insalvable.

Queda a criterio del piloto el juzgar si es conveniente encender los calentadores o no según las condiciones climáticas, independientemente de esto es bueno revisar el estado del interruptor en los chequeos previos al vuelo.

Para hacerlo fácil digamos que hay posibilidades de la formación de hielo cuando vuelas entre nubes y la temperatura del aire esté en o por debajo del punto de congelamiento del agua (0°C o 32°F), por lo que deberás estar atento al termómetro.

En general digamos que es preferible encender las resistencias siempre con vuelos en condiciones instrumentales, pues esto no traerá problemas y en cambio evitará los acarreados por un olvido.

Instrumentos Giroscópicos.

Los instrumentos giroscópicos poseen un sistema mecánico que les permite a un componente del mismo permanecer equilibrado y en la misma posición con respecto a los planos, independientemente de los movimientos y posición de los soportes del mismo (fig 1).

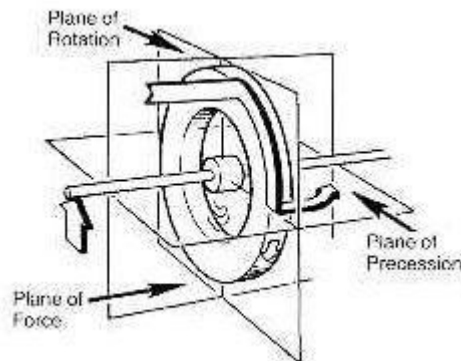


Figura 1: Sistema giroscópico

Para funcionar correctamente, estos instrumentos se ven sometidos al vacío, por tal se los denomina instrumentos de vacío, siendo estos el Horizonte Artificial y el Giróscopo Direccional.

Los instrumentos no están encapsulados al vacío, este se obtiene por medio de una bomba de vacío, por lo que de producirse una falla en parte del mismo, causará la mala indicación de ambos instrumentos.



Figura 2: Vacuómetro

Aunque faltante en muchos paneles de Flight Simulator, en algunos, como el del Cessna trae un pequeño instrumento con la indicación VAC, este es el Vacuómetro o medidor de vacío (fig 2) y como es obvio mide el vacío que el sistema tiene generalmente en pulgadas de mercurio, debiendo estar su indicación dentro de la marcación de color verde.

Es aconsejable verificar este instrumento en los chequeos, por supuesto siempre y cuando el instrumento esté incluido en el panel que se está utilizando, en el instrumento de la figura 2 se ve el vacuómetro y el amperímetro que veremos más adelante.

Al fallar el sistema de vacío los instrumentos giroscópicos se irán viniendo abajo poco a poco y sus indicaciones no guardan relación con los demás instrumentos.

Por ejemplo el horizonte artificial indicará un alabeo distinto u opuesto al que indica el coordinador de giros, además de un encabritamiento que no guarda relación con la velocidad vertical o la lectura del anemómetro, es decir que será demasiado alta para semejante encabritamiento con una velocidad vertical baja o nula.

Además si se inicia un viraje el giróscopo direccional mantendrá la marcación que tenía aún después de haber avanzado mucho en el viraje.

Instrumentos Eléctricos.

Los instrumentos eléctricos pueden variar con cada avión y por tal la cantidad de instrumentos que fallaron ante un problema en el sistema.

Dentro de los instrumentos básicos en el Cessna, el eléctrico es el coordinador de virajes, entonces este instrumento se perderá ante una falla del sistema eléctrico, además quedarán fuera de servicio el grupo de radios, OBI y DME.

En cambio, en el caso del Boeing 737 que incluyen otros instrumentos dentro de uno electrónico (HSI) se perderán también el horizonte artificial y el giróscopo direccional, además de los comentados anteriormente.

La forma más fácil de distinguir un fallo eléctrico es por el no funcionamiento del grupo de radios, mientras que los instrumentos en un viraje indican una medición correcta, el coordinador de giros no dará indicación alguna.



**Figura 1: Amperímetro (AMP), nótese que la
La indicación siempre se encuentra cerca de cero.**

En muchos paneles de Flight Simulator se dispone un amperímetro (fig 1), este indica el estado de carga de la batería, la aguja deberá marcar cero, si la indicación es negativa la batería se está descargando y la energía no se está reponiendo, si es positiva, la batería está sufriendo un proceso de carga, si este es excesivo puede dañarla.

En realidad el indicador puede oscilar un poco cerca de cero después de un proceso de consumo importante, adoptando valores negativos primero y ya con los motores en marcha indicará valores positivos, periodo donde la batería se está recargando, para luego de un tiempo estabilizarse en cero.

Es aconsejable darle un vistazo al amperímetro cada tanto, si este está disponible en el panel.

Testigos luminosos.

De acuerdo con las características y según las necesidades en las aeronaves se realizan censados de estado y funcionamiento, cuyo resultado en lugar de ser mostrado por un instrumento, es señalado por una indicación luminosa, normalmente denominada "luz testigo" y de entrecasa "alcahuete".

Desde luego cuanto mayor sea el porte del avión más luces tendrá, también la cantidad variará de acuerdo a las características de la aeronave, motores e incluso el fabricante.

Estas lámparas se disponen en distintos colores de acuerdo a su función, siendo comúnmente rojas, verdes y amarillas o naranja, siendo la elección del color una función de la característica de la indicación.

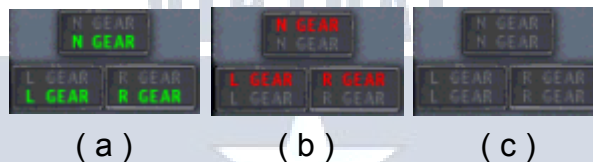


Figura 1: En FS las luces indicadoras del tren de aterrizaje, (a) tren desplegado, (b) en transición y (c) tren retraído.

Por ejemplo en Flight Simulator se ven que, unas luces de color verde indicarán que el tren de aterrizaje esta abajo y trabado (figura 1), es decir en condiciones de tocar la pista, mientras que cuando se esta, o bien replegando o bien desplegando, estas indicaciones son rojas, mientras que al estar retraído las luces están apagadas.

Las luces destinadas a indicar fallas importantes o mayores son por lo general de color rojo y si la gravedad es extrema pueden ser titilantes, esto se dispone así, pues es sabido que, el color rojo llama instintivamente la atención y el hecho de ser titilante la hace mas notoria a la visión periférica del piloto.

Flight Simulator, en algunos casos, trae modelizadas algunas de estas luces testigos, aunque en realidad a mi modo de ver todavía es un déficit que tiene, pues hay muchas variaciones en la cantidad que no guardan relación con la realidad.

Por ejemplo, en FS2000 el KingAir 350 trae un panel interesante de testigos, que en FS se denomina "panel de anuncios" y en cambio el Boing 737-400 no posee prácticamente ninguno.



Figura 2: Dos formas de presentación de las luces de aviso general

Es común que FS traiga dispuesta una indicación luminosa grande de color amarillo, es una alarma general (figura 2), la que se encenderá cuando cuando algún sistema tenga problemas o incluso cuando se alcance una situación de riesgo como ser una entrada en pérdida.



Figura 3: Testigos de funcionamiento sistemas.

Haciendo clic sobre dicha indicación se desplegará el denominado panel de anuncios en donde se verá encendida la lámpara con la indicación del problema en paneles similares a los mostrados en la figura 3.

No tiene sentido explicar cada una de las indicaciones posibles, pues están relacionadas con temas que se explican o se explicarán en el futuro, además la variedad es grande como para detallarlas todas, variedad que se incrementa con los paneles en forma de add-on que se distribuyen, los que variarán la cantidad de acuerdo a voluntad del autor del mismo y de la calidad y grado de realismo que este busque.

De todas formas al verlas encendidas sabrán que sistema tiene problemas, cuál es su función y que hacer, el tema no es complicado y no requiere mayor explicación.



Figura 4: Pulsadores con luz de indicación incorporada.

Otras opciones es la de encontrar pulsadores luminosos los que al estar activados o apagados, encenderán o apagan la luz en su interior como muestra la figura 4.

Comentario sobre Aviónica.

Para finalizar este tema y para aclarar las cosas vale la pena hacer un breve comentario.

La aviónica no es una especialidad destinada a cubrir y mejorar los instrumentos, es en realidad una especialidad destinada a mejorar la calidad y seguridad de los vuelos y las aeronaves, siendo esta la condición aquí se empiezan a mezclar las cosas.

Anteriormente había una clara separación entre instrumentos, sistemas de control y mandos, a partir de la llegada de la electrónica al avión las cosas comienzan a mezclarse.

Los instrumentos de navegación solo son una pequeña parte de esta ciencia, incluyéndose en la misma por ejemplo los sistemas de grabación de datos y voz conocidas vulgarmente como cajas negras (FDR, CVR, ELT), control y corrección de la actitud del avión, radioayudas, etc.

Por ejemplo, la tecnología Fly-by-wire es un claro ejemplo de la integración que genera la aviónica.

En este sistema una computadora considera el requerimiento del piloto y las condiciones de vuelo momento a momento y determina qué acciones seguir para cumplir con el requerimiento.

Aunque la prioridad es respetar las instrucciones del piloto, el sistema no permitirá que el avión llegue a una situación de riesgo, como podría ser, una entrada en pérdida por un excesivo ángulo de ataque, el sistema bajará la nariz aún contradiciendo al piloto.

El tema de aviónica es complejo y muy interesante, por ahora excede los objetivos de estos textos, tal vez en el futuro lo tratemos con más detalle.

