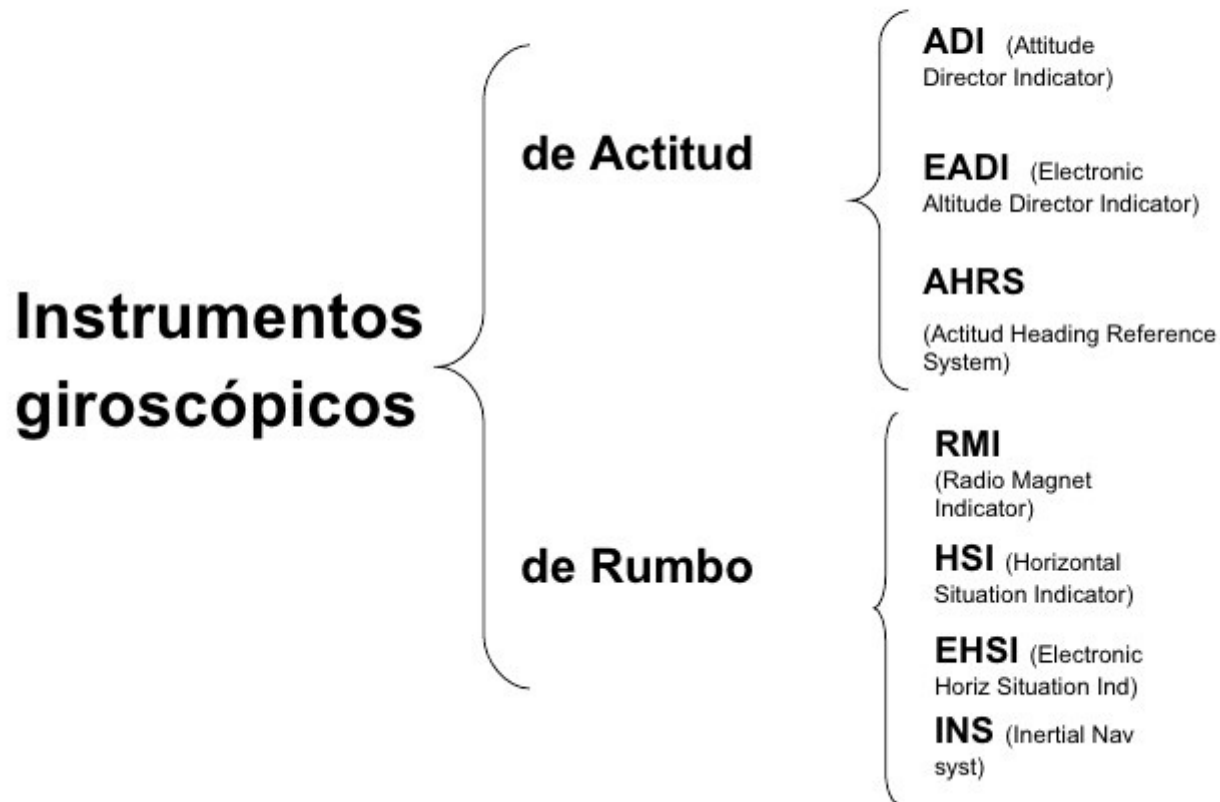


# **PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO**

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

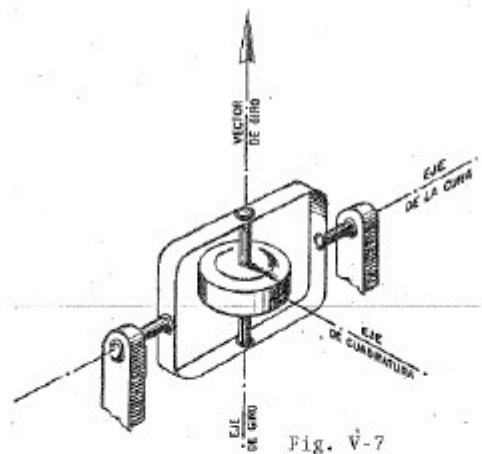
- En aviación, las propiedades de los giróscopos se han utilizado fundamentalmente para indicaciones de **actitud** y **rumbo**.
- Posteriormente, y con la evolución de los mismos y los calculadores de vuelo, se han integrado en sistemas más complejos capaces de navegar por sí mismos, como los **Sist. Inerciales**.

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO



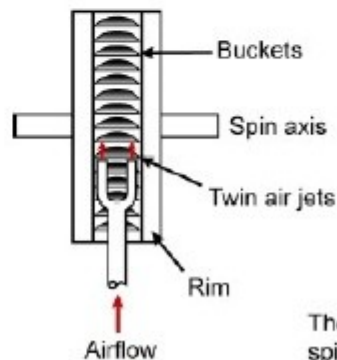
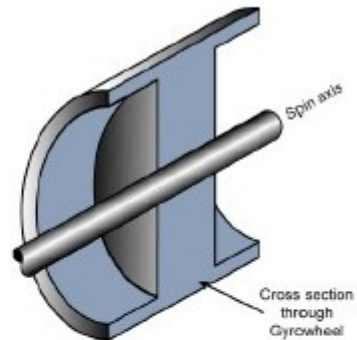
# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- Del estudio de la dinámica del sólido rígido se tiene que cuando un cuerpo está dotado de un movimiento de rotación alrededor de un eje que coincide con el de revolución del mismo cuerpo, y dicho eje puede ver modificada su dirección, al movimiento de este cuerpo se le denomina **giroscópico**, al cuerpo **giroscopio** y al movimiento de su eje **precesión**.



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

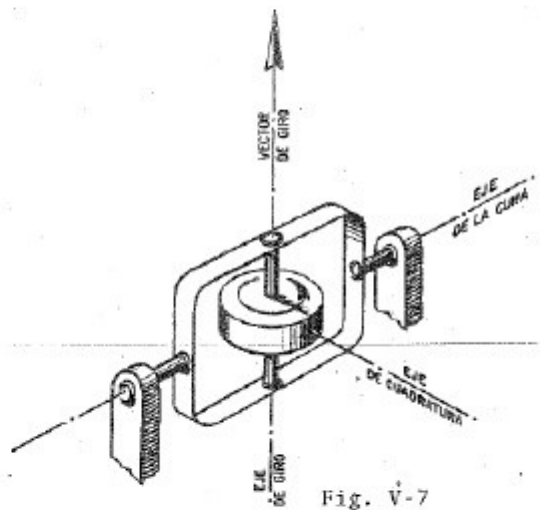
- **Su masa sea la mayor posible:**  
Los giróscopos van instalados en carcasas limitadas en espacio interior, se eligen materiales de gran densidad = mayor masa.
- **Su radio de giro sea muy grande:** Ya que esto no es posible, se distribuye la masa lo más alejada posible del eje de giro del mismo.
- **Su aceleración angular sea grande:** se consigue imprimiendo una gran velocidad de giro al giróscopo.



The direction of spin is upwards and away from the observer

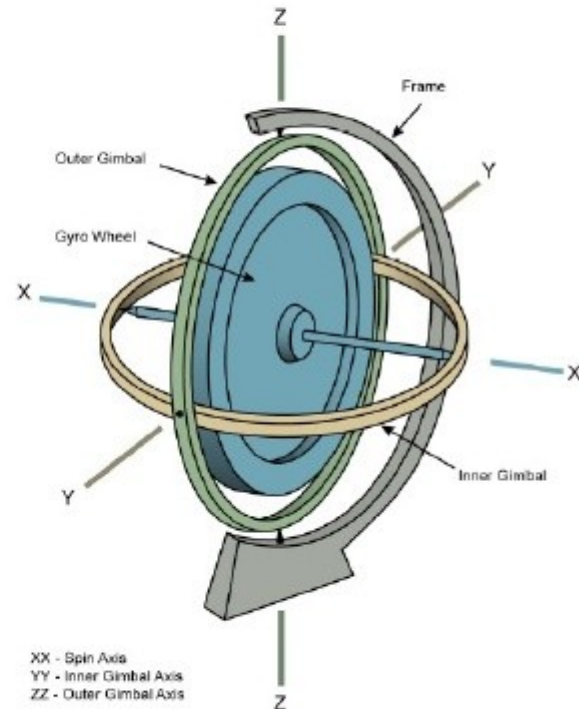
# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **1 grado de libertad (Rígido):**  
El rotor unido a un soporte. El movimiento del mismo se limita a su plano de giro.
- **2 grados de libertad (Semirrígido):** El eje se une a un elemento móvil o marco que se denomina balancín. Este balancín se une al soporte por dos puntos antagónicos.

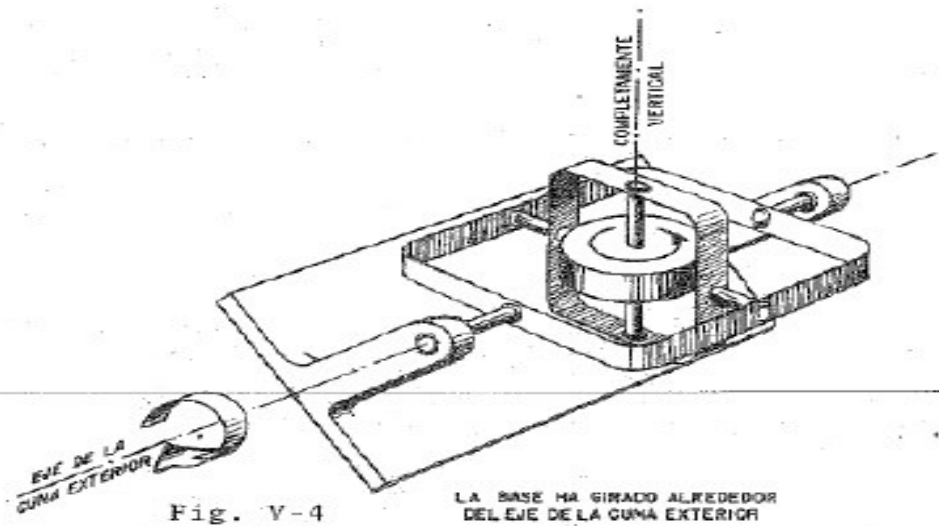
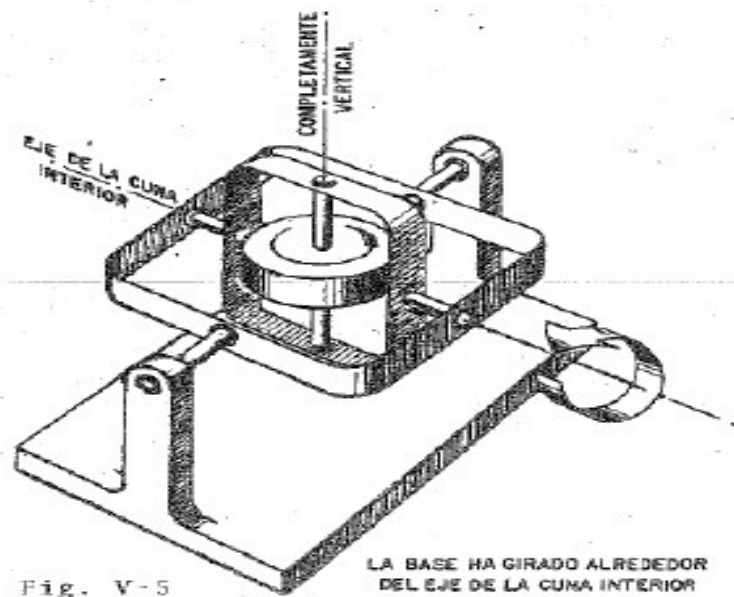


# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **3 grados de libertad (Universal):**
- La primera cuna se une a otra, denominada portacuna, de tal forma que la línea que forman los puntos de unión de ambas y los de unión del rotor a la primera cuna sean perpendiculares en el plano de la cuna.
- La portacuna se une a un soporte, de nuevo, por puntos que formen una línea perpendicular a la de unión entre cuna y portacuna.
- **El rotor se encuentra aislado en el espacio.**



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO





# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **JAR-25 1.331 establece una serie de requisitos en cuanto a la construcción y montaje de los instrumentos giroscópicos:**
- **A:** Cada instrumento giroscópico debe obtener su energía de fuentes que aseguren el correcto funcionamiento del mismo en todo el margen de operación prevista.
- **B:** Debe instalarse de forma que se prevenga su deterioro por lluvia, aceite o cualquier otro elemento corrosivo.
- **C:** debe de existir un medio para indicar el correcto suministro de corriente al instrumento.
- **D:** En bimotores se dispondrá de dos fuentes de energía cuyo funcionamiento no dependa sólo de un motor.
- **E:** La instalación de los instrumentos será tal que el fallo de uno de ellos no suponga el fallo de cualquier otro.

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Clasificación:**

- Según grado de libertad

Universal

Semirrígido

Rígido

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Clasificación:**

- Según fuente de energía

Neumáticos

Eléctricos

## PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Clasificación:**

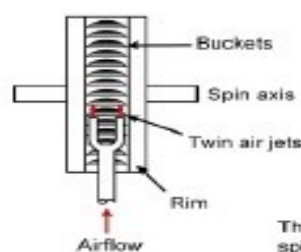
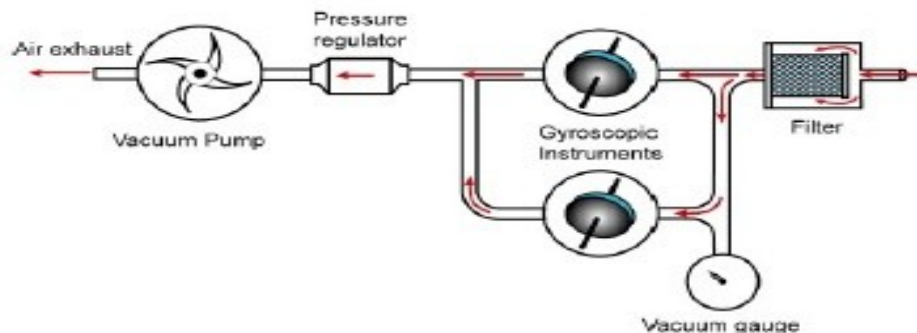
- Según eje del rotor

Horizontales

Verticales

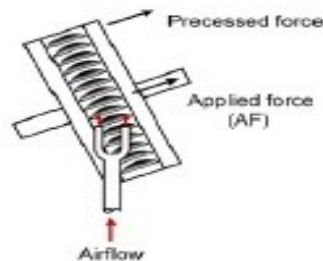
# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Neumáticos:** Funcionan con un sistema de vacío.
- El giróscopo se instala en el interior de la caja del instrumento, la cual tiene dos orificios. Uno se conecta a una bomba de succión o vacío, mientras el otro deja paso al aire filtrado proveniente del exterior.
- La bomba genera una succión que se estabiliza y regula a un valor de presión dado, de forma que los rotores adquieran la velocidad para la cual se calibran. ( Se suelen alcanzar velocidades **de giro de 15000 rpm**).



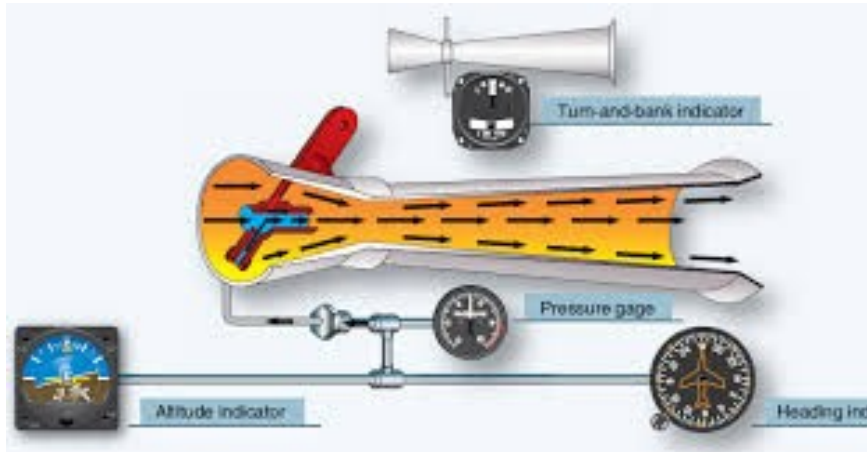
(a) Erect Gyro

The direction of spin is upwards and away from the observer



(b) Topped Gyro

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO



<https://www.youtube.com/watch?v=hVsx4XWafXg>

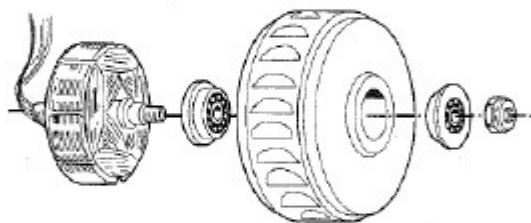
Desde el minuto 1:40 a 2:25

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Neumáticos:**
  - **1):** A mayores altitudes la densidad del aire es menor, por lo que se hace más difícil mantener el número de revoluciones del rotor.
  - **2):** Existe dificultad para mantener sistemas de vacío en cabinas presurizadas.
  - **3):** La posibilidad de contaminación por humedad o suciedad de los elementos internos debido al aire exterior que mueve el rotor.

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

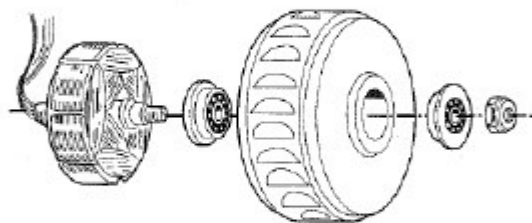
- **Eléctricos:** Muchos de los errores y limitaciones de los giróscopos neumáticos quedan eliminados utilizando motores eléctricos para proporcionar el giro del rotor.
- La velocidad angular del mismo se mantiene constante por medio de un pequeño motor eléctrico de inducción trifásico ( 115v, 400Hz).
- El rotor del motor eléctrico es el mismo cuerpo del giroscópico, siendo el excitador o estator parte del mismo eje giroscopo.





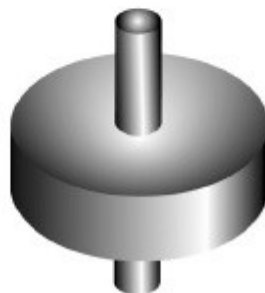
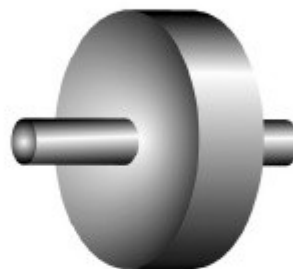
# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- De esta manera se sitúa la masa en la periferia y se adquieren velocidades de giro de **20 a 23000rpm**, consiguiendo así un mayor momento de inercia, es decir, **mayor precisión**.
- 
- En este tipo de giróscopos, los cuerpos o cajas que contienen al conjunto giroscópico se encuentran cerradas herméticamente.



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Horizontales:** El eje del rotor es paralelo al plano horizontal del lugar en que se encuentra .
- **Verticales:** El eje del rotor sigue una línea paralela a la vertical del lugar en que se encuentra ( el rotor se encuentra en el plano horizontal).
- Hay que tener presente que cuando se habla de giróscopo vertical u horizontal se refiere a la **posición del eje del rotor**, no al plano de giro del rotor en sí.



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Propiedades del Giróscopo:**

1: Rigidez en el espacio.

2: Precesión

Real

Aparente

Transporte

Transporte Grid

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

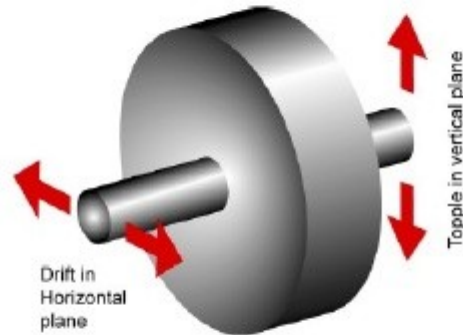
- **Rigidez en el espacio:**
- Si se considera un rotor aislado del sistema donde se encuentra montado y no se le aplica ninguna fuerza externa, se debe cumplir la primera ley de Newton.
- Esta dice que cuando a un cuerpo no se le aplica fuerza externa alguna, éste tiende a seguir en su estado de reposo (si estaba parado) o de movimiento (si ya disponía de él).
- 
- Debido a esto se afirma que el rotor no cambiará su plano de giro a menos que se le aplique una fuerza.

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- Si sufre algún tipo de perturbación, por la segunda ley de Newton, la desviación con respecto a su equilibrio será proporcional a la fuerza externa aplicada e inversamente proporcional a su peso y a su velocidad.
- Por esto se intenta dotar de gran peso y alta velocidad angular a los giróscopos. Lo que se pretende es, en definitiva, **que una vez en posición y con velocidad de giro, no se varíe la dirección o alineación del eje de giro.**

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Precesión:**
- Denominada a veces desviación, no es más que el cambio de dirección del eje de giro, es decir, del plano de giro del rotor.
- La precesión en el plano horizontal se denomina **deriva** (drift) y en el plano vertical **vuelco** (topple).

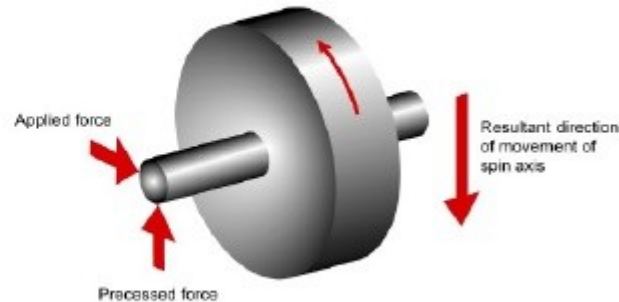
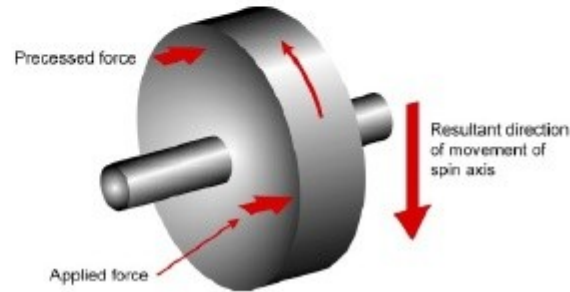


# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Precesión Real:**
  - A la precesión o movimiento del eje de giro debido a la aplicación de una fuerza se le denomina precesión real.
  - 
  - Se necesita de una fuerza aplicada al sistema para cambiar la dirección del eje de giro del giróscopo.
  - Las fuerzas inevitables causadas por los rozamientos de los cojinetes y el aire, las fluctuaciones de energía que imprime aceleración angular al rotor, fuerzas centrífugas y aceleraciones creadas en los virajes.
  - 
  - Este tipo de precesión es **real no deseada o aleatoria**.

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Precesión real, paradoja giroscópica:**
- Cuando a un giróscopo se le aplica una fuerza que le hace precesionar, el movimiento del eje se produce en un plano (eje de salida) que es perpendicular al de aplicación de la fuerza (eje de entrada) y, a su vez, perpendicular al plano de giro del rotor.
- **Esto se debe al mismo giro del rotor, que desvía 90° el desplazamiento que sufre el eje.**



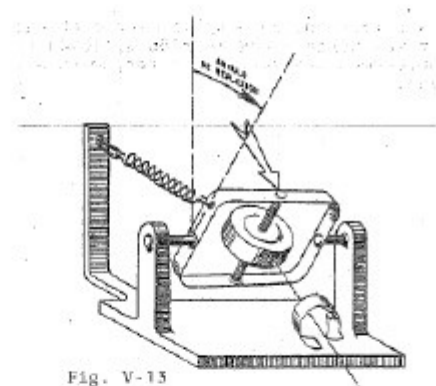


# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- Cuando el sistema ya ha precesionado por causas no deseadas, es el operario el que debe restablecer la dirección primitiva del eje del rotor, manual o automáticamente.
- Por medio de la aplicación de fuerzas en sentido contrario al de las fuerzas que lo hicieron precesionar se consigue restablecer la dirección deseada del eje.
- Los sistemas de erección son los encargados de aplicar las fuerzas necesarias que contrarresten aquellas no deseadas, con el fin de mantener el conjunto alineado con la referencia deseada.

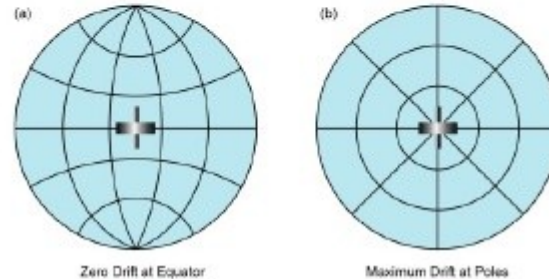


# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

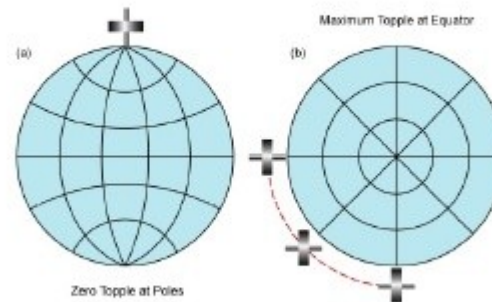
- La alineación del eje del giróscopo con una determinada dirección espacial depende de los fines de utilización del mismo.
- Una vez orientado el eje, se mantendrá en dicha dirección si no se le aplican fuerzas externas.
- En aviación los giróscopos direccionales se suelen alinear con la dirección del Norte en el lugar en que se encuentre el operario.
- En el momento de la alineación, la dirección del eje es correcta.

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- Debido al movimiento de rotación de la tierra, al cabo de un tiempo, el eje sigue alineado con la dirección espacial primitiva del Norte, cuando éste ya no se encuentra en esa orientación.
- Esto es debido a la forma esférica de la Tierra.
- A este fenómeno en el que los giróscopos parecen precesionar debido a la rotación de la Tierra se denomina **precesión aparente**.

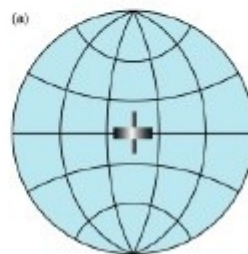


$$\text{Rate of Apparent Topple} = 15^\circ \times \cos \text{lat}^\circ / \text{hour}$$

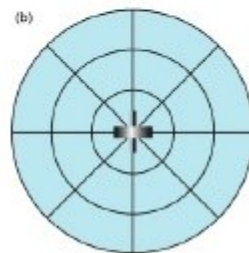


# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- En la **figura a)** se muestra un giróscopo horizontal alineado con el meridiano en el ecuador terrestre.
- En este caso, el movimiento de rotación no varía la dirección del Norte en el espacio, por lo que el eje del giróscopo sigue paralelo al meridiano independientemente de la rotación de la tierra.
- 
- La precesión aparente no existe.



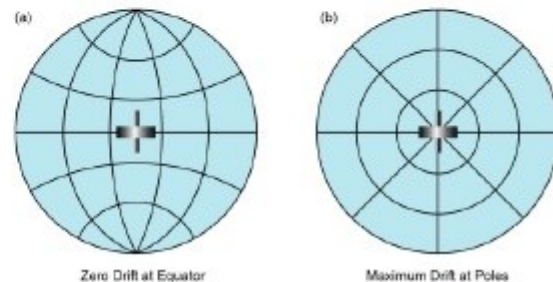
Zero Drift at Equator



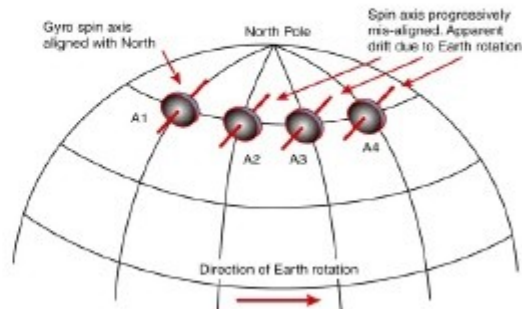
Maximum Drift at Poles

# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- En la **figura b)** el giróscopo se encuentra en el Polo Norte (lo mismo en el Polo Sur).
- En el momento de alineación sigue la dirección del meridiano de longitud  $0^\circ$ .
- Cuando haya transcurrido una hora, el giróscopo debe permanecer apuntando en la misma dirección espacial, pero el meridiano de Greenwich está  $15^\circ$  desplazado en el espacio.

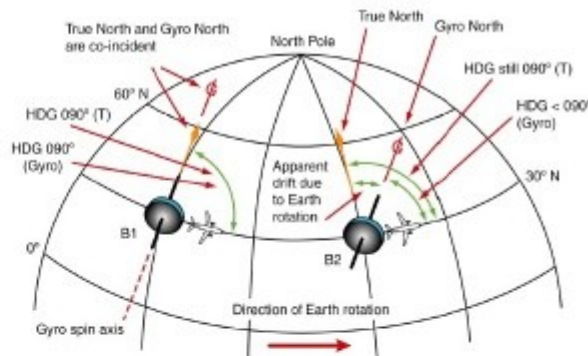


$$\text{Rate of Apparent Drift} = 15^\circ/\text{hour} \times \sin \text{lat}^\circ$$



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- **Precesión por transporte:**
- En el caso de que el vuelo se desarrolle cambiando de Longitud, tanto el plano horizontal como el meridiano del lugar que se sobrevuela cambian constantemente debido a la esfericidad de la Tierra.
- Esta variación de las direcciones de referencia para el giróscopo hace que parezca que el mismo está precesionando.
- En este caso, este efecto no se debe a la rotación de la Tierra, sino al **cambio de posición de la aeronave en la esfera terrestre.**



# PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO

- Este tipo de precesión se produce como consecuencia de utilizar cartas aeronáuticas en las que los círculos máximos no se ven representados por líneas rectas.
- 
- Los giróscopos realmente siguen círculos máximos, por lo que no coinciden con la ruta que se pretende volar.
- **Transporte Grid** = cambio de long/hora  $\times \sin (\text{lat}-f)$
- $f$  = factor convergencia de la carta.



# **PRINCIPIOS BÁSICOS DEL GIRÓSCOPO**

- **[www.gyroscope.com](http://www.gyroscope.com)**

