

INSTRUMENTOS DE VUELO

Para el alumno novicio en el aprendizaje de la técnica de vuelo, lo que más extraño encuentra al subir a la cabina de un avión son los instrumentos de vuelo. Hay un conjunto de relojes a los que no está acostumbrado, y que en apariencia presenta una gran complicación, parece difícil entender su significado y prestar atención a todos ellos al mismo tiempo.

El piloto debe aprender cómo volar haciendo uso de la información que le suministran estos, su significado y posibilidades, así como la relación que los une, y como el fallo de alguno puede limitar el vuelo. Debe reconocer su mal funcionamiento y la posibilidad de ser reparados en vuelo, o bien la utilización parcial en caso que la falla no sea completa.

Clasificación

Los instrumentos se clasifican en dos grandes familias o grupos:

- a) Instrumentos basados en la medición de presión.
- b) Instrumentos basados en las propiedades giroscópicas.

Junto a estas dos grandes familias hay otros instrumentos que son clasificados normalmente como “otros instrumentos e indicadores”, ya que su principio de funcionamiento puede variar de unos tipos a otros, también se incluyen los instrumentos del motor.

a) Instrumentos basados en la medición o cambios de presión del aire.

Estos son:

- Velocímetro, o indicador de velocidad.
- Altimetro, o indicador de altura.
- Variómetro, o indicador del régimen de cambio de altura, en ascenso o descenso.

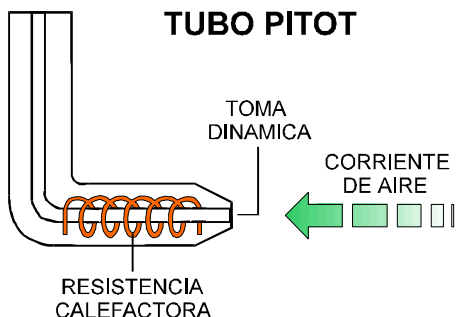
Cabe recordar que según el teorema de Bernoulli, la suma de la presión estática y la presión dinámica debe ser siempre una constante, e igual a la presión total.

El fundamento de trabajo de estos instrumentos consiste en diseñar unos aparatos capaces de proporcionar información del movimiento del avión en el seno de la masa de aire. Estas mediciones se realizan mediante el tubo Pitot, y las tomas o medidores de presión estática.

Recordamos que el mecanismo básico de cada uno de ellos está estrechamente unido, por lo tanto, por razones de simplicidad de dibujo, se utilizará un mismo tipo de mecanismo para diferentes aplicaciones acondicionado para presentar la información, aunque en la realidad, cada uno de éstos tendrá algunas sutilezas particulares que lo identifica.

El tubo de Pitot

Es una especie de tubo perfectamente visible en todos los aviones. Debe estar sitiado enfrentando el orificio medidor de la presión con la corriente de aire. Para los aviones que vuelan en zonas sumamente frías, con formación de hielo, estos llevan instalada una resistencia eléctrica sobre el mismo para evitar la formación de hielo en la abertura de entrada de aire.

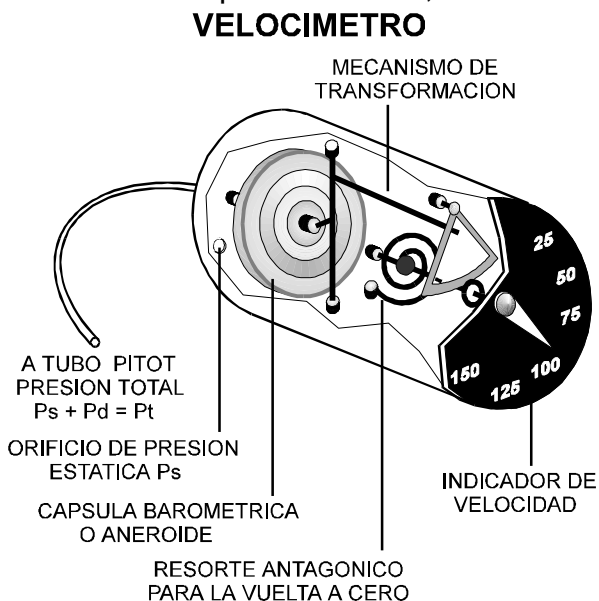


Para los aviones que vuelan en zonas sumamente frías, con formación de hielo, estos llevan instalada una resistencia eléctrica sobre el mismo para evitar la formación de hielo en la abertura de entrada de aire.

Las tomas estáticas son unos orificios situados en zonas del avión donde el aire está en remanso, o muy poco afectado por la velocidad relativa. Estas tomas pueden obturarse por suciedad, polvo o por cualquier objeto extraño. Su comprobación formará parte de la inspección de pre-vuelo. En el caso de que la toma de presión quedara obturada, no sería posible obtener indicaciones reales de los instrumentos de presión. En este modelo las tomas están dentro de la cabina del avión.

El velocímetro o indicador de velocidad

Es un medidor de presión, diseñado de modo que pueda transformar en km/h, millas/h, nudos/h, o cualquier otra unidad de velocidad. El sistema utiliza las tomas estáticas para medir Ps; el sistema de pitot para medir Ps+Pd (presión total). Un diafragma barométrico, y el indicador propiamente dicho. Dentro de la cápsula barométrica, el sistema pitot introduce la presión total (Ps+Pd), por el orificio de presión estática, se hace llegar la presión Ps. La cápsula se dilata exclusivamente por el efecto Pd (presión dinámica), ya que las presiones estáticas se anulan al estar dentro y fuera de la cápsula.



Matemáticamente:
 $Ps + Pd = Pt$
 Se conoce Ps y Pt, luego:
 $Pd = Pt - Ps = \frac{1}{2} V^2$.

Por lo tanto, la dilatación de la cápsula está midiendo el valor de $\frac{1}{2} V^2$ permanentemente. Es importante mencionar que son dos los factores que influyen en la medición: densidad y velocidad del aire. Una indicación de 90 nudos, por ejemplo, puede ser consecuencia de una alta velocidad y baja densidad, o viceversa, en la proporción suficiente para que $\frac{1}{2} V^2$ valga 90 nudos.

Distintas velocidades indicadas por el velocímetro.

El piloto debe saber qué está marcando el velocímetro, ya que en muchas ocasiones la posición de la aguja indicadora no refleja la velocidad de las partículas de aire que rodean al avión, o movimiento relativo aire-avión.

IAS – (*Indicated Air Speed*) – Velocidad indicada

Es la velocidad leída directamente en el instrumento.

CAS – (*Calibrated Air Speed*) – Velocidad calibrada

Algunos sistemas anemométricos presentan un error controlado, por construcción o por otras causas, entre la indicación directa y la real. Son errores de calibración, o tara del instrumento.

Su valor no suele ser muy grande, 1 ó 2 nudos, y es posible conocerlo consultando la tabla de correcciones. El piloto no cometerá un gran error considerando las IAS como CAS, en el caso de no disponer de una tabla de corrección.

TAS – (*True Air Speed*) – Velocidad real

El significado de esta velocidad a veces causa problemas de comprensión a los alumnos.

Recordemos que la cápsula barométrica mide, con sus dilataciones, el valor de presión dinámica, como la mitad del producto de la densidad del aire por la velocidad al cuadrado. Esta dilatación se transmite a un sistema mecánico que transforma la presión en unidades de velocidad. Dicho sistema está ajustado para anular el efecto de la densidad del aire a nivel del mar. Por lo tanto, cualquier medición que se realice a una altitud distinta, por ejemplo 3000 m, introduce el **error de densidad**.

La TAS será la velocidad IAS o CAS, corregida por error de densidad. Esta diferencia puede llegar a ser muy grande. Por ejemplo, una IAS de 150 km/h indicados a nivel de mar, en una atmósfera standard, son 150 km/h TAS.

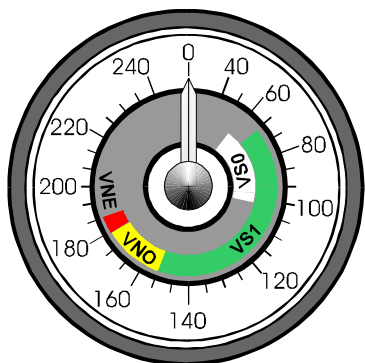
Sin embargo, los mismos 150 km/h IAS indicados a 3000 m. de altura, son 175 km/h TAS. El cálculo de TAS debe realizarse con el computador de vuelo, partiendo de la IAS, midiendo la temperatura exterior y corrigiendo el error de densidad, debido a la altura y la temperatura. Algunos anemómetros llevan incorporado un pequeño calculador en el mismo indicador, que permite medir la TAS, tomando como base la IAS, la altitud de vuelo y la temperatura exterior.

EAS – (*Equivalent Air Speed*) – Velocidad equivalente

Cuando el avión vuela muy rápido, aparece un nuevo error de medición, debido al efecto de la compresibilidad del aire. Este error no es importante a velocidades inferiores a 450 km/h, o por debajo de los 3000 m. de altura.

Significado de las marcas y colores en el velocímetro.

Los anemómetros tienen señaladas algunas velocidades o márgenes de velocidades, con un código de colores cuyo significado el piloto debe conocer.



Línea roja

VNE – (*Velocity Never Exceed*) – Velocidad que no debe sobrepasarse en ningún caso.

Arco amarillo

VNO – (*Velocity Normal Operating*) – Velocidad máxima estructural de vuelo. Margen de precaución. El avión podría dañarse estructuralmente, en caso de encontrar ráfagas o turbulencias fuertes. En caso de estar éstas presentes, no es conveniente volar dentro de este arco. El arco amarillo tiene como límite superior la VNE e inferior la VNO.

Arco verde

VS1 – Margen normal de operación. Su límite superior es la VNO y el inferior la velocidad a la cual el avión entraría en pérdida en la condición de: peso máximo, flaps retraídos y sin motor. En este margen el avión no tendrá problemas estructurales en caso de vuelo en turbulencia moderada (rachas verticales de hasta 9 metros por segundo).

Arco blanco

VS0 – Normalmente conocida como velocidad de flaps VF. No aplicable para el caso del tipo de máquinas a las que está dirigido este manual. Margen normal de operación con los flaps extendidos. El límite inferior es la velocidad de pérdida en la situación de: peso máximo, flaps completamente extendidos, tren de aterrizaje fuera y sin motor.

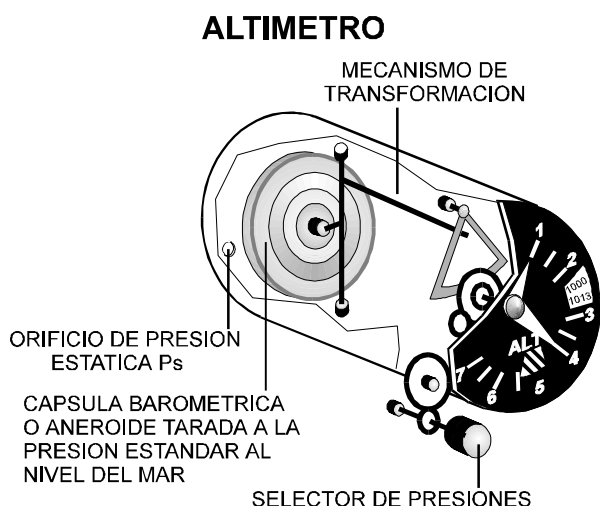
Estas marcas toman siempre como referencia las velocidades indicadas IAS.

Por lo tanto, si un avión entra en pérdida por ejemplo a una velocidad de 90 km/h, lo hará siempre que aparezca esta velocidad indicada en el instrumento, cualquiera sea su altitud. Esto es así porque el sistema pitot se ve afectado por el mismo error de densidad que afecta al resto de fuerzas que son creadas en torno a la aeronave: sustentación, fuerzas estructurales, potencia desarrollada por el motor, etc.

El altímetro

Mide la presión atmosférica permanentemente, a través de las tomas estáticas. Su principio de funcionamiento está basado en la variación de presión debida a la altura. El instrumento incluye un sistema mecánico que transforma la indicación de presión en altura, generalmente en pies.

La cápsula está herméticamente cerrada y trabada a la presión atmosférica standard al nivel del mar (1013 milibares). Una abertura permite la entrada al



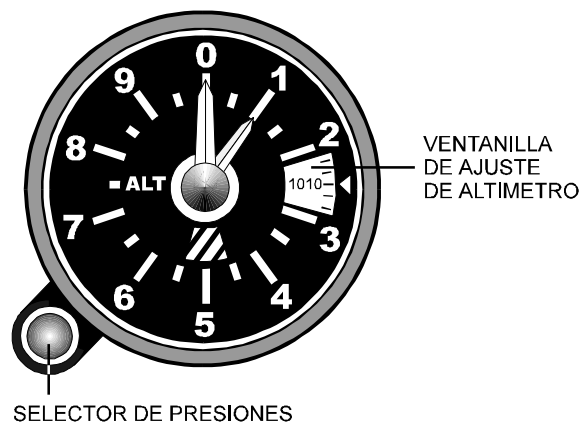
instrumento de la presión estática. La cápsula se dilata o se contrae, según esta presión, y su movimiento es transmitido mecánicamente a un sistema de agujas indicadoras.

Como leer un altímetro

Muchos pilotos encuentran problemas de interpretación del altímetro. Normalmente, tiene tres agujas indicadoras, de distinto tamaño, montadas sobre un círculo dividido en cientos y miles de pies. Debe siempre leerse el altímetro comenzando por la aguja más pequeña y continuando en orden creciente de tamaño. La aguja chica señala los miles y la grande los cientos. El error de interpretación ha sido, en muchas situaciones, causa de accidentes muy graves.

Indicadores del altímetro, según la presión de referencia.

El altímetro mide siempre la diferencia de presión entre el interior de la cápsula barométrica y la presión exterior. Cuando el avión sube, la presión atmosférica decrece, y por lo tanto, la cápsula barométrica se expande. Este movimiento es transmitido a las agujas indicadoras.



La presión de referencia al nivel del mar, en atmósfera standard es de 1013 milibares, a 15°C. El altímetro por construcción, está calibrado a esta presión. Cualquier cambio que exista en estas condiciones, debe ser corregido por el piloto, usando el selector de presiones para introducir la presión real sobre la que el instrumento debe tomar referencias. La presión tomada como referencia aparece indicada en la ventanilla de

ajuste del altímetro. Según la señal de presión utilizada; o ajuste, el altímetro puede indicar distintas altitudes.

A) Altitud indicada.

Cuando el ajuste del altímetro utilizado es la presión barométrica de un punto, corregida al nivel del mar.

B) Altitud real.

Altitud sobre el nivel del mar.

C) Altitud absoluta.

Altitud sobre el suelo.

D) Altitud de presión.

Altitud de presión corregida por temperatura. Para hallar esta indicación, debe utilizarse un computador de vuelo o tablas de conversión. El conocer esta altitud es fundamental para calcular el comportamiento de un avión en un momento comprometido, como el despegue.

Errores de altímetro:

Este instrumento es el más importante de los instrumentos de grupo de presión, por lo tanto conviene analizarlo detalladamente.

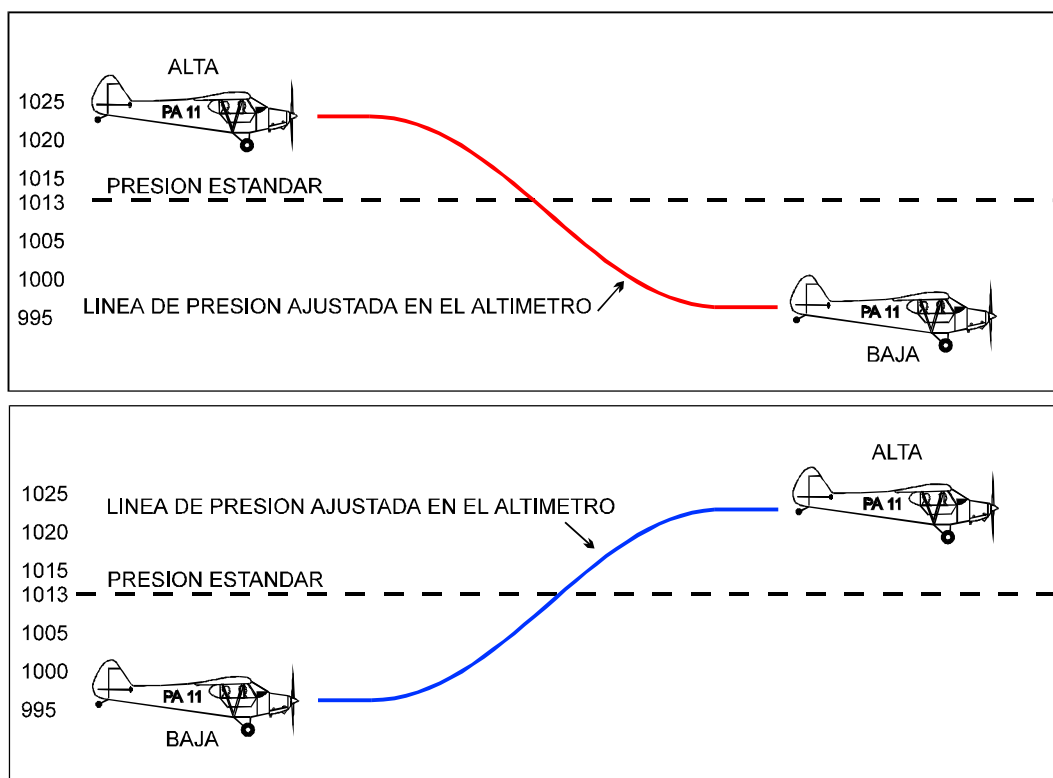
Errores debidos al cambio de presión:

Cuando se vuela desde una zona de altas presiones a una de bajas, el avión va descendiendo, aunque la lectura del nivel de vuelo sea la misma. Lo contrario ocurre cuando el avión vuela desde una zona de bajas presiones a una de altas.

Por lo tanto, *cuando vuela en una baja, esta más bajo (BB = Bajo - Bajo).*

Cuando vuela en una alta, está más alto (AA = Alto – Alto).

La situación comprometida es desde una alta presión a una baja.



Errores debidos al cambio de temperatura:

La presión atmosférica es proporcional al cambio de temperatura. Cualquier variación en la temperatura ambiente sobre la standard, suponiendo que no hay variación en la densidad, modifica la presión y, en consecuencia, la altura indicada.

En un día frío, el avión está más bajo de lo que indica el altímetro.

En un día cálido, el avión está más alto de lo que indica el altímetro.

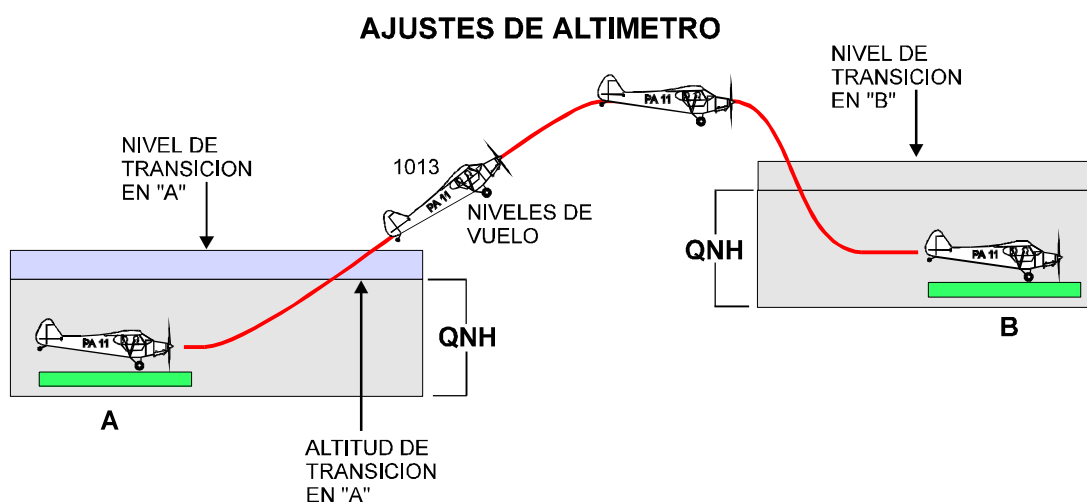
Los errores debidos a la temperatura pueden ser conocidos llevando un calculador o una tabla de conversión. Algunas aeronaves llevan termómetro de temperatura exterior.

Uso del altímetro

En la plataforma, al establecer contacto con la torre de control, el piloto pedirá el QNH, o medición de presión del campo en ese momento corregida al nivel del mar. Recibido el dato, ajustará el altímetro. La lectura en dicho momento *debe ser exactamente la elevación del campo*, lo cual puede ser corroborado en la carta o ficha del aeródromo. En el caso que no fuera así, el altímetro tendrá un error que conviene anotar para futuros ajustes, ya que ese error de instrumento se arrastrará en todas las lecturas.

Otro procedimiento de comprobar el error de altímetro sería pedir el QFE, o presión real que existe en el campo, con lo cual al ajustar el instrumento según ella, debería leerse la altura *ceros*. En el caso de no ser así, la diferencia sería el error del altímetro.

El despegue debe efectuarse teniendo el instrumento ajustado según el QNH.



En el caso que el avión permanezca en el circuito de tránsito, o en las proximidades del aeródromo por debajo de la altitud de transición, el altímetro debe permanecer ajustado con el QNH. La información de altura se dará en ALTITUDES, por ejemplo 500 pies de altitud. Cada aeródromo tiene establecida una altitud de transición.

Cada día el Servicio Meteorológico proporciona información para poder establecer el nivel de transición. Esta definición queda establecida por las oficinas de Control de Aproximación, o por la torre del aeródromo, según el QNH y la presión al nivel medio del mar. El nivel de transición será el nivel de vuelo más

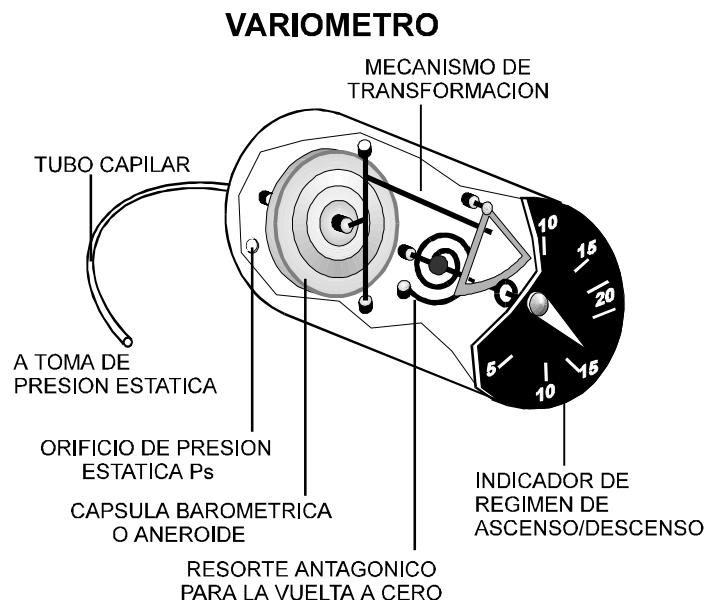
bajo a utilizar por encima de la altitud de transición establecida, respecto al aeródromo. En caso que el avión ascendiera por encima de la altitud de transición, el ajuste del altímetro se hará a 1013 milibares, al cruzar la altitud de transición. A partir de ese momento, las referencias de altitud se darán a niveles de vuelo. El vuelo se desarrollará siguiendo los niveles, según el rumbo de la ruta a seguir, según se trate de VFR o IFR.

Durante el descenso, el altímetro continuará ajustado con 1013 milibares, y por lo tanto, referido a niveles de vuelo, hasta cruzar el nivel de transición del aeródromo de destino, debiendo entonces ajustarse nuevamente con el QNH dado por éste último. Si durante el despegue se detectó error de instrumento, debe corregirse en ese momento.

El altímetro deberá indicar la elevación del aeródromo de destino al aterrizar. En algunos aeropuertos se proporciona al piloto el QFE. En ese caso, recordar que el altímetro estará midiendo alturas sobre el nivel del aeródromo, y al aterrizar marcará cero.

El variómetro o indicador de velocidad vertical.

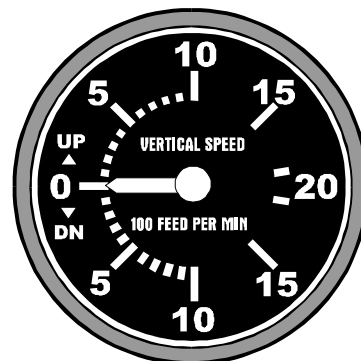
Igual que el altímetro, el variómetro tiene una cápsula barométrica, pero ésta mide el régimen de cambio de presión en lugar de la variación absoluta. La cápsula tiene una conexión al sistema medidor de presión estática. Esto significa que dentro de la misma hay una presión igual a la de la atmósfera que rodea al avión. Está colocada dentro de un receptáculo que, a través de un tubo capilar, también está conectado a la toma de presión estática.



De esta forma, la cápsula recibe la misma presión por el interior y el exterior, pero ésta última más lentamente, ya que su entrada se produce por un tubo capilar. Esta diferencia o retardo en la igualación de presiones es acusada y medida por la cápsula, transmitiéndose su movimiento a través de un sistema de engranajes al indicador de velocidad vertical.

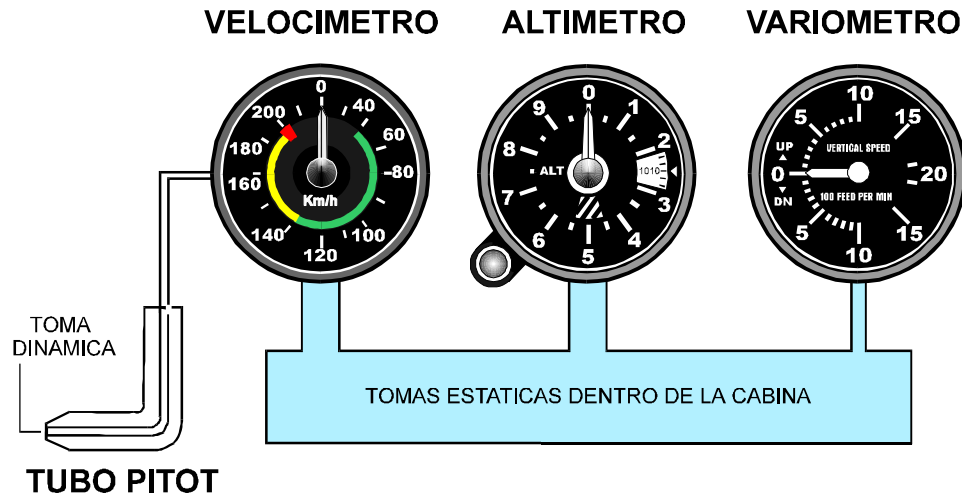
El variómetro indica, por lo tanto, el régimen de cambio de altura, en ascensos o descensos, en pies por minuto generalmente.

El variómetro debe marcar cero cuando el avión está en el suelo. Cualquier desviación de esta indicación debe ser corregida con un destornillador o con el botón de ajuste si lo tiene. En el caso que las tomas estáticas estén



obstruidas, perdiéndose por lo tanto las indicaciones de los instrumentos de presión, puede utilizarse el procedimiento de romper uno de ellos, siendo el más recomendable el variómetro.

Circuito de los instrumentos de presión



b) Instrumentos basados en las propiedades giroscópicas

Estos son:

- Horizonte artificial.
- Giro direccional.
- Indicador de virajes.

Dentro de este grupo de instrumentos sólo describiremos el horizonte artificial ya que es el único instrumento instalado en el tipo de avión al cual se está haciendo referencia.

Principio de funcionamiento.

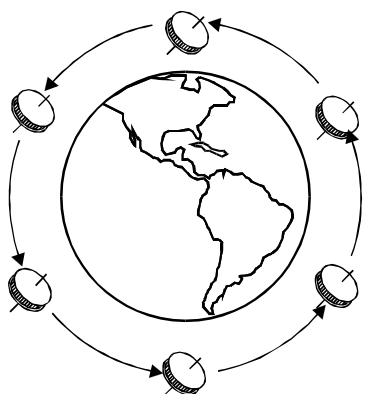
Se basan estos instrumentos en dos propiedades de los giróscopos: rigidez en el espacio y precesión.

¿Qué es un giróscopo?

Cualquier cuerpo sometido a un movimiento de rotación, acusa propiedades giroscópicas. El más conocido es el trompo. Si gira a mucha velocidad, adquiere una rigidez y una resistencia a cambiar de posición. Por otro lado, su eje de giro tiende a permanecer fijo.

Si se modifica el plano que sostiene al trompo, éste permanece con su eje apuntando en la misma dirección.

El giróscopo que se utiliza en los instrumentos de vuelo consiste en una masa de inercia que se hace girar a mucha velocidad, sujeta a unos ejes que permiten presecionar, o sea, reaccionar a cualquier fuerza que afecte su movimiento.

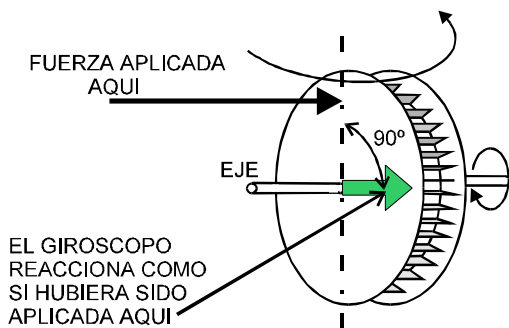


Rigidez en el espacio.

El giróscopo se resiste a cualquier esfuerzo que se haga para tratar de modificar su eje de giro, o su plano de rotación. El horizonte artificial y el giro direccional aplican esta propiedad.

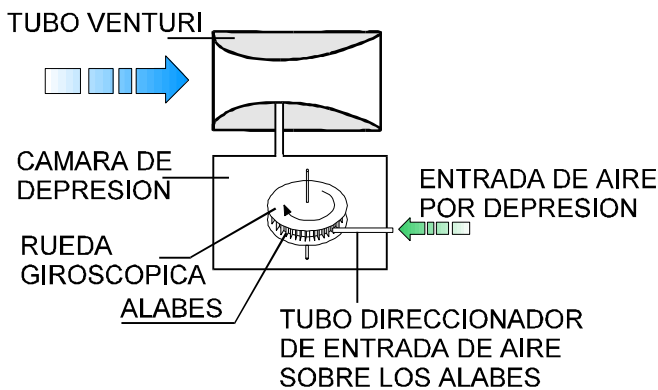
Precesión

Si la fuerza que se realiza sobre el giróscopo tratando de modificar su eje o plano de rotación, llega a ser suficientemente grande, el giróscopo reacciona, pero lo hace como si el punto de aplicación de la fuerza estuviera a 90° desplazado en el sentido de giro del punto real de aplicación.



El indicador de virajes (bastón o palo) hace uso de esta propiedad.

La presión de succión.



La rueda del giróscopo debe ser sometida a un movimiento giratorio muy rápido. Normalmente, se logra con una corriente de aire a presión sobre la rueda, que lleva instalados unos pequeños álabes. La corriente de aire se logra con aire a impacto directamente del exterior, a través de una bomba neumática, o aprovechando las

propiedades del tubo de venturi estudiados en el capítulo de aerodinámica. Para el caso del avión en referencia se aplica esta última.

En el caso que la presión sobre los álabes no es suficiente, la indicación de los instrumentos giroscópicos no es de fiar.

Uno de los mayores enemigos del giróscopo es el humo del tabaco en cabina, ya que la nicotina se deposita en los ejes de giro, retrasando e impidiendo su rotación normal.

El horizonte artificial.

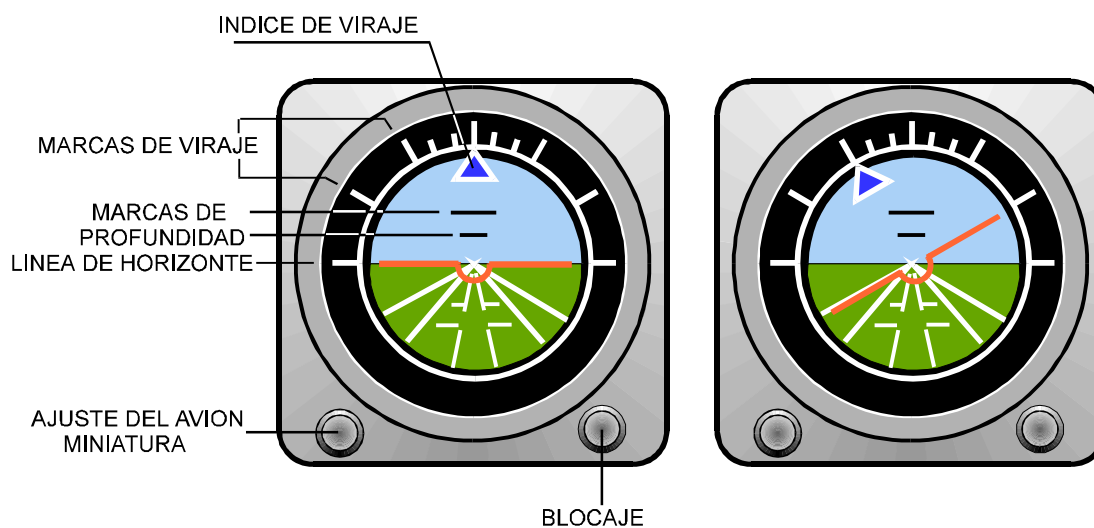
El horizonte opera aprovechando la rigidez en el espacio del giróscopo y es, por lo tanto, el instrumento indicador de posición.

Sobre el giróscopo va montado un pequeño avioncito fijo, con unas marcas laterales de indicación, para medir el viraje o inclinación.

Si el avión se inclina, el giróscopo permanece con su plano de giro en la misma posición, permitiendo crear una sensación visual en el instrumento que hace posible el control de la posición del avión con esta referencia artificial.

Descripción del instrumento:

El horizonte artificial contiene una información que el piloto debe conocer perfectamente.



- Línea de horizonte:

Es una línea recta que transmite la posición del giróscopo y representa artificialmente el horizonte real.

- Avión miniatura:

Representa el avión, su posición con relación a la línea del horizonte indica exactamente la posición del avión, con relación al horizonte real, tanto en profundidad como en inclinación.

- Ajuste del avión miniatura:

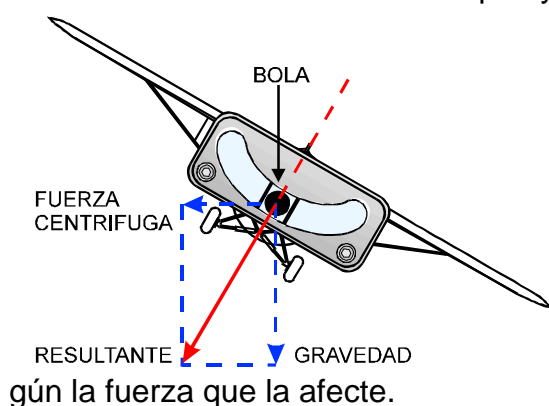
Es un mando que permite ajustarlo verticalmente.

- **Marcas de viraje:**
En el semicírculo superior, aparecen indicadas unas marcas de viraje. Son fijas e indican la inclinación. Están marcadas con trazo fuerte 0°, 30°, 60°, 90°. Los primeros 30° están señalados de 10° en 10°.
- **Índice de viraje:**
Es móvil, e indica exactamente el grado de inclinación alcanzado. El tipo de viraje normal es 3° por segundo, siendo necesaria una inclinación distinta según la velocidad del avión.
Una buena norma para conocer con bastante aproximación el grado de inclinación requerido para un viraje standard es: dividir la velocidad en millas por hora por 10; y sumarle 5. El ángulo de inclinación resultante será el que proporcione un viraje standard.
Por ejemplo:
Velocidad = 150 mph
 $150/10 + 5 = 20^\circ$ de inclinación.
Esta regla es muy precisa para velocidades comprendidas entre 100 y 200 mph. Si el velocímetro estuviera indicando en nudos, la regla sería dividir por 10 y añadir la mitad del resultado.
Por ejemplo:
Velocidad = 150 mph = 130 nudos
 $130/10 = 13$; $13 + 13/2 = 13 + 6,5 = 19,5^\circ$ aproxim. 20° de inclinación.
- **Marcas de profundidad:**
Permiten conocer la posición vertical del avión, con relación al horizonte real. Se utilizarán para ascensos y descensos controlados, situando en la marca deseada el avión miniatura.
- **Bloqueo:**
Permite fijar el giróscopo en una posición para evitar que se mueva. Es necesario hacerlo en aquellas maniobras en las que se vayan a forzar los límites del aparato. En algunos casos, este bloqueo no existe porque no tiene limitaciones, pudiendo ser utilizado incluso en acrobacia.

OTROS INSTRUMENTOS INDICADORES

El inclinómetro.

Este instrumento indica los derrapes y resbales y consiste en un tubo de cristal curvado, con líquido en su interior,



dentro del cual se desliza libremente una bola de ágata o acero. La bola se desplaza siguiendo las fuerzas centrífugas que afectan al avión.

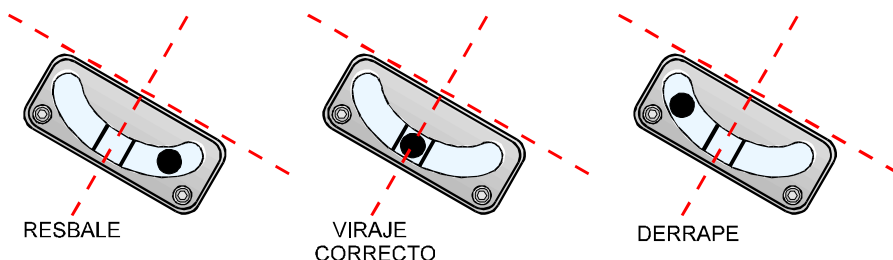
Si los movimientos del avión fueran coordinados, la bola debería permanecer centrada; en el caso de que no lo sean, la bola se desplazaría del centro, indicando un derrape o un resbale, según la fuerza que la afecte.

Resbale

Se produce cuando el movimiento del pedal respecto a la palanca esta desproporcionado, o sea, el alabeo no esta compensado con la dirección.

Derrape

Se produce cuando el movimiento de la palanca respecto al pedal es desproporcionado, o sea, la dirección no es compensada con la palanca.

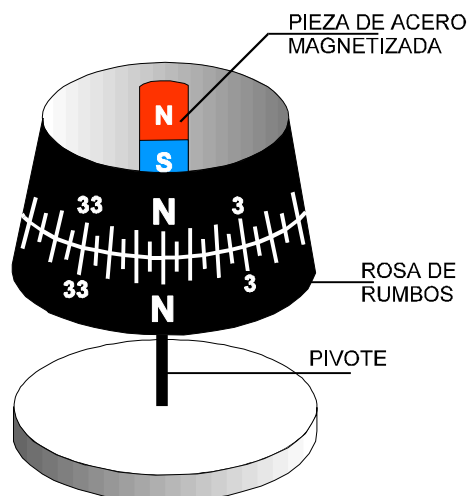


La brújula magnética.

La brújula magnética consiste básicamente en un imán que se orienta según el campo magnético existente en el sitio donde está ubicado el avión. Los imanes tienden a alinearse siguiendo las líneas de flujo magnético. Esta propiedad es más acusada cuanto más cerca de los polos se encuentra el imán, hasta el punto de que sobre el mismo polo la aguja imantada indicaría hacia abajo “*buscando el Polo*”. Esta desviación de la horizontal se llama en inglés “*dip*”, o inclinación.

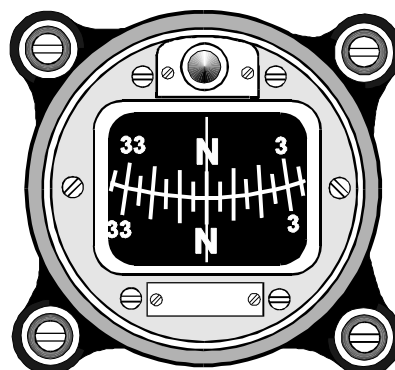
La brújula permite conocer el rumbo magnético de la aeronave. Desde los polos magnéticos de la Tierra, surgen líneas magnéticas o líneas de flujo, y los imanes se orientan según las mismas.

Construcción de la brújula:



Consiste en dos piezas de acero magnetizadas. Alrededor tiene soldada una rosa de rumbos. Los imanes pueden girar casi sin rozamiento sobre un eje. El piloto, a través de un cristal, puede ver el rumbo indicado bajo una línea de fe.

Para facilitar el movimiento, todo el conjunto va flotando en un líquido que habitualmente es querosene.



La variación o declinación.

El Norte geográfico y el magnético no coinciden. Puesto que las cartas de navegación proporcionan el rumbo geográfico entre dos puntos y la brújula indica rumbos magnéticos, se hace necesario corregir esta diferencia, que se denomina *variación*.

La variación puede ser Este u Oeste, según la posición de ambos polos.

La variación es Este, cuando el Norte geográfico está a la izquierda del magnético.

Calculado el rumbo geográfico, en caso de variación Este, deberá **restarse** el valor de la variación para calcular el rumbo magnético.

Es variación Oeste cuando el Norte geográfico está situado a la derecha del magnético.

Calculado el rumbo geográfico, en caso de variación Oeste deberá **sumarse** la variación para calcular el rumbo magnético.

El valor de la variación debe buscarse en las cartas de navegación.

La desviación.

Las inclinaciones de la brújula están afectadas no sólo por el magnetismo terrestre, sino por cualquier otro campo magnético que se origine en las proximidades. Estos campos magnéticos pueden ser creados por un objeto metálico o por cualquier instrumento eléctrico próximo a la brújula. Estos errores se denominan *desviación*.

Periódicamente, debe comprobarse la brújula y anotar sus desviaciones. En el avión debe figurar obligatoriamente próxima a la brújula, la tabla de desviaciones. El rumbo magnético debe ser corregido con la desviación para hallar el rumbo necesario en la brújula.

POLO	N			E			S			O		
PARA	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
TOMAR	2	29	60	89	121	150	182	210	240	271	301	330

Errores de la brújula.

Básicamente, además de la desviación y la variación ya analizadas, la brújula presenta unos errores debidos a la inclinación y aceleración del avión.

Errores debidos a la inclinación (virajes).

La brújula se comporta de forma curiosa cuando el avión inicia un viraje. Depende del rumbo del avión en el momento de iniciar el viraje. Son muy acusados cuando el avión está orientado al Sur o al Norte y, prácticamente, no existe error si el avión está orientado al Este u Oeste.

Avión orientado al Sur (rumbo 180°).

Un avión volando al rumbo Sur (180°) exactamente, lo hará manteniendo bajo la línea de fe el rumbo 180°. Supongamos que el piloto decide cambiar su rumbo hacia el Norte, e inclina el avión para iniciar el viraje.

El simple hecho de inclinar el avión es acusado por la brújula adelantándose al viraje, en una cantidad de grados igual a la latitud del lugar, y si por ejemplo es 30°, indicará 210° ó 150° según se incline por derecha o por izquierda respectivamente.

Conforme el avión va cambiando el rumbo, la brújula va perdiendo el adelanto que llevaba, de manera tal que pasar por el Este u Oeste, la inclinación coincide exactamente con estos rumbos (90° ó 270°).

A medida que el rumbo se va aproximando al Norte, La brújula se retrasa con respecto al rumbo real del avión. Este retraso a rumbo Norte es también igual a la latitud del lugar. Por ello, el piloto debe saber que el viraje debe terminarse cuando la inclinación de la brújula sea de 330° ó 30°, pues en dicha situación el avión ya está en rumbo Norte, así la brújula aún no lo indique. Si el viraje debe terminarse con rumbo Este u Oeste, debe nivelarse cuando la brújula indique exactamente esos rumbos. Si debe terminarse con rumbo Norte, debe nivelarse antes que la brújula lo indique, según la latitud del lugar. Por último, si debe terminarse con rumbo Sur, se nivelará pasada la inclinación de la brújula, también tantos grados como haya de latitud en el lugar.

Errores de aceleración.

Paradójicamente, la brújula acusa los errores de aceleración y desaceleración en los rumbos Este y Oeste. En ellos, la aceleración tiene como consecuencia que la brújula indica más al Norte de lo que realmente está el avión. La desaceleración posee el efecto contrario, indicando más al Sur.

El piloto debe conocer estos errores para su aplicación, y para saber que su brújula está indicando correctamente.

Otros errores.

Por otro lado, cuando el avión está sometido a turbulencia, la brújula indica con error, siendo difícil su lectura. Estas causas han hecho que la brújula sea considerada como un instrumento de referencia, para aviones que poseen el instrumento de giro-direccional, sea éste el indicador de rumbo utilizado.

El Manómetro y el termómetro

Presión

En mecánica, fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional.

Manómetro

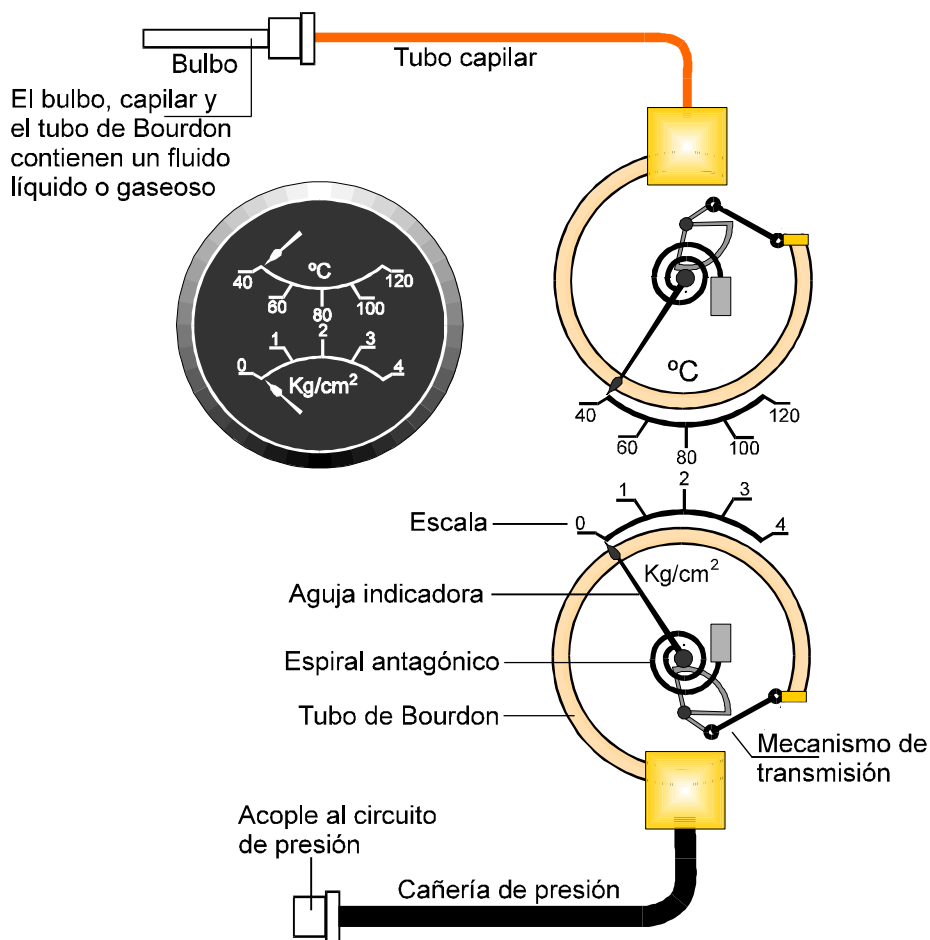
El manómetro de Bourdon, llamado así en honor al inventor francés Eugène Bourdon está formado por un tubo hueco de sección ovalada curvado en forma de gancho, donde un extremo está sellado y conectado mecánicamente a un dispositivo que transforma las variaciones del tubo por presión en un movimiento circular, sobre el cual está fija una aguja, la cuál indicará mediante una escala calibrada la diferencia de presión entre el entorno exterior y la presión que se inyecta en el otro extremo del tubo de Bourdon. Esta presión puede ser suministrada mediante un fluido líquido o gaseoso.

En la atmósfera, el peso cada vez menor de la columna de aire a medida que aumenta la altitud hace que disminuya la presión atmosférica local. Así, la presión baja desde su valor de 101.325 Pa al nivel del mar hasta unos 2.350 Pa a 10.700 m (35.000 pies, una altitud de vuelo típica de un reactor).

Termómetro

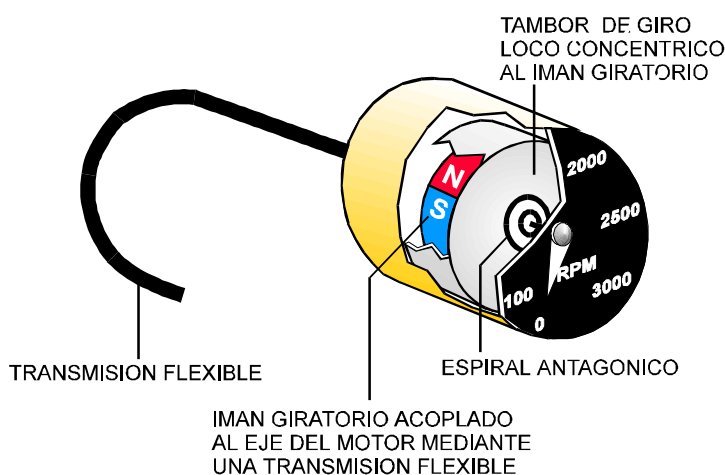
Instrumento empleado para medir la temperatura. El termómetro más utilizado es el de mercurio, formado por un bulbo, un capilar y un tubo de Bourdon al igual que el manómetro, dentro del cual el sistema se encuentra lleno de mercurio. El conjunto está sellado. Cuando la temperatura aumenta el mercurio se dilata y asciende por el capilar dilatando el tubo de Bourdon. La temperatura puede leerse en una escala al igual que para el caso del manómetro. El termómetro de mercurio es muy usado para medir temperaturas ordinarias; también se emplean otros líquidos como alcohol o éter. La invención del termómetro se atribuye a Galileo, aunque el termómetro sellado no apareció hasta 1650. Los modernos termómetros de alcohol y mercurio fueron inventados por el físico alemán Gabriel Fahrenheit, quien también propuso la primera escala de temperaturas ampliamente adoptada, que lleva su nombre. En la escala Fahrenheit, el punto de congelación del agua corresponde a 32 grados (32 °F) y su punto de ebullición a presión normal es de 212 °F. Desde entonces se han propuesto diferentes escalas de temperatura; en la escala centígrada, o Celsius, diseñada por el astrónomo sueco Anders Celsius y utilizada en la mayoría de los países, el punto de congelación es 0 grados (0 °C) y el punto de ebullición es de 100 °C.

Dibujo básico del instrumento mixto utilizado en las aeronaves



Tacómetro

Dispositivo para medir el número de revoluciones a lo largo de un intervalo de



tiempo conocido, o mediante un instrumento que determina directamente el número de revoluciones por minuto o por segundo. En el caso del tacómetro del avión, este consiste en un cable flexible unido al eje del motor, que hace girar un imán permanente dentro de un tambor de aluminio. Esto induce un campo magnético que

tiende a arrastrar el tambor, que rodea al imán. El tambor está restringido por un espiral antagonico y conectado a una aguja. Cuanto mayores la velocidad del motor, más fuerza se ejerce sobre el tambor y más alta es la desviación de la aguja.

El indicador de cantidad de combustible y su circuito

El indicador de cantidad de combustible consta de un tubo de vidrio que está conectado en la parte inferior del tanque y en la parte superior del mismo. La referencia de la cantidad de combustible se determina mediante la posición en la que se encuentra este a lo largo del tubo. Este tubo se encuentra sobre el lateral del ala izquierda en la parte interna del habitáculo.

En la figura se puede observar el circuito del combustible, que consta de tres componentes más: la T de derivación, el tanque compensador y la llave de paso. Cuando el avión realiza un viraje a la izquierda o una picada pronunciada, la salida de combustible por el tanque queda inhabilitada, ya que todo el combustible se vuelca hacia la posición inversa en la que se encuentra la toma principal, allí es donde comienza a trabajar el tanque compensador entregando el combustible al circuito hasta tanto no se restablezca la posición o se agote el combustible en el tanque compensador. Una vez restablecida la posición o haciendo viraje a la derecha vuelve a llenarse el tanque compensador. Por lo tanto debe tomarse en cuenta de no realizar virajes a la izquierda prolongados.

