

Instrumentos de Vuelo

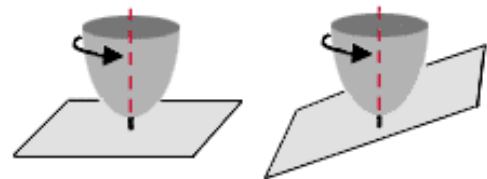
Para volar bajo reglas de vuelo instrumentales (IFR) necesitamos controlar la aeronave al mismo tiempo que leemos cartas, sintonizamos radios y realizamos varias tareas complejas. Para un vuelo IFR exitoso, es necesario poder realizar una buena interpretación de los instrumentos, lo que nos ayudará a tomar una acción correcta para mantener el control de la aeronave.

Los instrumentos se categorizan según su método de operación. Mientras que los instrumentos del sistema estático-pitot son necesarios para cualquier vuelo, los instrumentos giroscópicos son convenientes para el vuelo VFR pero necesarios para volar IFR.

Instrumentos Giroscópicos

¿Qué es un giróscopo? Es sencillamente una rueda diseñada y montada que gira utilizando las propiedades giroscópicas. Dos características importantes de diseño en un instrumento giroscópico son su gran peso o densidad y la rotación a altas velocidades con cojinetes de baja fricción. Antes de estudiar los instrumentos de éste tipo, es conveniente que veamos las dos propiedades fundamentales de la acción giroscópica y que son la base de operación de estos instrumentos:

- **Rigidez en el espacio:** Esta propiedad puede ser sencillamente explicada aplicando la primera Ley de Newton que establece que *“un cuerpo en descanso permanecerá en descanso, o si está en línea recta, permanecerá en movimiento rectilíneo a menos que actúe sobre él una fuerza externa”*.



- **Precesión:** es la acción o deflexión resultante en una rueda en rotación cuando se le aplica una fuerza deflectora a su orilla. Si se aplica esta fuerza, la fuerza resultante aparecerá girada 90° en la dirección de rotación y en el sentido de la fuerza aplicada. Este efecto se denomina precesión.



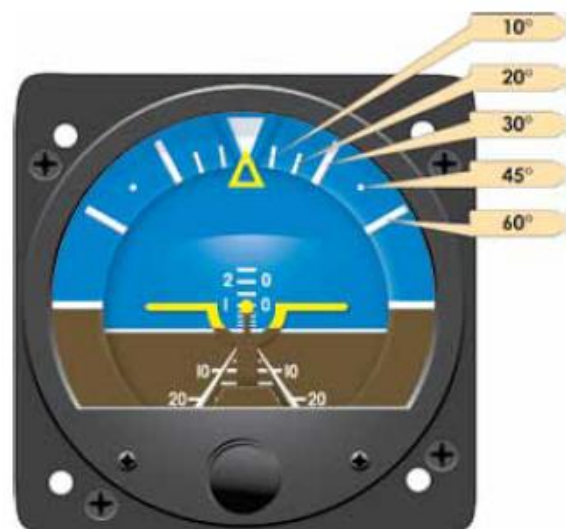
Dependiendo de la propiedad que utilice el instrumento, se utiliza un tipo de montaje:

- **Libre o Universal:** el giróscopo es libre de girar en cualquier dirección alrededor de su centro de gravedad, es decir que gira en los tres planos.
- **Semi-Rígido:** son aquellos montados de tal modo que uno de los planos se mantiene fijo en relación a la base.

Habiendo estudiado las propiedades fundamentales de los instrumentos giroscópicos, podemos ahora ver cuáles son y cómo funcionan.

Indicador de actitud (Horizonte artificial)

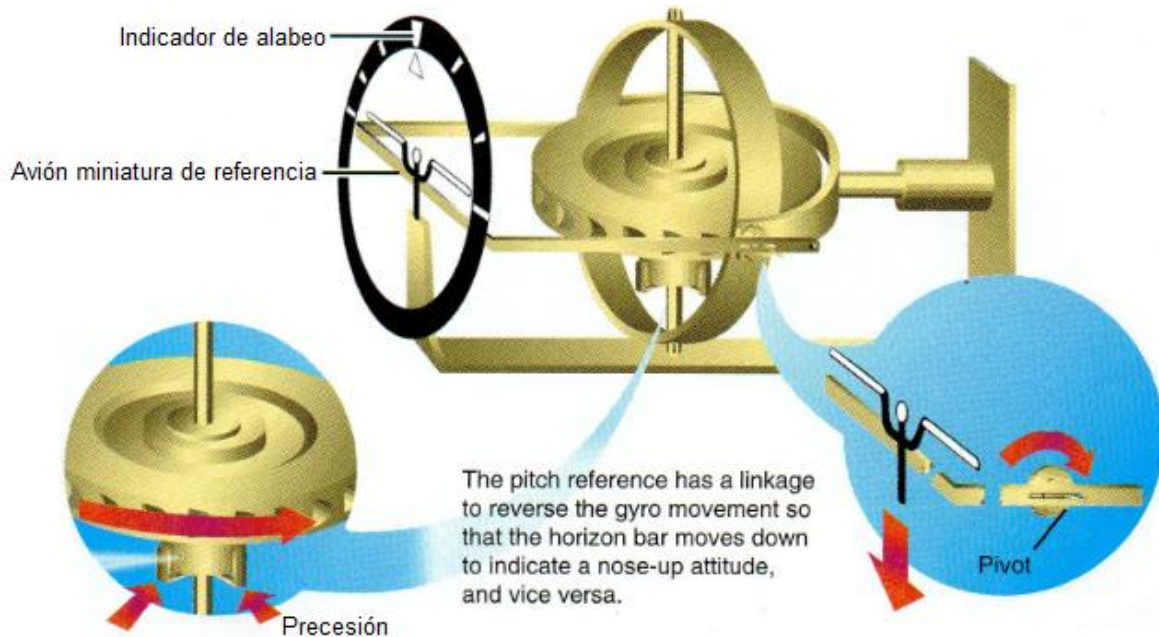
Podemos considerar este instrumento como el sustituto mecánico del horizonte natural. Es el único instrumento que nos da una información inmediata y directa de nuestro cabeceo y alabeo. Este instrumento será una parte muy importante cuando realicemos un cross-check de los instrumentos ya que lo utilizaremos para hacer ajustes sin referencias visuales.



La base de este instrumento es un giróscopo que gira en el plano horizontal montado en dos cardanes que le permiten

permanecer en el plano independientemente del movimiento de la aeronave. Para que el giróscopo pueda girar, este debe erectarse, lo que se logra mediante una bomba de vacío.

La aeronave básicamente gira alrededor del giróscopo que permanece rígido en el espacio y paralelo al horizonte real.



Las líneas horizontales del instrumento indican los grados de cabeceo y cada línea representa 5° . Las líneas oblicuas ubicadas en la parte superior del instrumento indican el alabeo. Se indica una línea cada 10° hasta los 30° y luego líneas de 45° , 60° y 90° .

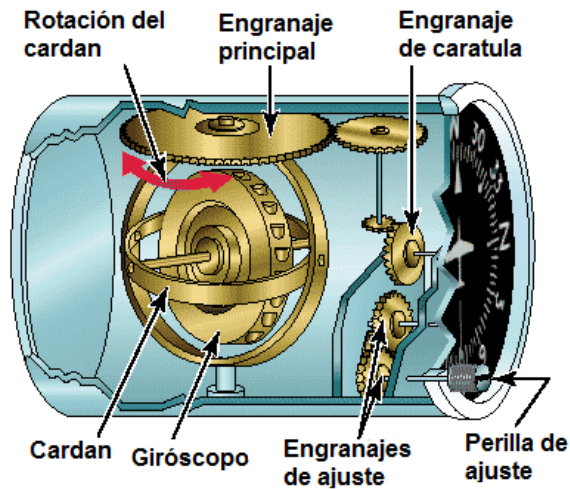
Indicador de rumbo

Un indicador de rumbo giroscópico es requerido para volar IFR. Es nuestro recurso primario de información de rumbo. Debido a que los cambios de rumbo en un vuelo coordinado implican que las alas no se encuentran niveladas, podemos decir indirectamente que también indica alabeo.



La operación de este instrumento depende de la propiedad de rigidez en el espacio. EL rotor gira en un plano vertical y fijado al rotor está la tarjeta del compás. Debido a que el rotor permanece rígido en el espacio, los puntos sobre la tarjeta mantienen la misma posición en el espacio en relación al plano vertical. A medida que la caja del instrumento y el

avión giran alrededor del eje vertical, la tarjeta proporciona información clara y exacta sobre el rumbo. Para asegurarnos de que el instrumento nos dé una indicación correcta, debemos alinearlos con el compás magnético utilizando la perilla de ajuste antes del vuelo y revisarlo periódicamente durante el mismo.



Indicador de Viraje

Este instrumento nos permite establecer y mantener virajes a una razón constante. Podemos encontrar dos tipos de indicadores de viraje:

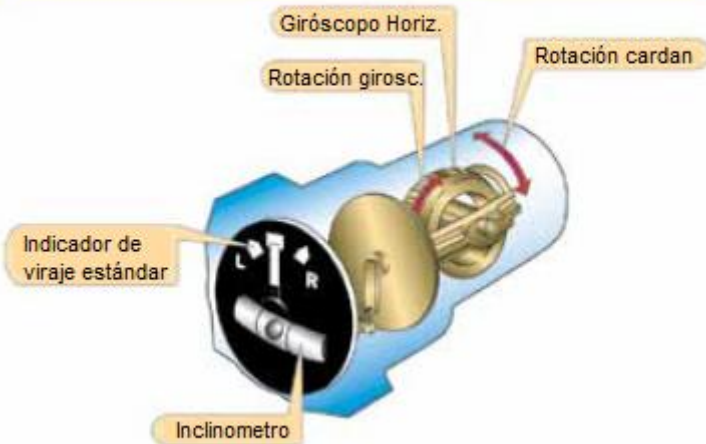
- Indicador de viraje clásico:** Podría considerarse sencillamente como un inclinómetro. La bola ubicada en la parte inferior del instrumento permanece centrada mientras se vuela recto y nivelado debido a la gravedad. Si se desequilibran las fuerzas de viraje, la bola se desplazará en dirección a la fuerza excesiva indicando un derrape o deslizamiento. Al mismo tiempo, una aguja indica la razón de viraje, lo que nos permite ver si estamos realizando un viraje estándar o no.



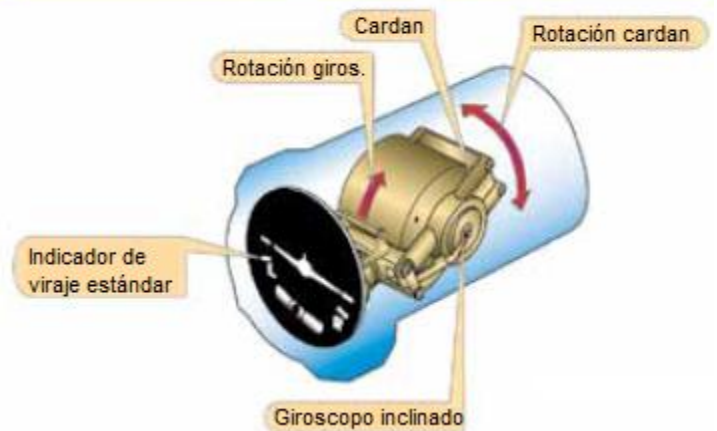
- **Coordinador de Virajes:** En lugar de la aguja, este instrumento muestra el movimiento del avión alrededor de su eje longitudinal exhibiendo un avión en miniatura. El movimiento del avión es proporcional a la razón de viraje. El inclinómetro convencional (la bola) también es parte de este instrumento.



Indicador de virajes



Coordinador de virajes



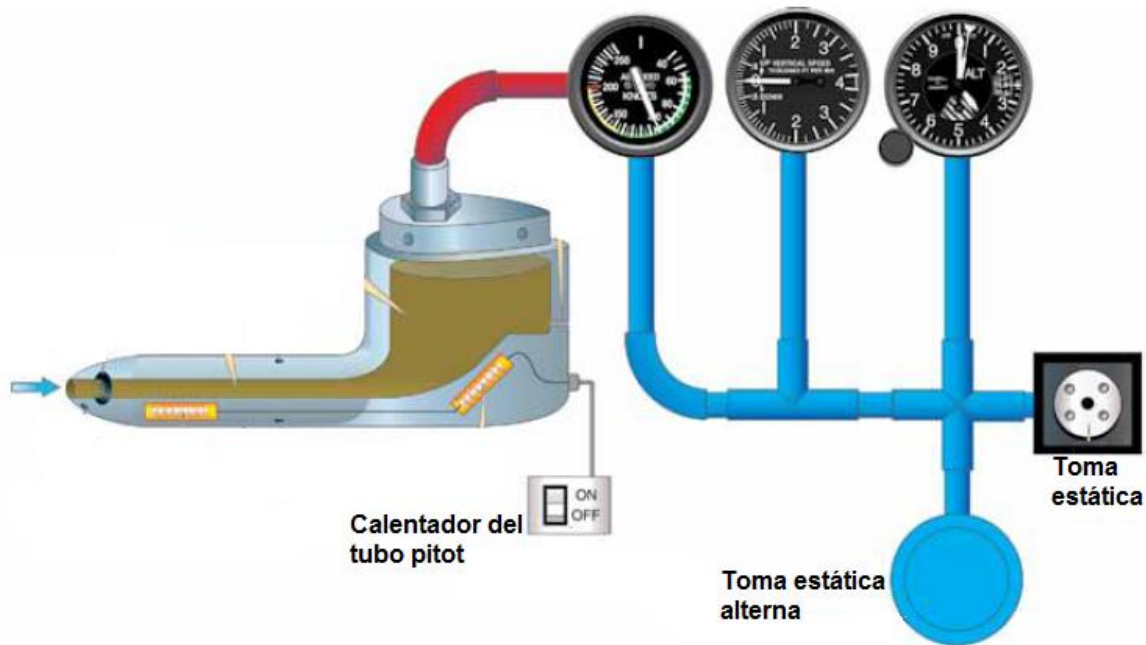
Recordemos que un viraje estándar, implica que estamos virando 3° por segundo, por lo que un viraje de 360° se completa en 2 minutos. Un viraje semi-estándar implica una razón de $1,5^\circ$ por segundo y el viraje de 360° se completa en 4 minutos. Si deseamos calcular el ángulo de alabeo aproximado que debemos utilizar para un viraje estándar aplicaremos la fórmula:

$$\text{Angulo Alabeo} = 10\% \text{ TAS} + 5$$

Es muy importante que sepamos calcular y volar correctamente un viraje estándar ya que todas las maniobras en vuelo IFR se calculan con esta razón de viraje.





Sistema estático-pitot

Los instrumentos del sistema estático-pitot basan su funcionamiento en las diferencias de presión del aire para indicar velocidad y altitud. La presión de impacto, también llamada dinámica, es la presión tomada por el tubo pitot y se encuentra únicamente conectada al indicador de velocidad. La presión estática (o ambiente) obtenida de la toma estática, se conecta a los tres instrumentos que componen este sistema.



Indicador de Velocidad

Es el único instrumento que utiliza tanto la presión estática como la de impacto para su funcionamiento. La indicación es determinada comparando ambas presiones: cuanto mayor sea la diferencia, mayor será la velocidad. El velocímetro se divide en varios rangos de color que definen rangos de velocidades para las diferentes fases del vuelo:

	Arco Blanco: Rango de operación de flaps Limite inferior: velocidad de stall con flaps extendidos (V_{s0}) Limite superior: velocidad máxima con flaps extendidos (V_{fe})
	Arco Verde: Rango de operación normal Limite inferior: velocidad de stall sin flaps (V_{s1}) Limite superior: velocidad máxima estructural (V_{no})
	Arco Amarillo: Rango de precaución estructural Limite inferior: velocidad máxima estructural (V_{no}) Limite superior: velocidad de nunca exceder (V_{ne})
	Linea indicadora roja: Velocidad de nunca exceder (V_{ne})

Repasemos algunos tipos de velocidad aérea:

- Indicada (IAS): Es la leída directamente del instrumento, sin ningún tipo de corrección.
- Calibrada (CAS): Es la velocidad indicada corregida por error del instrumento y de instalación. Este error es generalmente mayor a velocidades más bajas. Normalmente encontraremos los valores de corrección en el POH de nuestro avión.
- Verdadera (TAS): velocidad calibrada corregida por temperatura y densidad del aire. Recordemos que a mayor altitud la densidad disminuye. La TAS aumenta a medida que ascendemos mientras que la IAS disminuye.
- Terrestre (GS): Es la velocidad verdadera corregida por viento: si volamos con viento de frente, nuestra GS será menor a la TAS mientras que si lo hacemos con viento de cola, la GS será mayor a la TAS.

Altímetro

El altímetro es un barómetro anerode que mide la presión de la atmósfera al nivel en que nos encontremos volando y presenta una altitud en pies. Utiliza la presión estática para su funcionamiento. Recordemos que el aire se vuelve menos denso a medida que ascendemos, por lo que a mayor altitud, menor presión: esta diferencia de presión a diversos niveles causa que el altímetro indique cambios de altitud. Debido a que los cambios en la presión del aire afectan directamente la precisión de la indicación, el altímetro cuenta con una perilla para ajustar la escala.



Indicador de Velocidad Vertical

Este instrumento utiliza la presión estática para indicar un ascenso o descenso en pies por minuto (FPM). A medida que el avión asciende o desciende, el instrumento determina la velocidad vertical midiendo que tan rápido aumenta o disminuye la presión del aire: si la presión del aire aumenta, se indicará un descenso mientras que si la presión disminuye se indicará un ascenso. Si la presión permanece constante, la indicación permanecerá en cero.



Cross-check

Ya que repasamos los instrumentos principales para nuestro vuelo, es momento de aprender a mantener una vigilancia constante sobre ellos, sin descuidar ninguno. Para lograr esto, se utilizan las técnicas de cross-check.

El cross-check es la división correcta de la atención y la interpretación de los instrumentos de vuelo. La atención debe estar eficientemente dividida entre los instrumentos, de tal forma que se pueda cubrir la totalidad de los instrumentos, determinando la actitud exacta de la aeronave. Producto de los diferentes errores que se encuentran durante un vuelo, tales como error humano, error de instrumento y variación de la performance de la aeronave a diferentes condiciones atmosféricas y de peso, es imposible establecer una actitud y mantener una performance sin variaciones por un largo tiempo.

Estas variables indicadas anteriormente hacen que el piloto tenga que estar constantemente verificando sus instrumentos y efectuando los cambios de actitud apropiados. Vemos los

diferentes tipos de cross-check que podemos aplicar durante nuestro vuelo:

Cross-check radial

Con el uso de esta técnica los ojos del piloto pasan del 80% al 90% del tiempo mirando al indicador de actitud, dejándolo sólo el 20% o 10% del tiempo para efectuar miradas rápidas a los otros instrumentos de vuelo que rodean al indicador de actitud. Con este método, los ojos nunca viajarán directo entre los instrumentos de vuelo sino que se mueven a través del indicador de actitud. La maniobra a realizar determina que instrumentos mirar y en cual orden.



Cross-check Rectangular

Consiste en la revisión de los tres instrumentos superiores y bajar a revisar los tres inferiores, para posteriormente, volver a subir. Este movimiento describe un rectángulo y su sentido (a favor o en contra de las manecillas del reloj) será una elección personal. Este tipo de cross-check da igual cantidad de tiempo a todos los instrumentos sin importar la maniobra que se esté realizando. Se debe considerar que este método alarga el tiempo en que los ojos volverán a revisar un instrumento crítico para la maniobra que se está realizando.



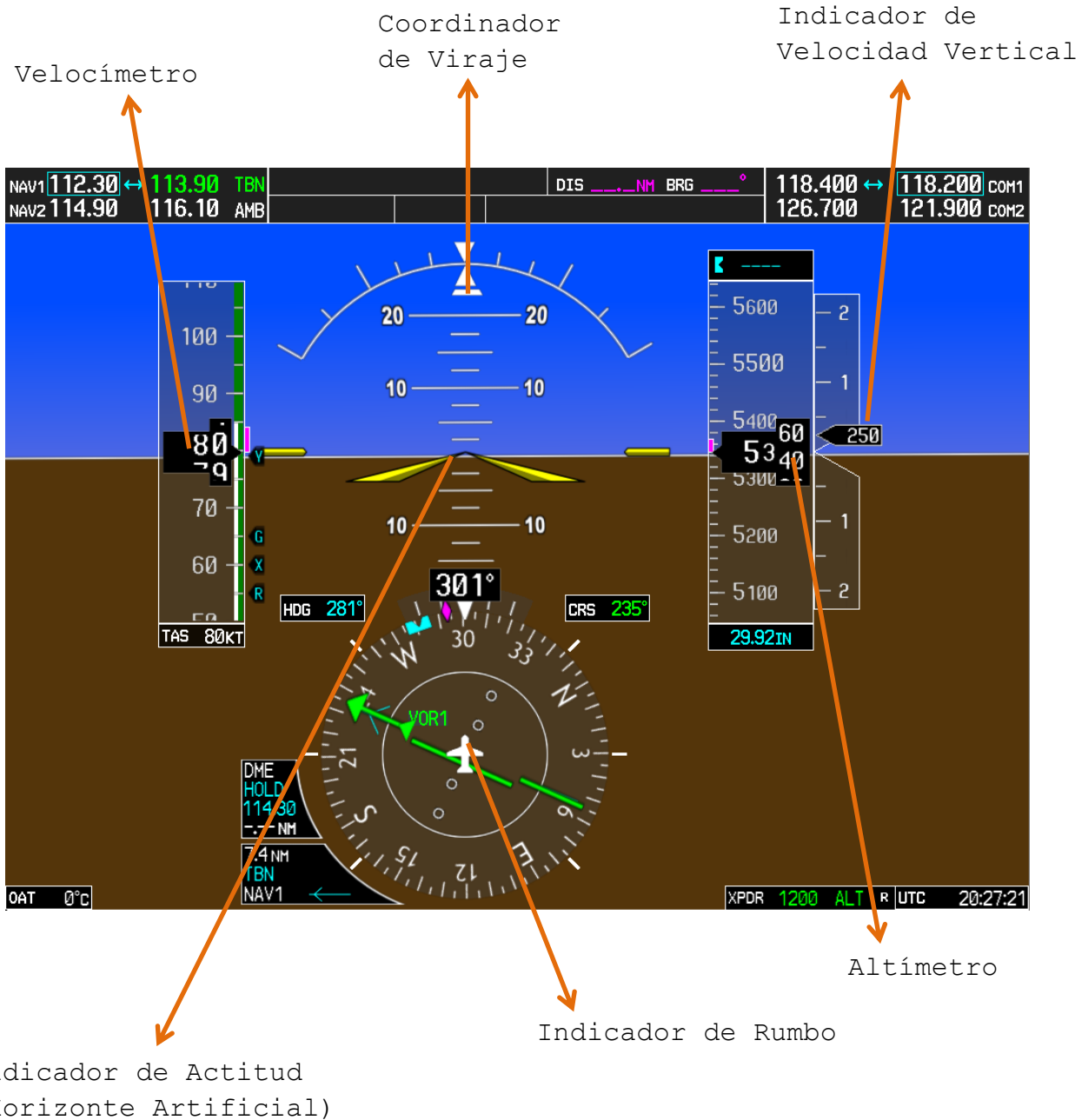
Cross-check en V invertida

Consiste en el movimiento de los ojos desde el indicador de actitud hacia abajo al indicador o coordinador de viraje, posteriormente arriba al indicador de actitud, abajo al indicador de velocidad vertical y nuevamente al indicador de actitud.



Independientemente del método que utilicemos, es importante remarcar la importancia del indicador de actitud durante un vuelo IFR ya que es nuestra única referencia respecto al horizonte "real".

¿Qué ocurre si volamos una aeronave con Primary Flight Display (PFD)? Lo esencial para lograr un correcto cross-check de los instrumentos es saber identificarlos y leerlos de correcta manera:



The image shows a Primary Flight Display (PFD) with several instruments labeled with orange arrows:

- Velocímetro:** Points to the airspeed indicator on the left, showing a reading of 80 KT.
- Coordinador de Viraje:** Points to the turn coordinator at the top center, showing a 20-degree bank angle.
- Indicador de Velocidad Vertical:** Points to the vertical speed indicator on the right, showing a reading of 250 FT/Min.
- Indicador de Actitud (Horizonte Artificial):** Points to the artificial horizon in the center, showing a pitch of 301 degrees.
- Indicador de Rumbo:** Points to the heading indicator at the bottom center, showing a heading of 281 degrees.

Other visible data on the PFD includes:

- NAV1: 112.30, NAV2: 114.90
- TAS: 80KT
- HDG: 281°
- CRS: 235°
- DME HOLD: 114.30 NM
- 7.4 NM TBN NAV1
- Altitude: 5340 FT
- Vertical Speed: 250 FT/Min
- Vertical Scale: 5100, 5200, 5300, 5400, 5500, 5600
- Bottom Right: XPRD 1200 ALT R UTC 20:27:21

Veamos entonces como realizamos un correcto cross-check:



Como podemos ver, realizamos un cross-check radial, con ligeras variaciones debido a la ubicación de los instrumentos, pero centrado igualmente en el indicador de actitud. Nuevamente, es importante destacar que para realizar un cross-check de manera correcta y eficaz, debemos tener muy en claro donde se encuentra cada instrumento y saber leer correctamente la indicación que nos brinda.

Control de la aeronave

A diferencia del VFR, en el cual el piloto controla su aeronave con referencia al horizonte natural, el vuelo IFR es controlado por el piloto únicamente con referencia a los instrumentos de vuelo.

Los instrumentos utilizados para volar por instrumentos se dividen en tres:

- **Instrumentos de Control:** Muestran las indicaciones de actitud (horizonte artificial) y potencia (tacómetro).
- **Instrumentos de Performance:** Indican el comportamiento real o performance de la aeronave. La performance es determinada con referencia al altímetro, velocímetro, variómetro, indicador de rumbo e indicador o coordinador de viraje.
- **Instrumentos de Navegación:** Estos instrumentos indican la posición de la aeronave con relación a una instalación o punto fijo de navegación seleccionado (HSI, DME, RMI, etc.)

La performance de un avión se obtiene controlando su actitud y potencia. En el vuelo por instrumentos, el Piloto debe ajustar una actitud y una potencia necesaria para obtener una performance deseada. Esto se conoce como el **Concepto de Control y Performance**.

¿Cómo logramos el control y performance?

-**Establezca** una actitud y potencia en los instrumentos de control lo que le dará una performance aproximada a la requerida. Cambios de actitud conocidos o previamente calculados así como también rangos de potencias predefinidas, ayudarán a reducir la carga de trabajo.

-**Compense** su avión hasta que las presiones sean neutralizadas. La compensación para volar soltando los mandos, es esencial para mantener un control del avión suave y preciso. Permite que el piloto pueda desviar su atención a otras actividades de cabina con una desviación mínima de la actitud establecida.

- **Cross-check** con los instrumentos de performance, para poder determinar si la actitud y la potencia seleccionadas están proporcionando la performance requerida. El cross-check consiste en ver e interpretar. Si se identifica una desviación, determine la magnitud y dirección de la corrección necesaria para lograr la performance deseada.

- **Ajuste sus parámetros** si la performance obtenida no es la deseada. Ajuste nuevamente la actitud y potencia como sea necesario para lograr la performance requerida.

Procedimientos de Cabina

Hasta aquí hemos visto y repasado todos los instrumentos que utilizaremos para nuestro vuelo IFR. Es momento de estudiar como utilizaremos y verificaremos estos instrumentos desde que subimos a nuestro avión y volamos una salida estandarizada (SID), hasta que alcanzamos nuestra altitud de crucero.

Inspección Interior

Durante la inspección interior, se deberá dar especial atención a los siguientes puntos:

- Erectar y ajustar el indicador de actitud.
- Verificar que el compás magnético se encuentre con líquido y sin burbujas, con su cartilla de corrección al día y a la vista, y que tenga una correcta indicación.
- Indicadores de rumbo sincronizados y correcta operación.
- Indicador o coordinador de viraje, en correcta operación: palo vertical o avioncito nivelado, y bola centrada.
- Variómetro con indicación 0
- El altímetro con la elevación del campo. Luego colocar la presión que le dé Control Terrestre y verificar que la diferencia no sea mayor +/- 75 pies.
- Velocímetro en cero

Durante el rodaje

Durante el rodaje de la aeronave, aprovechando los virajes hacia las calles de rodaje, deberá verificar el correcto desplazamiento de los indicadores de rumbo, compás magnético y bolita de acuerdo a la siguiente rutina:

- Viraje a la derecha, Compás magnético con libre desplazamiento y aumentando, indicadores de rumbo aumentando y bolita desplazada al lado contrario del viraje.

- Viraje a la Izquierda, Compás magnético con libre desplazamiento y disminuyendo, indicadores de rumbo disminuyendo y bolita desplazada al lado contrario del viraje.

Briefing de Despegue y Verificación en Pista

Antes del despegue y durante el briefing, verifique como mínimo lo siguiente:

- Confirmar pista de despegue, condiciones y SID.
- Velocidades V1, Vr y V2.
- Procedimiento en caso de emergencia durante el despegue.
- Ruta de escape en caso de emergencia durante la SID.

Una vez en la pista, verificar los instrumentos de la aeronave. Por lo general se verificara:

- Indicador de actitud a la potencia recomendada.
- Compás magnético e Indicadores de rumbo alineado con el eje de pista.
- Selector de rumbo, alineado con eje de pista.
- Selector de Curso (CDI) ajustado con el primer curso a interceptar.
- Identificar radio ayudas.
- Calefactor del tubo pitot y sistemas anti-hielo (de acuerdo a las condiciones existentes).
- Control del tiempo.

Despegue por Instrumentos

El despegue por instrumentos es una maniobra que consiste en una transición de referencias visuales a referencias instrumentales. La cantidad de atención que se le dará a cada referencia varía según el tipo de aeronave y las condiciones meteorológicas existentes.

Una vez autorizado a despegar, se debe mantener el control direccional, preferentemente con referencias externas. En el cross-check se debe transferir de las referencias exteriores hacia el indicador de velocidad y actitud. La transición de

uso de referencias externas a los instrumentos es proporcional a la medida en que se pierdan las referencias exteriores. Es importante que esta transición este "en proceso" antes de perder completamente las referencias externas durante la carrera de despegue o la salida. A medida que ascienda, confíe en sus instrumentos, de manera que pueda descartar las apreciaciones sensoriales erróneas.

La actitud de despegue se debe establecer en el indicador de actitud y ésta varía según el tipo de aeronave. Se debe colocar durante la rotación o antes de alcanzar la velocidad de despegue, y esta actitud debe mantenerse en la posición con las alas niveladas desde que el avión sale de la pista y comienza a elevarse.

Compruebe el indicador de velocidad vertical y el altímetro para obtener una efectiva indicación del ascenso antes de subir el tren y los flaps. Mantenga o ajuste la actitud según sea necesario para asegurar el ascenso deseado y ahora incluya el indicador de rumbo en su cross-check.

Ascenso

Durante el ascenso, utilice la velocidad recomendada en el manual de vuelo de su aeronave. Mantenga la velocidad de ascenso con referencia al indicador de actitud y verificando en el velocímetro si es correcta la indicación de velocidad que debe tener o si es necesario un ajuste. Estas correcciones se deben hacer en el indicador de actitud y en pequeñas cantidades. Una vez alcanzada la altitud de transición, ajustar el altímetro a QNE (1013hpa/29.29inHg)

Procedimiento de Nivelada

El anticipo recomendado para nivelar, es el 10% de la razón de ascenso indicada en el variómetro. Cuando alcance el anticipo, lleve la referencia del Indicador de Actitud a la posición para vuelo nivelado en el horizonte, de forma tal que cuando llegue a ella, usted alcance la altitud deseada. La altitud o nivel de vuelo se mantiene considerando los instrumentos de control y performance.