

MANUAL AERODINAMICA

AERODINÁMICA

DEFINICIONES

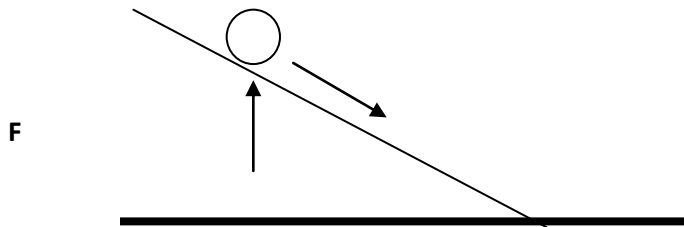
Aerodinámica: Es la parte de la física que estudia las reacciones del aire sobre los Cuerpos que se mueven en él.

Viento: Es el aire en movimiento.

Viento relativo: Viento que se crea con movimiento.

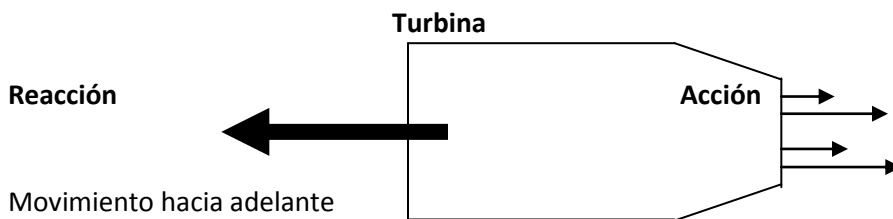
Leyes de Newton:

☐ Inercia: Todo cuerpo tiende a mantener su estado de dirección, movimiento ó reposo, hasta que una fuerza lo obligue a lo contrario.



Entre más peso más inercia de un cuerpo.

☐ Acción y Reacción: Al haber una acción se produce una reacción de la misma magnitud y en sentido contrario.



✈ Ley de la fuerza: $Fuerza = Masa * Aceleración$

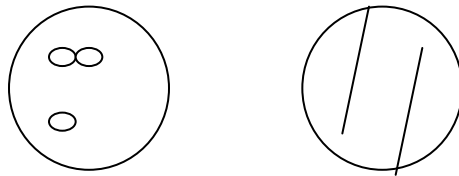
La aceleración es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa inercial del cuerpo sobre el cual actúa la fuerza.

F 10 ⇒ **5** más rápido

F 10 ⇒ **10** más rápido

Presión: Fuerza ejercida sobre una unidad de área.

Masa: Todo lo que ocupa un lugar en el espacio, cantidad de materia que contiene un cuerpo independiente de su volumen.



Densidad: Cantidad de masa que tiene un cuerpo dependiendo de su volumen.

- 1.0 \Rightarrow agua
- 0.9 \Rightarrow aceite

La densidad es inversamente proporcional a la altura:
 A menor altura, mayor densidad y viceversa.

La densidad es inversamente proporcional a la temperatura:
 A menor temperatura, menor densidad y viceversa.

Trabajo: Producto de una fuerza realizado en una distancia determinada.

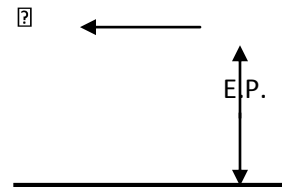
$F \times D$

Potencia: Trabajo realizado por unidad de tiempo.

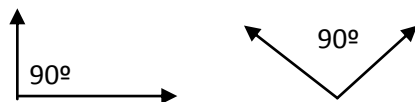
$h.p$

Energía: Capacidad de un cuerpo para producir trabajo. E.K.
 Hay dos tipos de Energía:

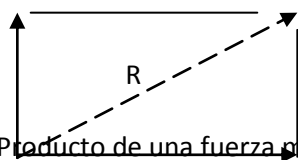
- Energía Cinética E.K.: De acuerdo a su velocidad.
- Energía Potencial E.P.: De acuerdo a su altura.



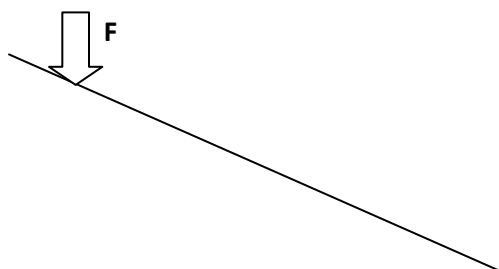
Vector: Representación gráfica de una fuerza; siempre se da en ángulos de 90°.

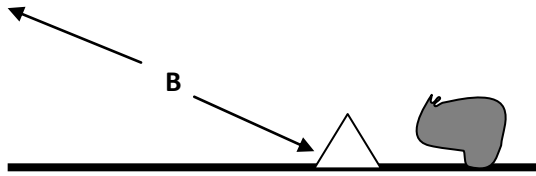


Resultante: Suma de los dos vectores.



Momentum: Producto de una fuerza multiplicado por su brazo (B).





DIVISIÓN DE LOS AVIONES

Se dividen en 4 grupos:

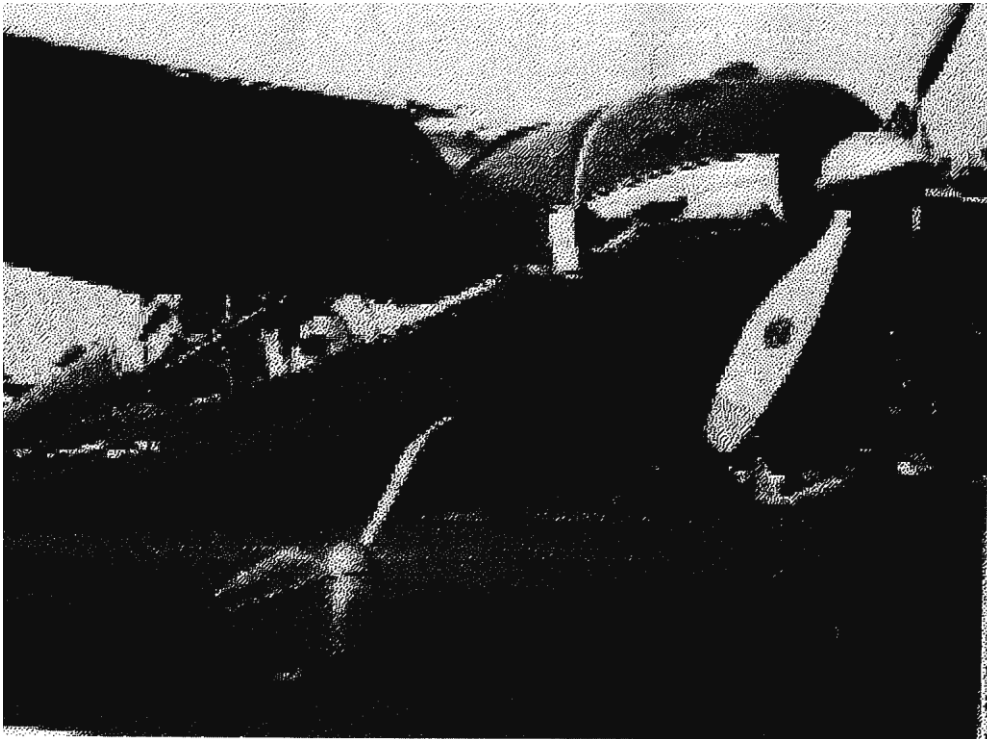
1. **Rodamiento:** Encargado de mover la aeronave en tierra y/o agua.
(Tren de aterrizaje)

a. Tren convencional o patín de cola.

Ej. DC-3

J-3 Piper

Ximango

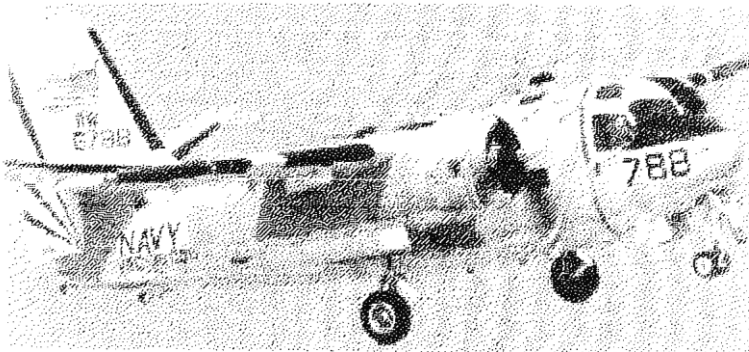


b. Tren triciclo ó rueda de nariz.

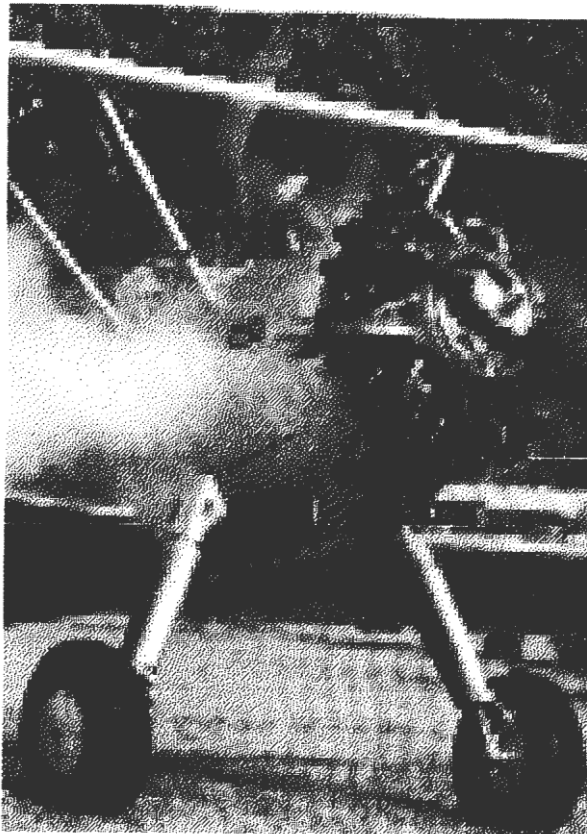
Ej. C-152

C-303

MD 83



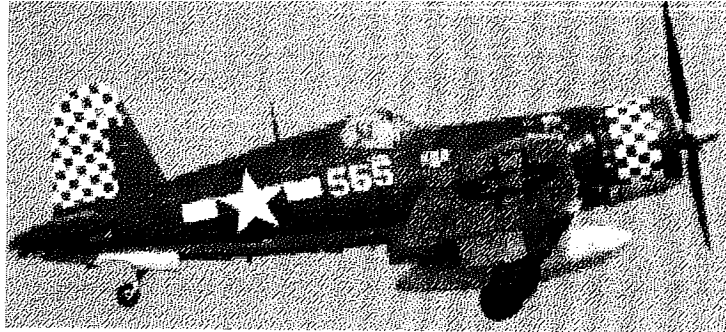
- c. Tren fijo ó inmóvil. Puede ser triciclo o patín de cola
Ej. C-152
Piper J3



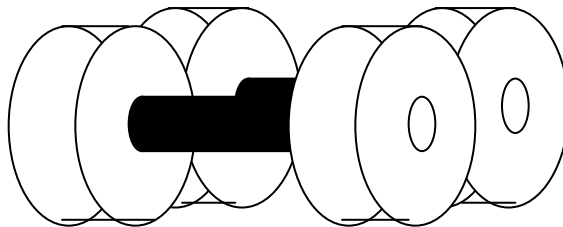
- d. Tren retráctil. Limpia el
Ej. MD 83

avión.

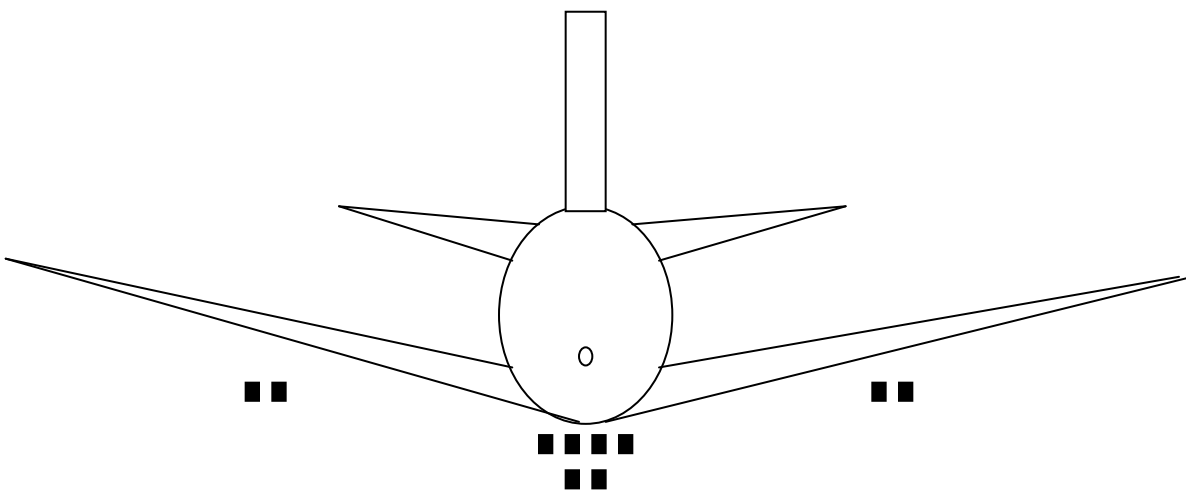
767



e. Tándem ó boggie



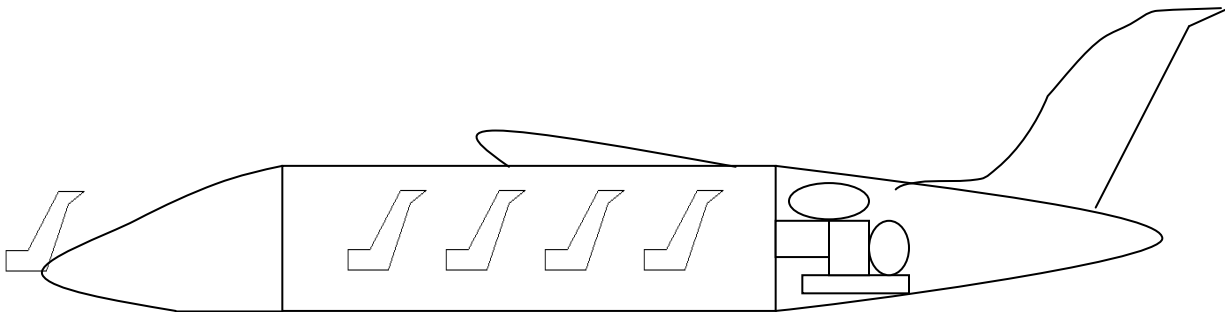
f. Tren Ventral: Ubicado en la parte central del fuselaje en la mayoría de aviones de cabina ensanchada, aumentando así la resistencia al impacto en el aterrizaje, protegiendo estructura y raíces de los planos.



g. Pontones ó flotadores.



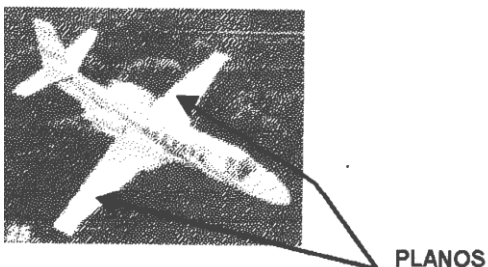
2. **Transportador:** Se considera todo el fuselaje del avión.
Generalmente se divide así:

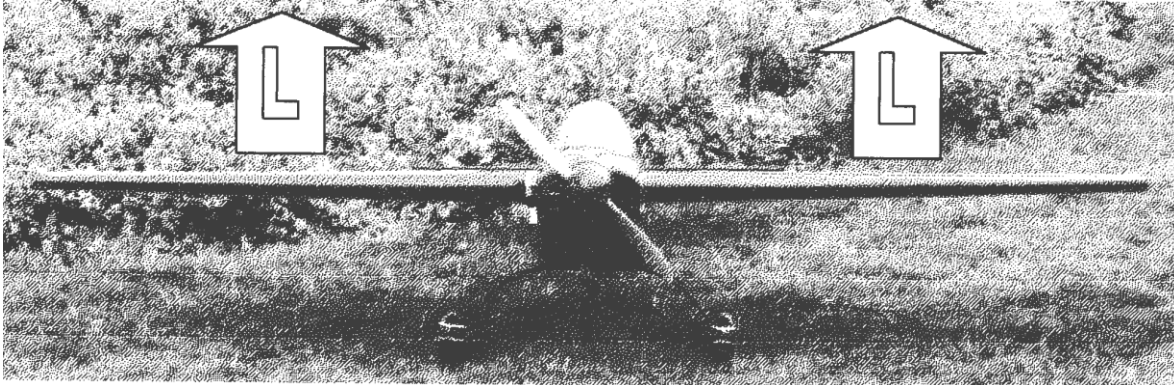


3. **Estabilizador:** Produce estabilidad y equilibrio y está compuesto por el empenaje, que se divide en estabilizador horizontal y estabilizador vertical y sus partes móviles.



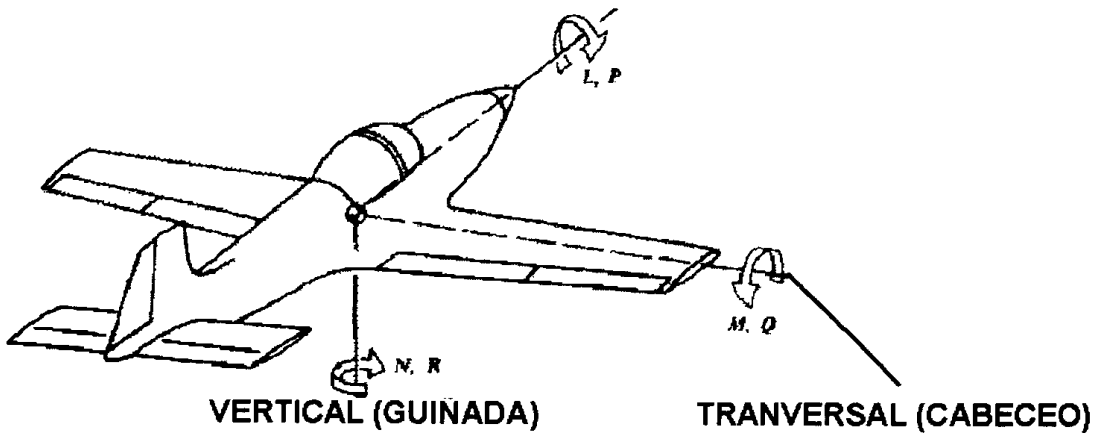
4. **Sustentador:** Está conformado por los planos o alas de la aeronave y es la única parte del avión que produce sustentación.



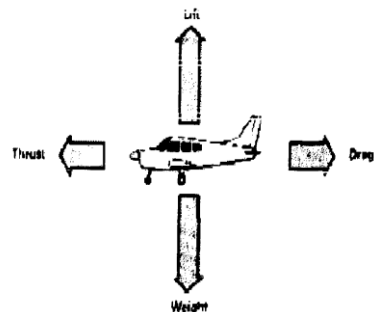


EJES DEL AVIÓN

LONGITUDINAL (BANQUEO)



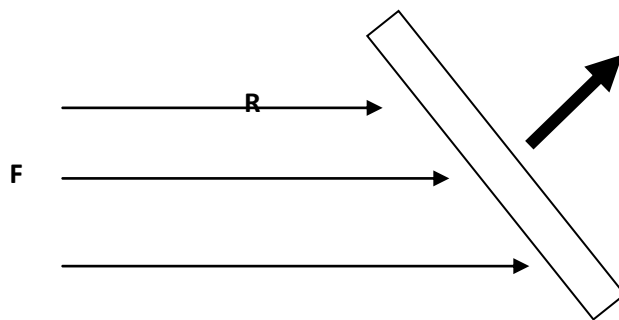
FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE UN AVIÓN



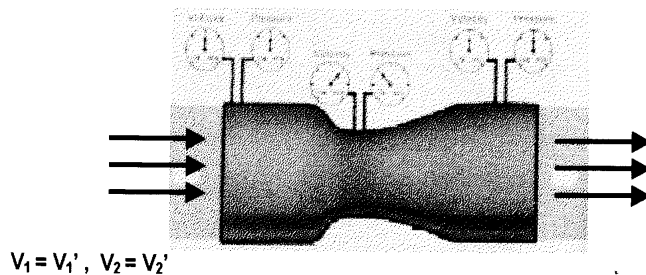
T – Thrust – Tracción
W – Weight – Peso
L – Lift – Sustentación
D – Drag – Resistencia

TEORÍAS DE LAS FUERZAS (SUSTENTACIÓN Y RESISTENCIA)

Teorema del plano inclinado: Al aplicarse una fuerza sobre un plano inclinado, la resultante es perpendicular al plano.

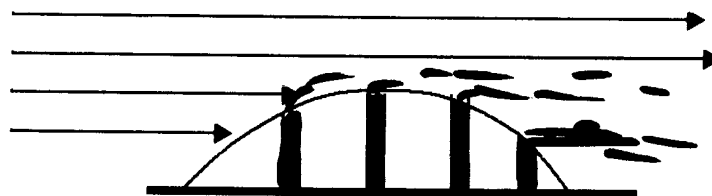


Ecuación de la continuidad de Vénturi: Y observé que al pasar un fluido por un tubo, la velocidad del fluido es inversamente proporcional al área del tubo.

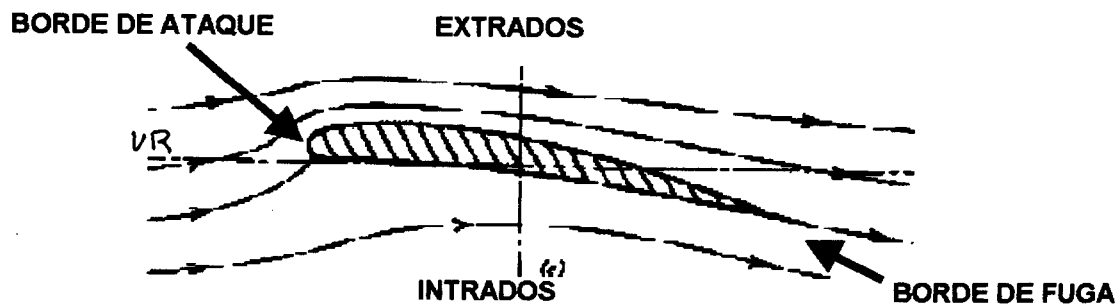


Teorema de Bernoulli:

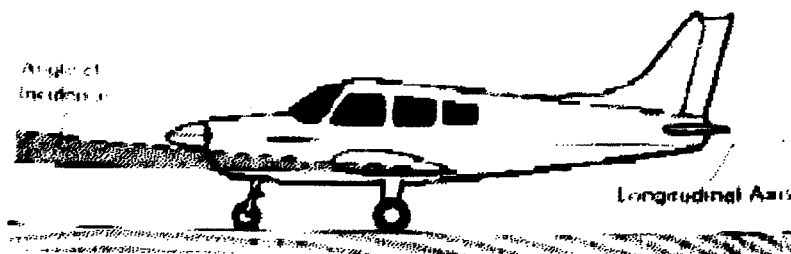
Más velocidad \Rightarrow menos presión
Menos velocidad \Rightarrow más presión



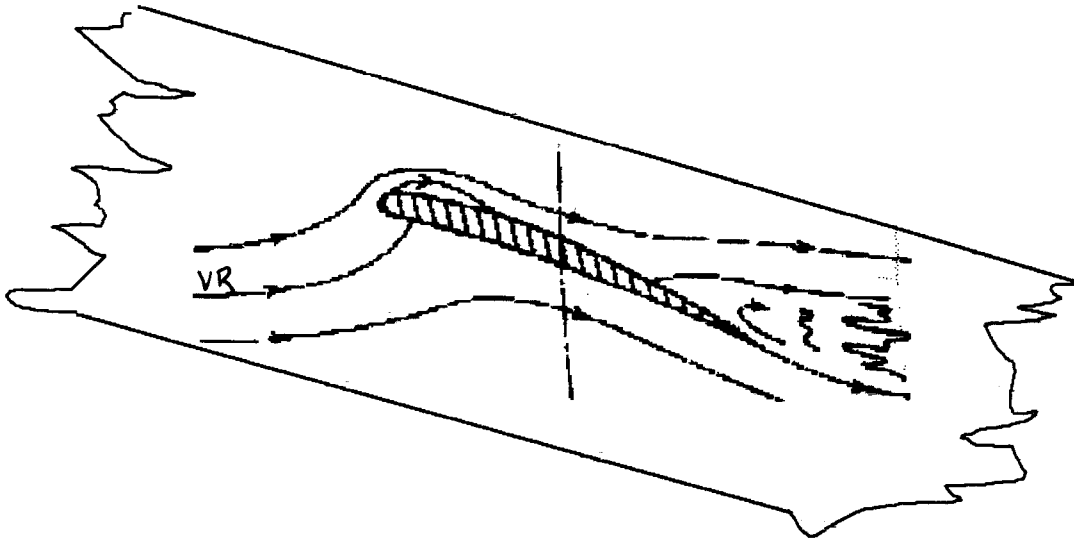
Perfil alar: Corte transversal de un ala diseñado para obtener los mejores resultados aerodinámicos y sus partes son:



Angulo de incidencia: Es el ángulo formado entre el eje longitudinal y la cuerda Geométrica. Normalmente es de 2° a 5°

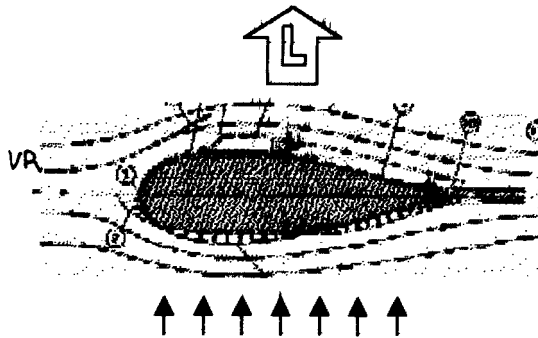


Angulo de ataque : Angulo formado entre la cuerda geométrica y el viento relativo. El piloto puede cambiar el ángulo de ataque pero no el de incidencia.



Cuando la cuerda geométrica es paralela al viento relativo, esta recibe el Nombre de cuerda aerodinámica de levantamiento nulo.

Perfil sustentador : El aire que pasa por arriba del perfil recorre mas distancia, a mayor velocidad y menor presión, para que los dos flujos se encuentren en el borde de fuga al mismo tiempo.



Ecuación de la sustentación: $L = \rho \cdot C_L \cdot S \cdot V^2$

- | | | | |
|-------|--------|---|------------------------------|
| Donde | L | ⇒ | Sustentación |
| | ρ | ⇒ | Densidad media atmosférica |
| | C_L | ⇒ | Coefficiente de sustentación |
| | S | ⇒ | Superficie alar |
| V | ⇒ | | Velocidad |

CL Y V son variables que yo puedo modificar

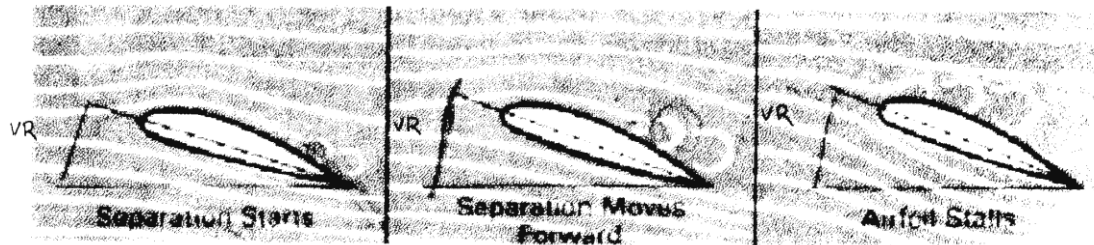
ISA: Internacional standard atmosphere:

⇒ Nivel de mar

- ⇒ 60% humedad relativa
- ⇒ 29.92" Hg/ 1013 milibares / 760 mm Hg / 14.69 PSI

- ⇒ Gradiente de presión: -1 " Hg por cada 1000' en ascenso
- ⇒ Gradiente de temperatura: - 2 ° C por cada 1000' en ascenso

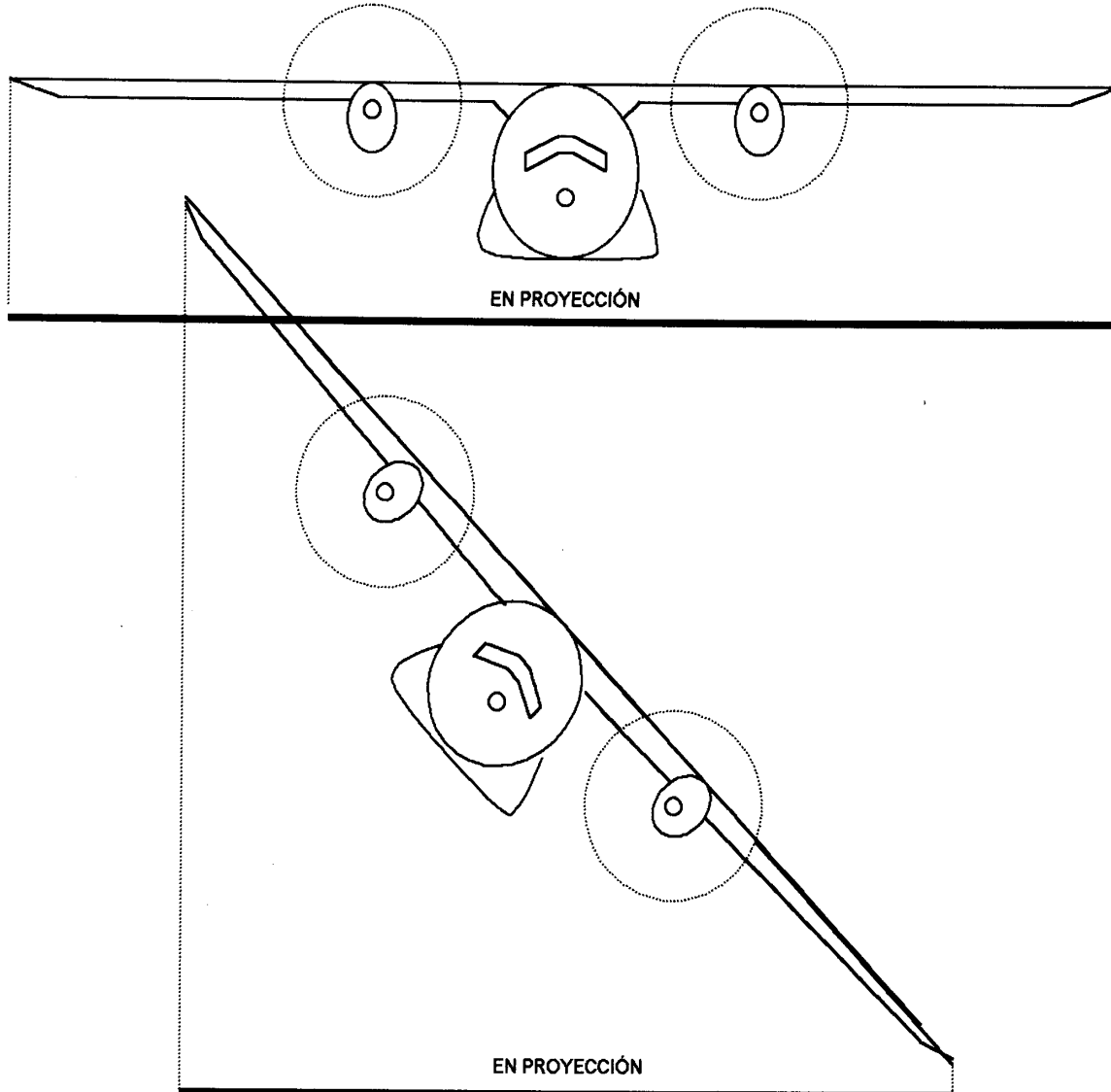
Coefficiente de sustentación :



Coefficiente quiere decir multiplicador. A medida que el ángulo de ataque aumenta, aumenta la sobrepresión en el intrados y así mismo la depresión en el extrados, produciendo así un aumento en la sustentación; el centro de presión, que se encuentra mas o menos a un 25% del borde de ataque y sobre la cuerda aerodinámica, se comienza hacia delante.

Si seguimos aumentando el ángulo de ataque hasta un punto máximo, la sustentación llegará a su valor máximo; pero si sobrepasamos ese ángulo máximo, inmediatamente la sustentación es de 0 y la resistencia al avance aumenta, conociéndose esto como stall o pérdida.

Superficie alar (S) :

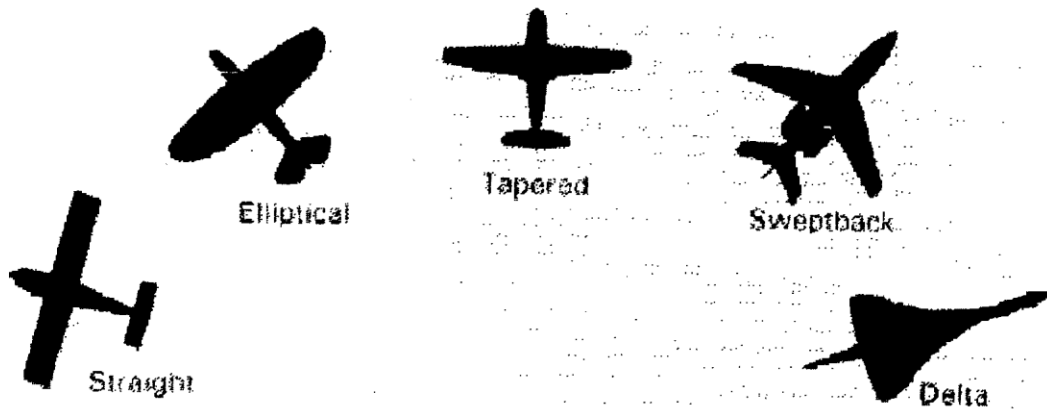


La superficie alar es constante y no se puede cambiar

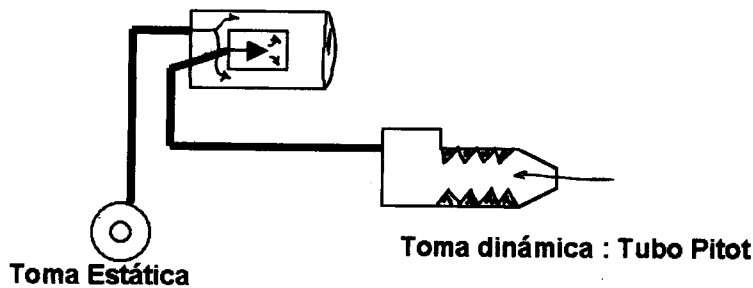
La superficie alar en proyección y durante un viraje si se puede variar. Es la proyección de los planos sobre un plano horizontal estando la aeronave en vuelo horizontal y nivelado.

El Cessna 152 pierde 250' por cada viraje de 90° que haga si motor.

Tipos de alas:



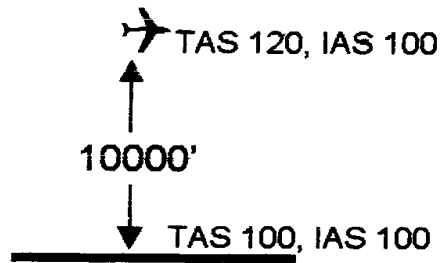
Velocidad: Es la distancia recorrida en la unidad de tiempo. En el avión es por tomas de presión estática y dinámica.



Al prender la resistencia del calentador se genera un campo magnético que afecta la brújula. Así se prueba el calentador.

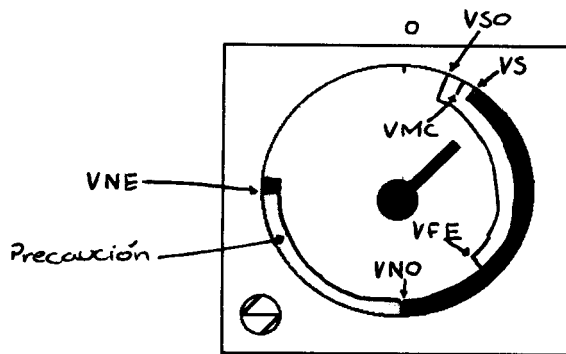
Velocidades en aviación:

- ✈ IAS: Indicated air speed: La que indica la aguja, así como la cantidad de aire que está pasando por el perfil alar.
- ✈ CAS: Calibrated air speed: velocidad indicada, calibrada y corregida por errores mecánicos del instrumento que serán máximo de un 2%.
- ✈ GS: Ground speed: Velocidad verdadera con respecto al terreno.
- ✈ TAS: True air speed: Velocidad verdadera, indicada y corregida y corregida por altura y temperatura. La TAS aumenta un 2% con respecto a la IAS por cada 1000' de ascenso.



La velocidad más confiable es la IAS porque tiene que ver con la cantidad de aire que pasa por mis alas.

Carátula del velocímetro:



VSO: Velocidad de pérdida en configuración de aterrizaje con el avión sucio

C-152 ⇒ 63 KIAS

VFE: Velocidad máxima para extender flaps (C-152 ⇒ 84 KIAS)

Ojo! No bajar flaps en viraje. Flaps bajan en 9 seg. suben en 7 seg

VS: Velocidad de pérdida en configuración de aterrizaje con el avión limpio
(C-152 ⇒ 41 KIAS)

VNO: Velocidad normal de operación (C-152 ⇒ 111 KIAS)

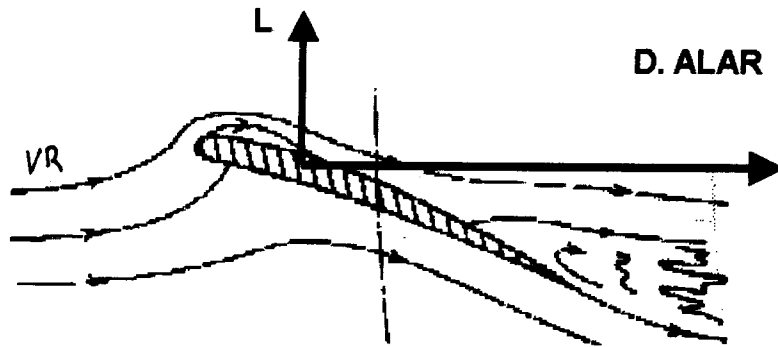
Condiciones para volar en arco amarillo

- ↘ No turbulencia
- ↘ No movimientos bruscos

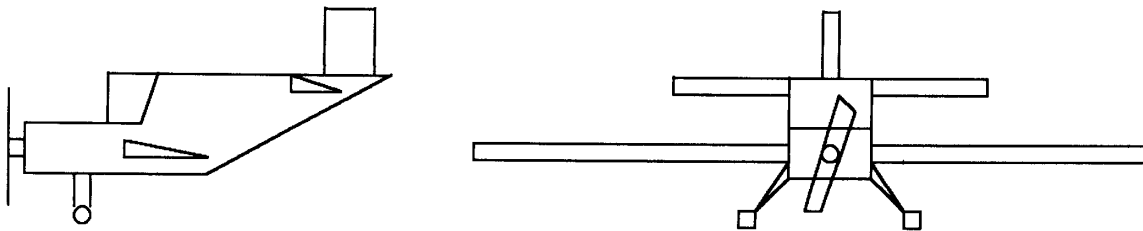
VNE: Velocidad de nunca exceder

VMC: Velocidad mínima de control (configuración normal)

Resistencia al avance (D):

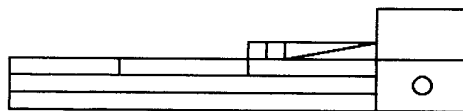


Resistencia parásita (D:P☺)

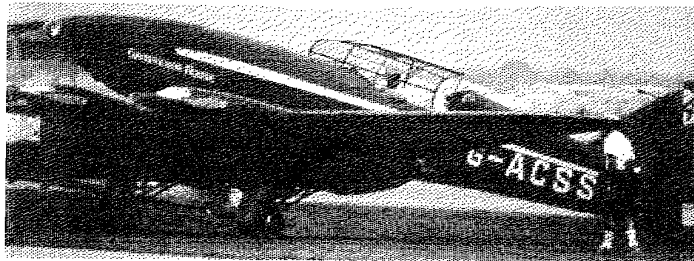


Se opone al movimiento de la aeronave y son las partes frontales que no producen sustentación. Toda la aeronave produce D.P.

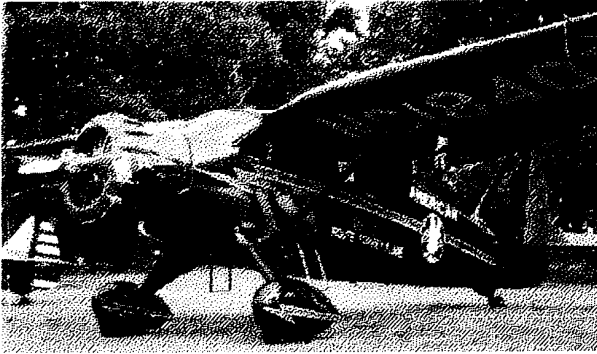
Area frontal equivalente (A.F.E.): Suma de todas las áreas frontales de cada parte del avión.



Fuselar: Reducir el A.F.E

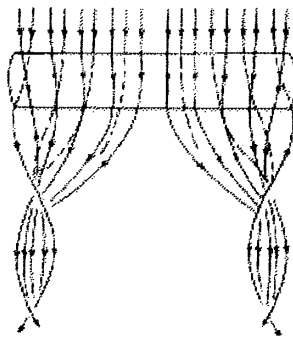


Las carenas y parales fuselados aumentan de 5 a 10 KIAS.

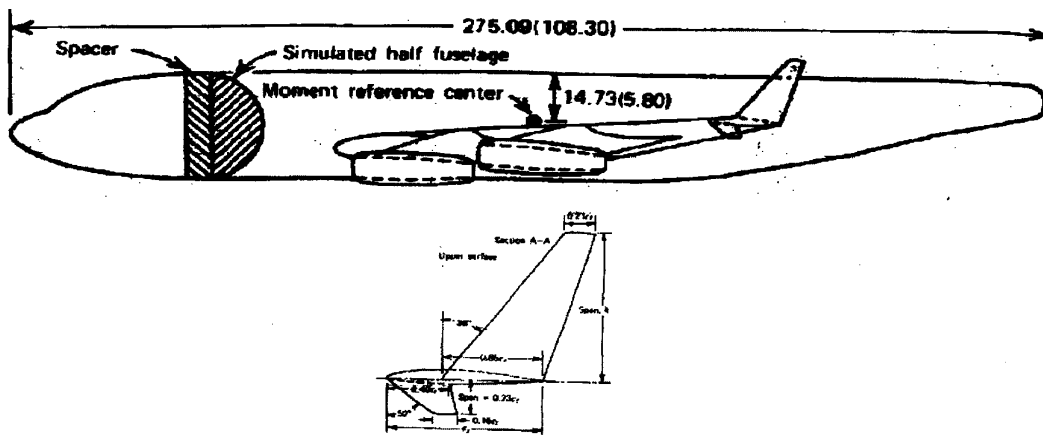


Resistencia inducida (D.I.):

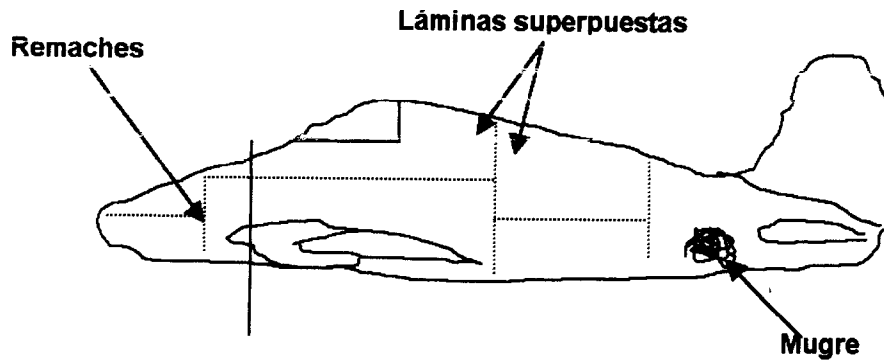
Se produce en las puntas de las alas debido al encuentro de la sobrepresión con la depresión, creando así un efecto llamado vórtice (remolino).



Para evitar o reducir el vórtice se diseñaron los winglets y se adaptan los tip tanks.



Resistencia por fricción (D.F.)



La produce la capa límite o superficial debido al movimiento de la aeronave en la masa de aire.

RESUMEN DE FUERZAS

$$L = W$$

$$T = D$$

La aeronave se encuentra en vuelo aerodinámico, horizontal y nivelado y a una velocidad constante.

Para ascender \Rightarrow $L > W$ y $T > D$

Para descender \Rightarrow $L < W$ y $T < D$

En reposo \Rightarrow $L < W$ y $T < D$

ANALISIS DE FUERZAS

- ✍ OBJETIVO : Impedir el vuelo
- ✍ ORIGEN: Gravedad de la tierra
- ✍ MAGNITUD: Masa
- ✍ DIRECCIÓN: Hacia el centro de la Tierra (geocentrismo)
- ✍ PUNTO DE APLICACIÓN: Centro de gravedad

- ✈ OBJETIVO: Producir velocidad y movimiento
 - ✈ ORIGEN: Transformación energética (motores)
 - ✈ MAGNITUD: Masa de aire desplazado
 - ✈ DIRECCIÓN: Sentido contrario al movimiento de la aeronave
 - ✈ PUNTO DE APLICACIÓN: Centro aerodinámico
-
- ✈ OBJETIVO: Vencer el peso
 - ✈ ORIGEN: Diferencia de presiones
 - ✈ MAGNITUD: Fuerza $L = \frac{\rho}{2} * CL * S * V^2$
 - ✈ DIRECCIÓN: Perpendicular al viento relativo
 - ✈ PUNTO DE APLICACIÓN: Centro de presión
-
- ✈ OBJETIVO: Disminuir la velocidad
 - ✈ ORIGEN: Resistencia al avance
 - ✈ MAGNITUD: Sumatoria de D.I. + D.F. + D.P. + D.A.
 - ✈ DIRECCIÓN: Paralela y en el mismo sentido del viento relativo
 - ✈ PUNTO DE APLICACIÓN: Centro aerodinámico.

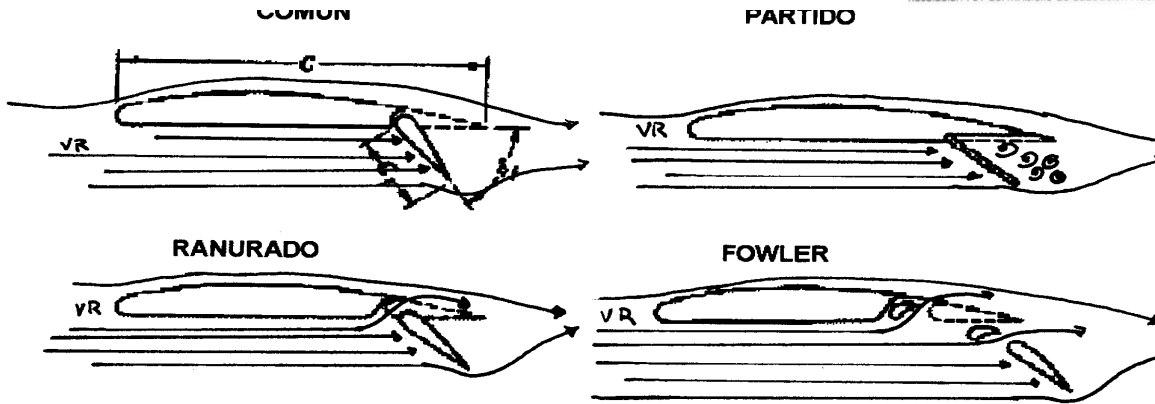
HIPERSUSTENTACIÓN

La hipersustentación es producida por los dispositivos hipersustentadores. Las superficies hipersustentadoras son colocadas en las alas y su función es aumentar la curvatura del ala aumentando así el ángulo de ataque sin cambiar la actitud de la aeronave. Esto da como resultado un aumento en el coeficiente de sustentación (CL) y en consecuencia un aumento de sustentación. Dichas superficies son:

- a. Flaps: colocados en el borde de fuga del ala
- b. Slats: colocados en el borde de ataque del ala

TIPOS DE FLAPS:

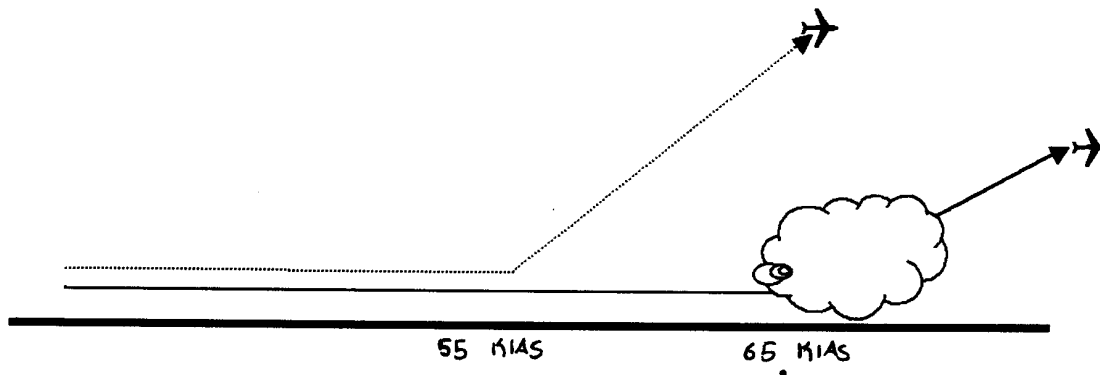
De acuerdo con su efectividad general enumeramos algunos tipos de flaps y sus efectos empezando por el mas sencillo y acabando con el más efectivo.



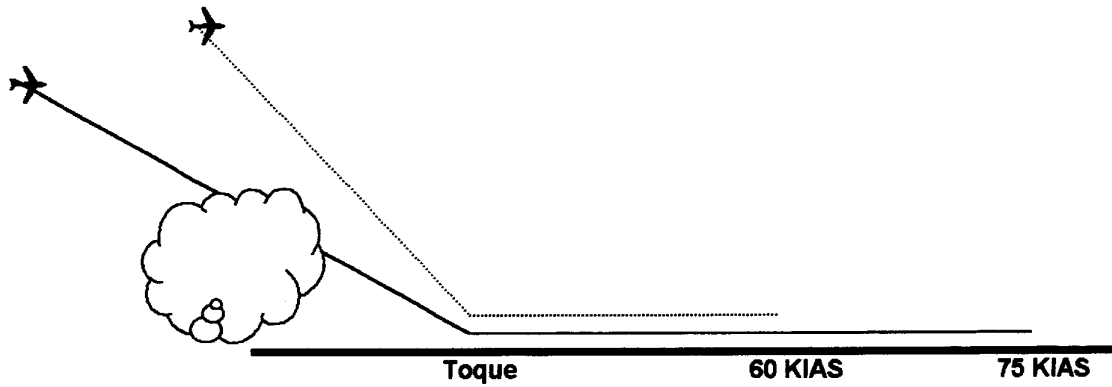
- ✎ El flap común al ser operado produce cambios tanto en el intrados como en el extrados.
- ✎ En el flap partido o "ZAP" se produce cambio únicamente en el intrados. El extrados permanece igual.
- ✎ El flap ranurado al ser operado produce un espacio por donde debido a la diferencia de presiones en el perfil alar, dejará pasar aire del intrados al extrados, produciendo como un segundo perfil.
- ✎ En el fowler, utilizado comúnmente por aeronaves de gran tamaño, el flap sale de dentro del perfil aumentando relativamente la superficie alar. Es el más efectivo.

Ventajas de los flaps

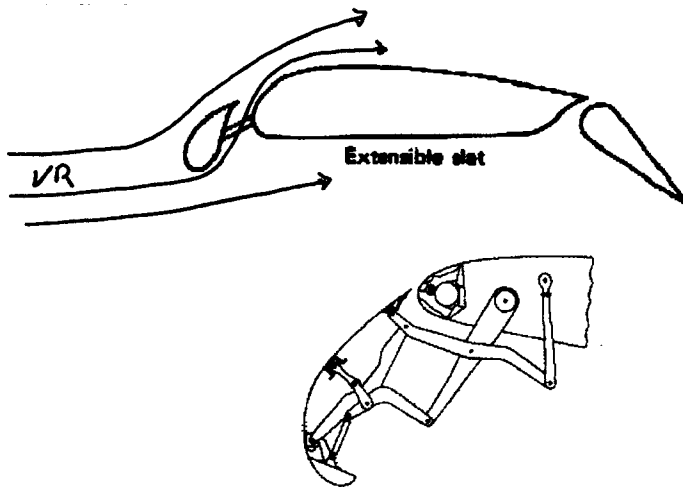
1. Despegues en distancias más cortas y franqueamiento de obstáculos.



2. Aterrizajes más cortos y franqueamiento de obstáculos.



Slats: Dispositivos colocados en el borde de ataque. Son dinámicos o manuales.



- Dinámicos: Bajan automáticamente al aumentar el ángulo de ataque.
- Manuales: Operados por el piloto desde la cabina.

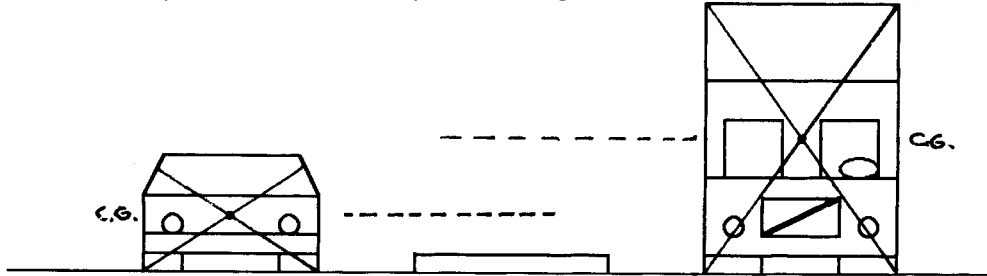
ESTABILIDAD Y EQUILIBRIO

Se considera un cuerpo en equilibrio cuando la suma de los momentums que actúan sobre él es igual a cero.



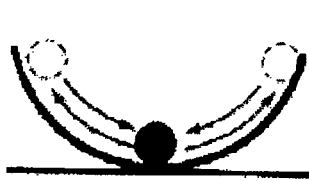
ESTABILIDAD

Capacidad de un cuerpo de mantener el equilibrio o regresar a él si ha sido alterado (centro de gravedad).



Clases de equilibrio:

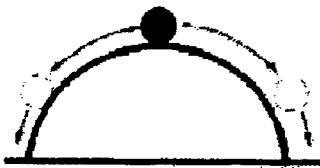
1. Estable: Es cuando al apartar un cuerpo de su posición de equilibrio aparecen fuerzas o momentums que lo regresan a su posición anterior.



Ej. Péndulo

2. Inestable: Es cuando al apartar un cuerpo de su posición de equilibrio se producen fuerzas o momentums que lo regresan a su equilibrio alejándolo de su posición anterior.

Ej. Montaña rusa



3. Indiferente: Es cuando al apartar un cuerpo de su posición de equilibrio no se producen fuerzas que lo alejen o lo acerquen a esa posición.

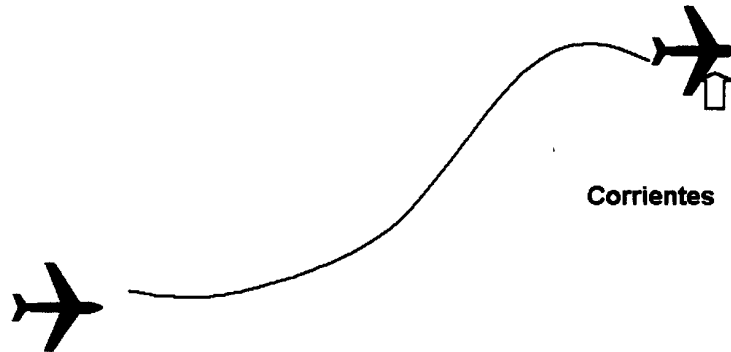
Ej. Mesa de billar



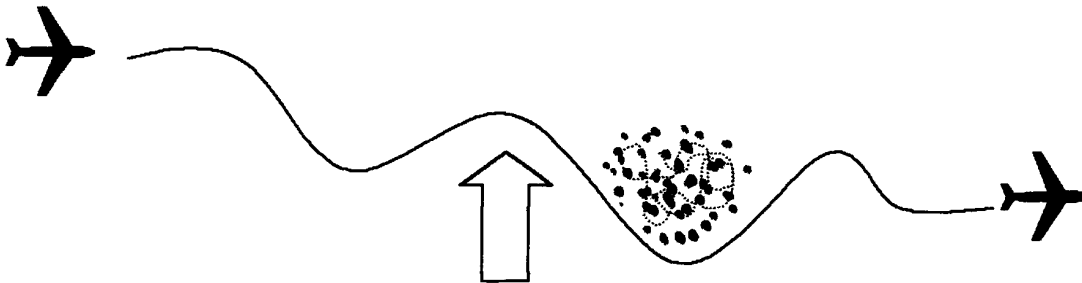
Clases de estabilidad.

1. Estática: Cuando al apartar a una aeronave de su posición de equilibrio, sin mover los mandos esta regresa al equilibrio directamente.

**Turbulencia y/o
ascendentes**



2. Dinámica: Es cuando al apartar a una aeronave de su posición de equilibrio, sin mover los mandos esta regresa al equilibrio con una oscilación amortiguada (corrientes ascendentes, descendentes y cambios de temperatura)

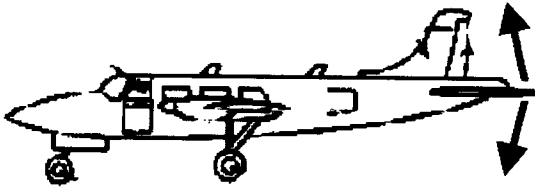


ESTABILIDAD EN LAS AERONAVES

Se adquiere a través del empenaje que está compuesto por el estabilizador horizontal y el estabilizador vertical.

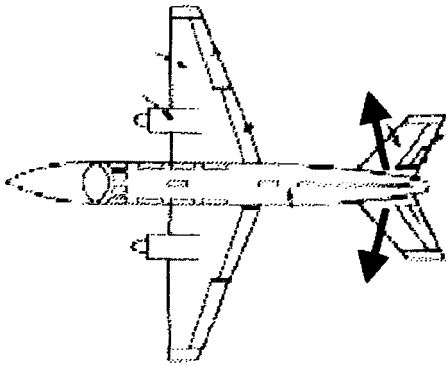
Estabilidad longitudinal

Se obtiene con el estabilizador horizontal y se realiza alrededor del eje lateral; la principal causa de inestabilidad longitudinal es un peso mal distribuido.



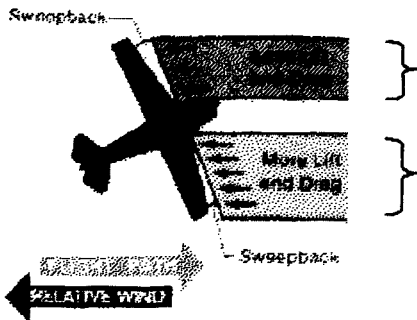
Estabilidad direccional

Se obtiene con el estabilizador vertical y con el ángulo de flechamiento; se efectúa a través del eje vertical.



Angulo de flechamiento

Es el ángulo formado entre el borde de ataque y el eje lateral. El viento relativo tiende a equipararse enderezando el avión.



La principal causa de inestabilidad direccional es la fuerza de atracción irregular (no en monomotores)

Yaw Damper: se engancha al piloto automático y se anticipa con el timón a la guiñada. Los pedales se ponen demasiado duros y por eso solo se puede usar durante las fases de crucero.

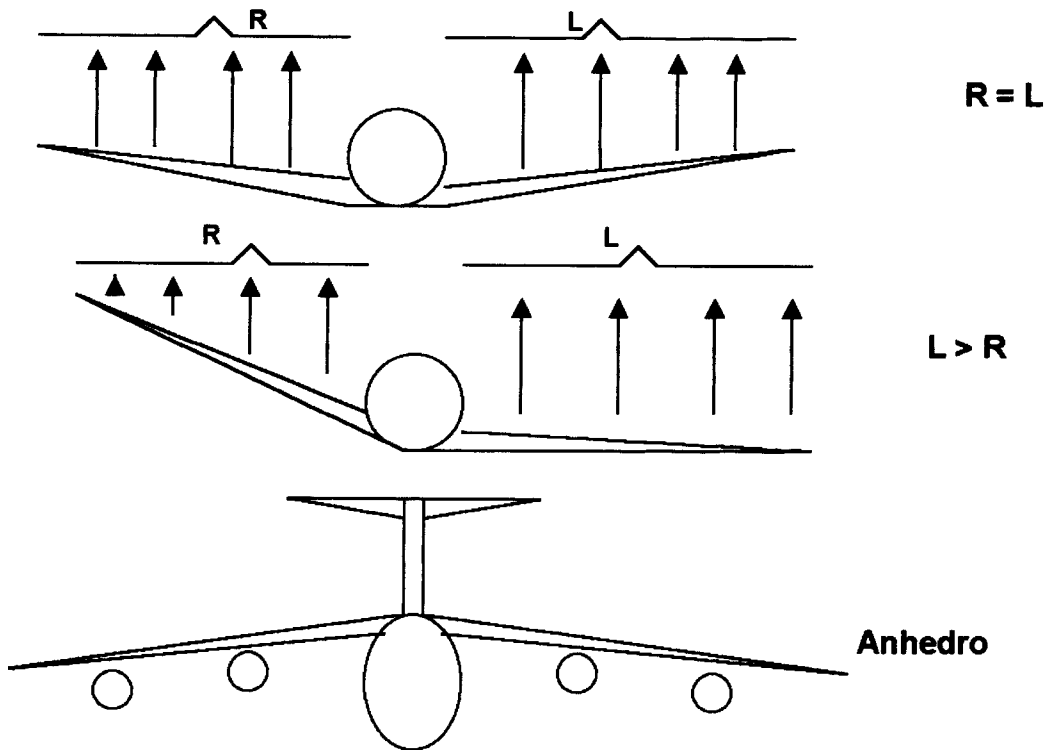
Estabilidad lateral

Se obtiene con el empenaje y con el ángulo diedro y se presenta alrededor del eje longitudinal.



Angulo diedro es el ángulo formado entre el eje lateral y la superficie del intrados.

Cómo actúa el diedro?



El anhedro disminuye la estabilidad para añadir maniobrabilidad cuando los aviones son muy grandes y pesados.

Relación de aspecto

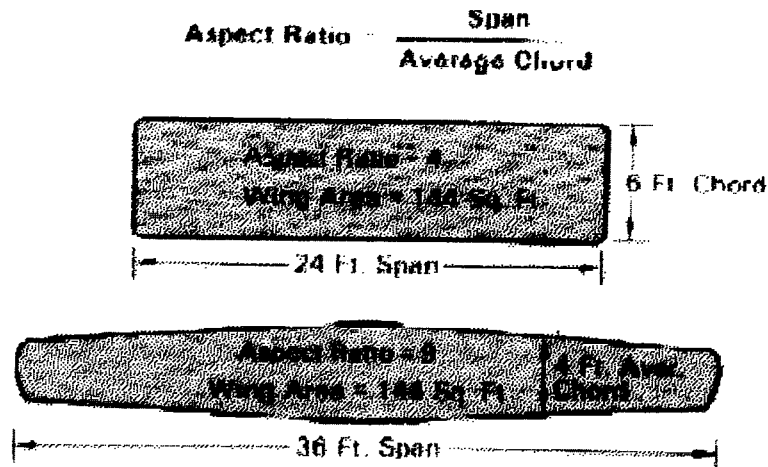
Cantidad de veces que cabe la cuerda media aerodinámica en la envergadura.

Cuerda Media Aerodinámica

Es el promedio de las cuerdas aerodinámicas del plano.

Envergadura

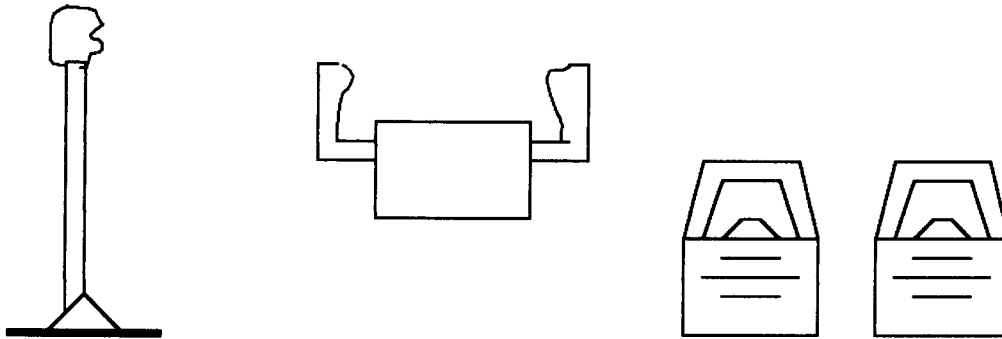
Distancia de punta a punta del plano



Órganos de mando

Dispositivos operados por el piloto que transmiten su acción a las partes móviles de las superficies fijas, llamadas superficies de control.

- a) Los órganos de mando son: Un bastón, una cabrilla o semivolante y unos pedales.



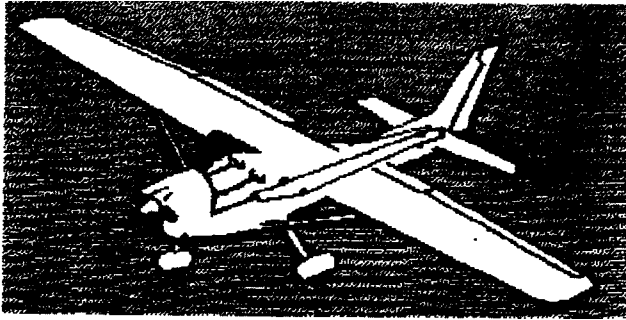
- b) Las superficies de control son:

- Timón de profundidad: parte móvil del estabilizador horizontal.
- Timón de dirección: parte móvil del estabilizador vertical.
- Alerones: partes móviles de las alas o planos, ubicados en el borde de fuga y hacia la punta de las alas.

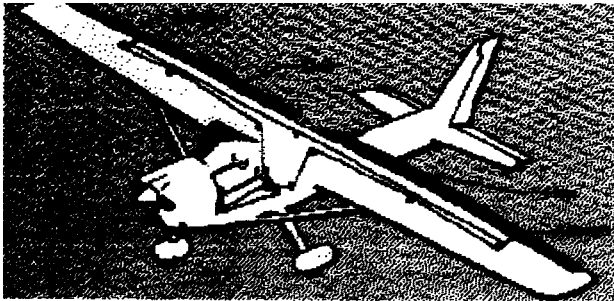
Los movimientos que se producen en una aeronave son producto de momentums aerodinámicos.

Movimiento de cabeceo

- Bastón o cabrilla atrás ⇒ timón de profundidad sube, avión hacia arriba.
- Bastón o cabrilla adelante ⇒ timón de profundidad baja, avión hacia abajo.

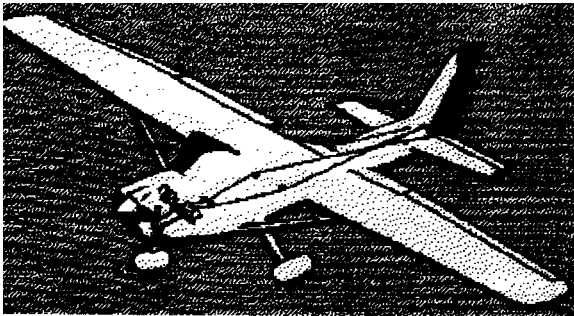


Movimiento de banqueo o balanceo



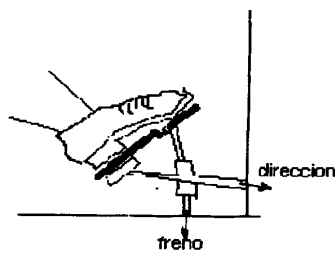
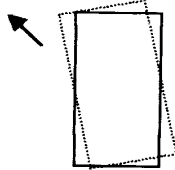
Movimiento de guiñada

Al pisar el pedal izquierdo, el timón a la izquierda, guiñada a la izquierda (el otro lado igual).



En aviones pequeños los pedales controlan también la rueda de nariz.

16 grados



Se carretea con los pies en la dirección y frenos

- Se despega con los pies sólo en dirección
- Después de despegar se frenan las llantas y se bajan los pies.

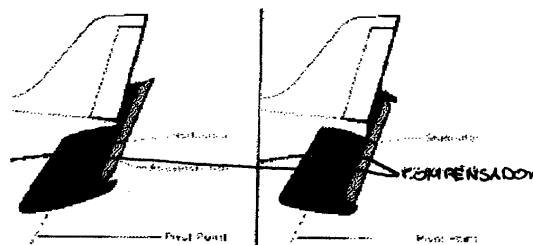
Sistemas para mover superficies

- Sistema manual: La fuerza ejercida por el piloto es la misma que mueve la superficie, por lo tanto la transmisión es directa.
- Sistema mecánico: Obedece a base de poleas diferenciales que multiplican el esfuerzo del piloto; lo único que hacen las poleas es cambiar movimiento.
Entre más número de poleas, más suave el movimiento.
- Sistema hidráulico: Basado en una bomba hidráulica que produce mayor rendimiento por aumento de la fuerza.
- Sistema eléctrico: Basado en un motor eléctrico que produce movimiento oprimiendo un switch; este sistema lo utilizan las superficies compensadoras.

Superficies compensadoras

Partes móviles de las superficies móviles que permiten producir dos efectos:

- Pequeños momentums para pequeñas faltas de equilibrio.
- Facilitar el movimiento de las superficies de control y aminorar el esfuerzo del piloto.



Si necesito que el avión baje, subo la rueda, el compensador sube y obliga al timón de profundidad a bajar, bajando el avión.

Puede haber compensadores en todas las superficies de control.

Instrumentos de abordo

Se dividen en:

- Instrumentos de actitud: se refiere a la actitud de la aeronave
- Instrumentos de posición: se refiere a la posición geográfica de la aeronave (ADF, VOR, GPS).

Instrumentos de actitud

Se dividen en:

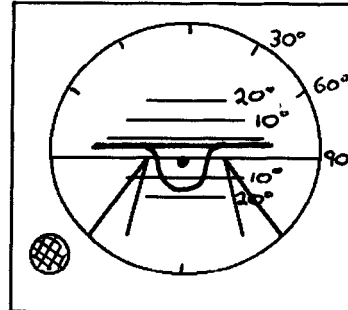
- Pitostáticos
- Giroscópicos

Giroscópicos

Funcionan con base en la inercia, por lo tanto observamos que se mueven en sentido contrario a nuestro movimiento y ellos son:

- Horizonte artificial
- Giroscopio direccional
- Coordinador de virajes (palo y bola)

Todos giran a 17000 rpm



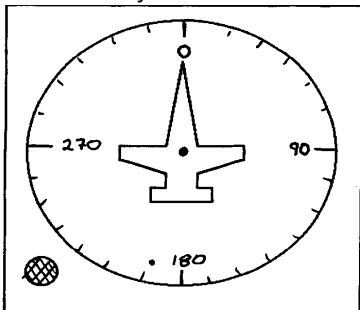
Horizonte artificial

Da indicaciones de cabeceo por encima o por debajo del horizonte, además nos da indicaciones de ángulo de banqueo y su dirección. OJO: No indica si el avión sube o baja; sólo la actitud en si del avión.

Giroscopio direccional

Nos permite establecer nuestra dirección con respecto al norte magnético. Este se ubica en la brújula, por lo tanto, el giroscopio direccional depende de la brújula.

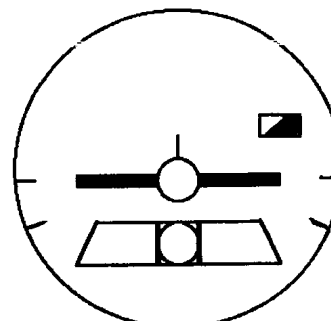
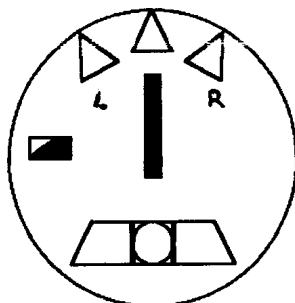
Se debe reajustar en buen tiempo, cada quince minutos y cada siete minutos en al tiempo.



Coordinador de virajes (palo y bola)

Nos permite saber la dirección del viraje izquierdo o derecho, y a su vez, si este es coordinado o no. Cuenta con un nivel y una esfera que se mueve en un liquido llamado lexerina, y un indicador de avión o de barra.

Si la ventanilla se pone roja en vuelo, se daño el instrumento.



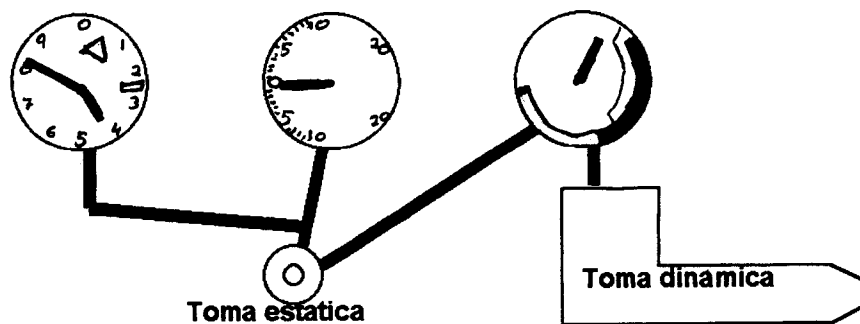
La bomba de succión opera el horizonte y el giroscopio direccional, y normalmente es de color rojo y negro por fuera; en su interior es plástica para producir aire seco, y así evitar humedad dentro de los instrumentos.

Instrumentos pitostáticos

Funcional a base de presión dinámica y estática, y ellos son:

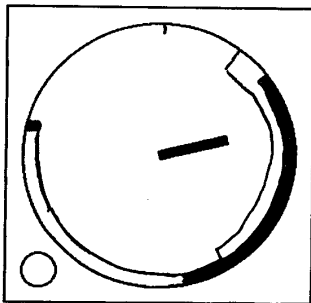
- ✦ Velocímetro
- ✦ Altímetro
- ✦ Variómetro

De estos tres, el velocímetro es el único que funciona con presión estática y dinámica; el altímetro y el variómetro, con diferencia de presiones.



Velocímetro

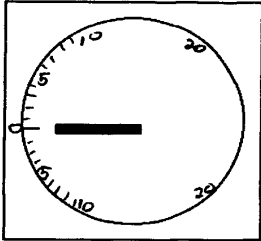
Indica la velocidad del aeronave; como ya sabemos, este instrumento nos muestra la velocidad indicada, o sea, del aire que pasa por el perfil.



Variómetro

Este indicador muestra al piloto las variaciones de nivel de la aeronave, ascensos y descensos. Como todo pitostático, funciona con base en diferencia de presiones. Da lectura en pies por minuto. Es un instrumento retardado

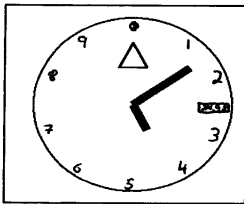
VSI ⇒ Vertical speed indicator
IVSI ⇒ Instant vertical speed indicator



Altímetro

Permite medir distancias verticales y distancias relativas a una determinada presión, escogida por el piloto (isobara). Consta de tres agujas y su carátula está marcada del cero al nueve. Las agujas indican así:

- ✎ Una delgada que en algunos aparatos termina en triángulo o en "v", cuya indicación hay que multiplicar por 10000.
- ✎ Una gruesa y pequeña cuya indicación hay que multiplicar por mil.
- ✎ Una larga y gruesa cuya indicación hay que multiplicar por cien.

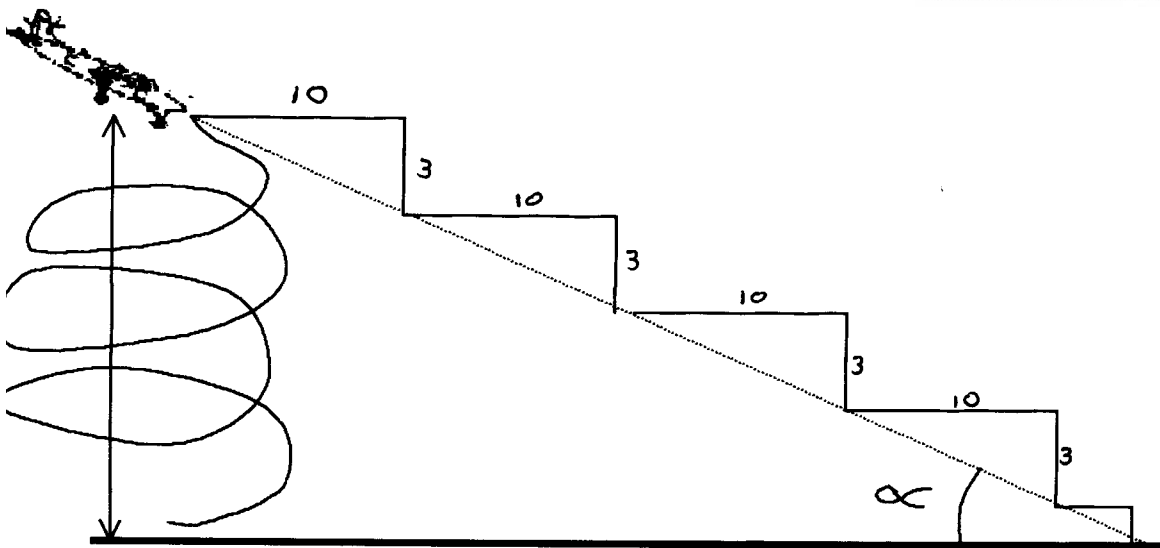


Los instrumentos pitostáticos terminan en ...metro.

Maniobras

Planeo: Es el vuelo sin tracción; se considera una aeronave en planeo cuando pierde su fuerza de tracción.

- ✎ Altura de planeo: Altura desde la cual la aeronave inicia su planeo.
- ✎ Distancia de planeo: distancia horizontal desde que la aeronave inicia su planeo hasta que lo termina.
- ✎ Angulo de planeo: Angulo formado entre un plano horizontal y la trayectoria de la aeronave.
- ✎ Trayectoria de planeo: línea que sigue una aeronave durante el planeo, también puede ser espiral.
- ✎ Relación de planeo: distancia que se avanza horizontalmente con respecto a la que se pierde verticalmente.



La mayor distancia de planeo se obtiene:

- Mantenimiento máximo ángulo de ataque
- Mantemiento VSI (velocity stall indicator)
- Mínimo ángulo de planeo
- En lo posible, nunca usar flaps en el planeo

Pérdidas y barrenas

Se considera una aeronave en pérdida o desplome cuando IAS es menor que VSI.

Orden de perdida de un avión

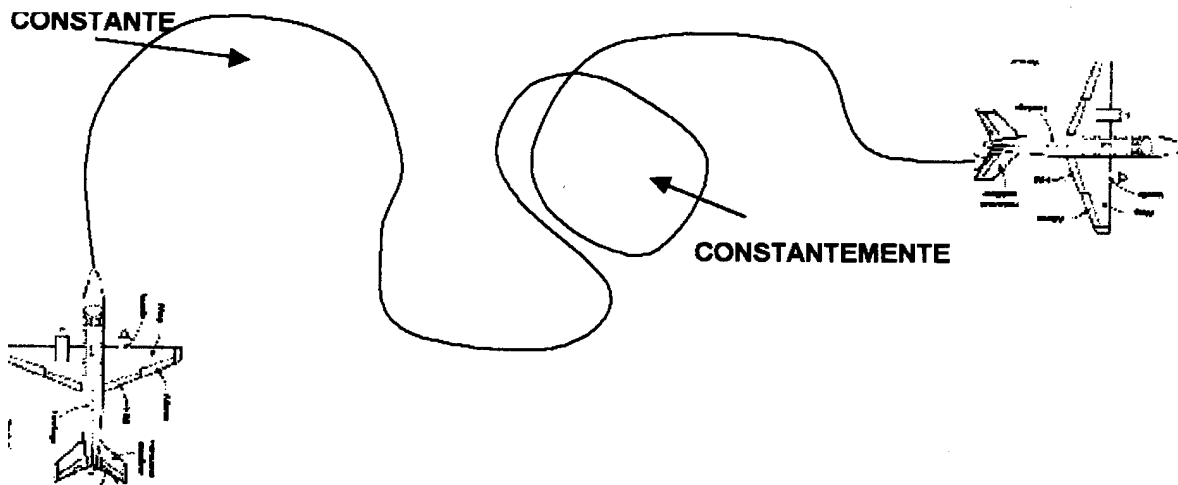
Alerones, timón de dirección, timón de profundidad. Se recupera en el orden inverso.

¿Cómo inducir un avión a la pérdida?

Reduciendo velocidad y aumentando el ángulo de ataque

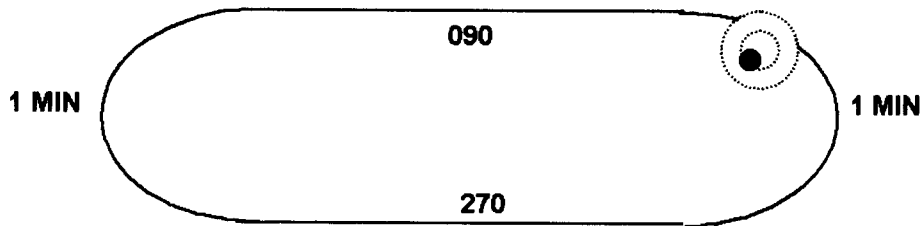
Virajes

Cambio de dirección de una aeronave constantemente en forma constante



Leyes que afectan un viraje

- ✈ Inercia
- ✈ Acción y reacción
- ✈ Velocidad angular: ángulo recorrido en unidad de tiempo
- ✈ Velocidad tangencial: distancia angular recorrida en la unidad de tiempo.



Máxima velocidad de viraje estándar

230 nudos

Formula para hallar el ángulo de banqueo

Velocidad/10 + 7 = grados de banqueo.

Viraje estandar

Es el que se hace en dos minutos a razón de 3º por segundo, o sea, 30º en 10 segundo, 60º en 20 segundos, 120º en 40 segundos y 180º en 60 segundos.

Debo aplicar el mismo ángulo de banqueo que lo que quiero corregir del rumbo en grados.

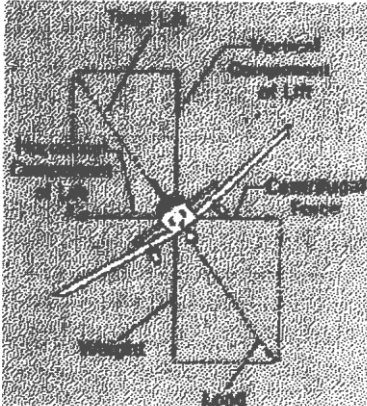
Ejemplo: si quiero corregir 10° de rumbo, debo dar máximo 10° de banqueo

Fuerza centrífuga

Se produce hacia fuera del viraje

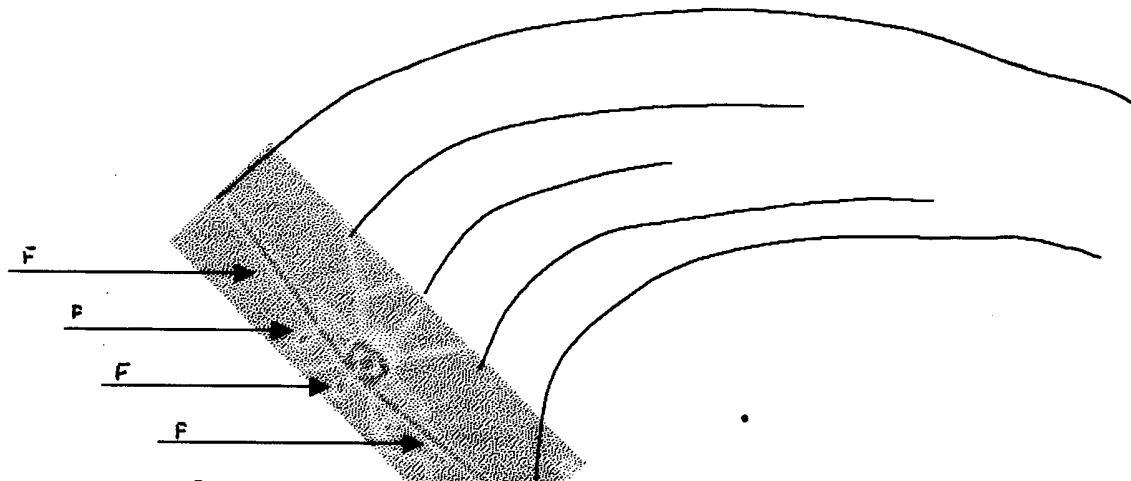
Fuerza centrípeta

Se produce hacia adentro del viraje



Efecto de quilla

Las aeronaves contrarrestan la fuerza centrífuga con el efecto de quilla, por el cual las alas impiden que la aeronave se desplace lateralmente durante un viraje.



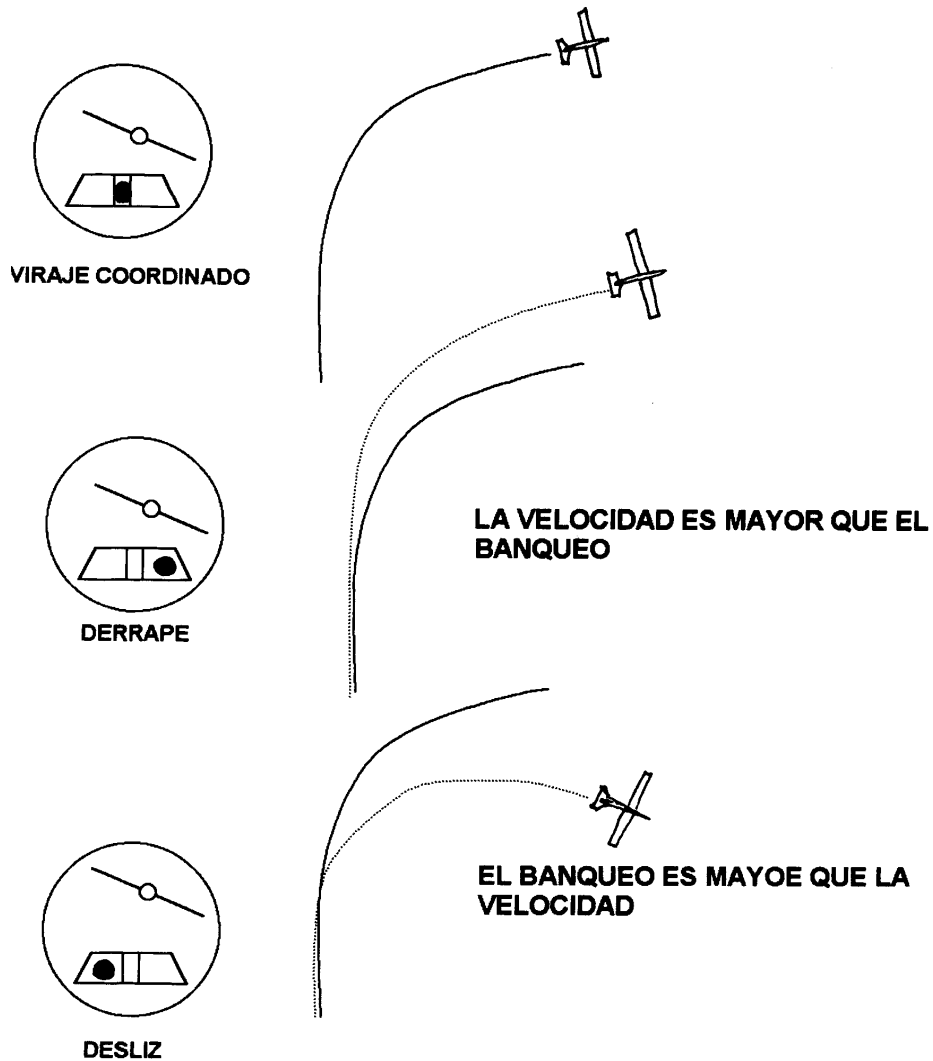
Factores que influyen en un viraje

- ↘ Peso
- ↘ Angulo de banqueo

Fuerzas que afectan la estabilidad de la aeronave

- ↘ Peso
- ↘ Inercia

Coordinador de virajes



Carga alar

Cantidad de peso que soporta cada unidad de superficie alar.
Ejemplo: $20000 \text{ lbs}/50 \text{ ft}^2 = w/s = 40 \text{ lbs}/\text{ft}^2$

Factor de carga

Indice de capacidad estructural que soportan las alas de una aeronave sin quebrarse en la raíz.

Gravedades

Debido a la fuerza centrífuga, el valor de la gravedad durante un viraje varía produciendo un incremento en el valor real del peso.

Ejemplo: Una aeronave con peso bruto de 2000 lbs, se impone una carga en vuelo de 6000 lbs, por lo tanto el factor de carga es de 3 g.

Nota: el cuerpo humano soporta 6 g; en un viraje de 60°, el cuerpo soporta 2 g positivas; en un viraje, cuando aumenta el ángulo de banqueo, aumenta el factor de carga.