

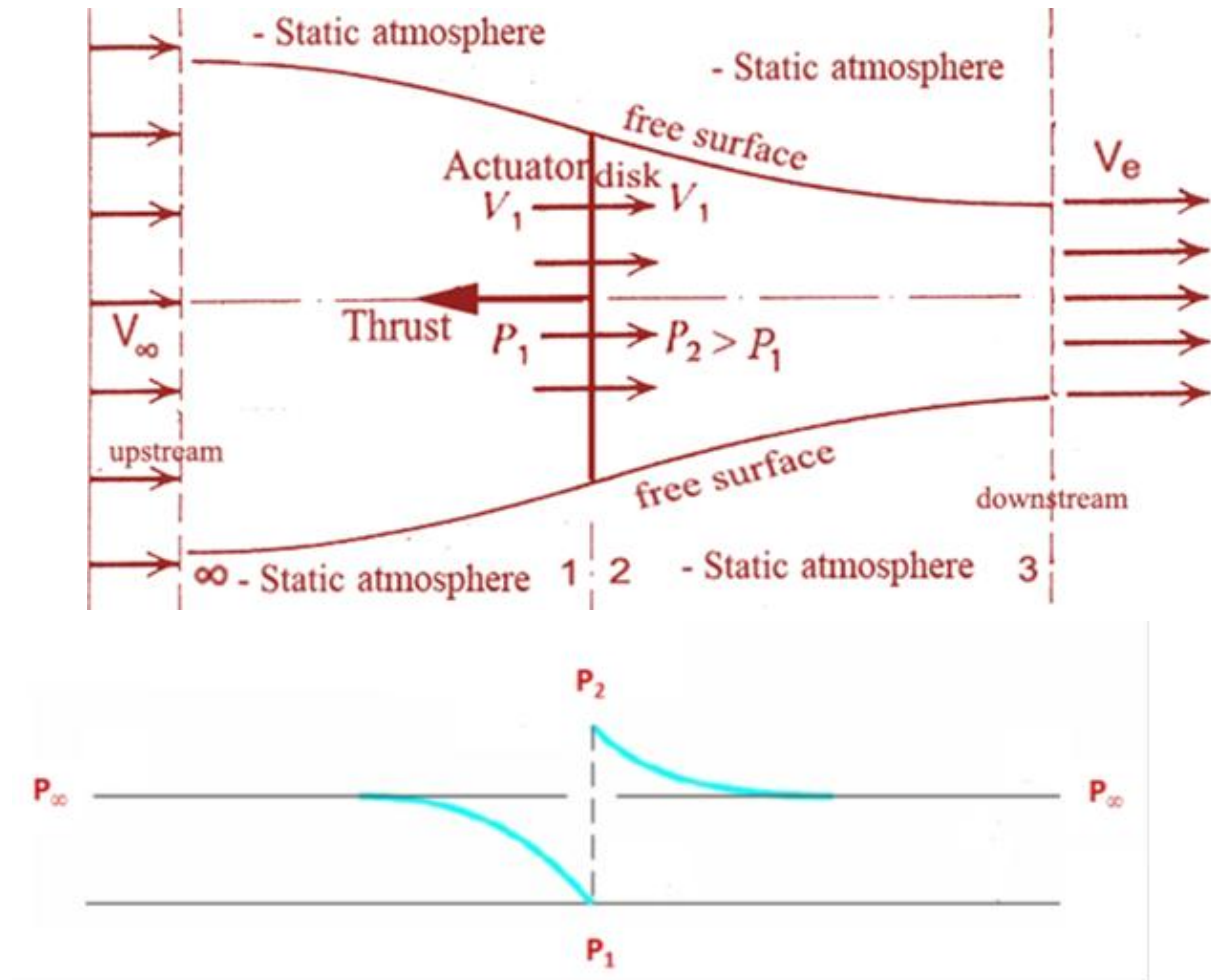


HÉLICE

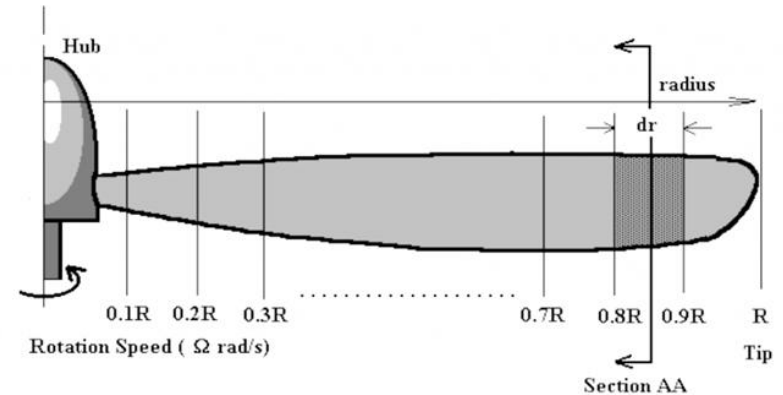
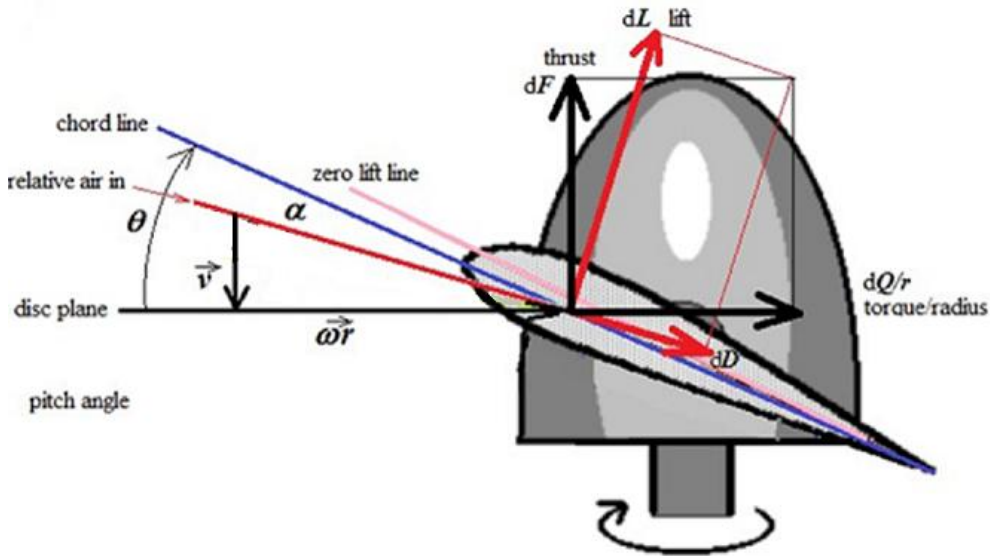
TEORÍA ELEMENTAL DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

La teoría se basa en el concepto del disco actuador ideal. Esto es un disco infinitamente delgado de área S el cual no ofrece resistencia al aire que pasa a través de él. El aire que pasa a través del disco recibe energía del disco en forma de presión, esta energía se va añadiendo de forma uniforme sobre toda la superficie del disco. Se asume que la velocidad del aire a través del disco es constante a lo largo y ancho de toda su área y que toda la energía transferida al disco se traspa íntegramente al aire.

La figura representa un disco actuador en reposo en un fluido que, aguas arriba del disco y muy lejano a él se mueve de manera uniforme con una velocidad V_∞ y tiene una presión de P_∞ . Las dos curvas simétricas representan las líneas de flujo que separan el fluido que pasa a través del disco del que no. Según se acerca el fluido contenido entre las dos líneas de corriente hacia el disco, el flujo se acelera hasta una velocidad V_1 mientras su presión va reduciéndose hasta P_1 . En el disco, la presión se incrementa hasta P_2 pero la continuidad "prohíbe" un cambio instantáneo de velocidad. Tras el disco, el aire se expande y acelera hasta que, ya lejos del mismo y aguas abajo su presión vuelve a ser P_∞ y su velocidad V_∞ . El fluido entre las líneas de corriente tras el disco se conoce como estela.



TEORÍA DE ELEMENTOS DE PALA



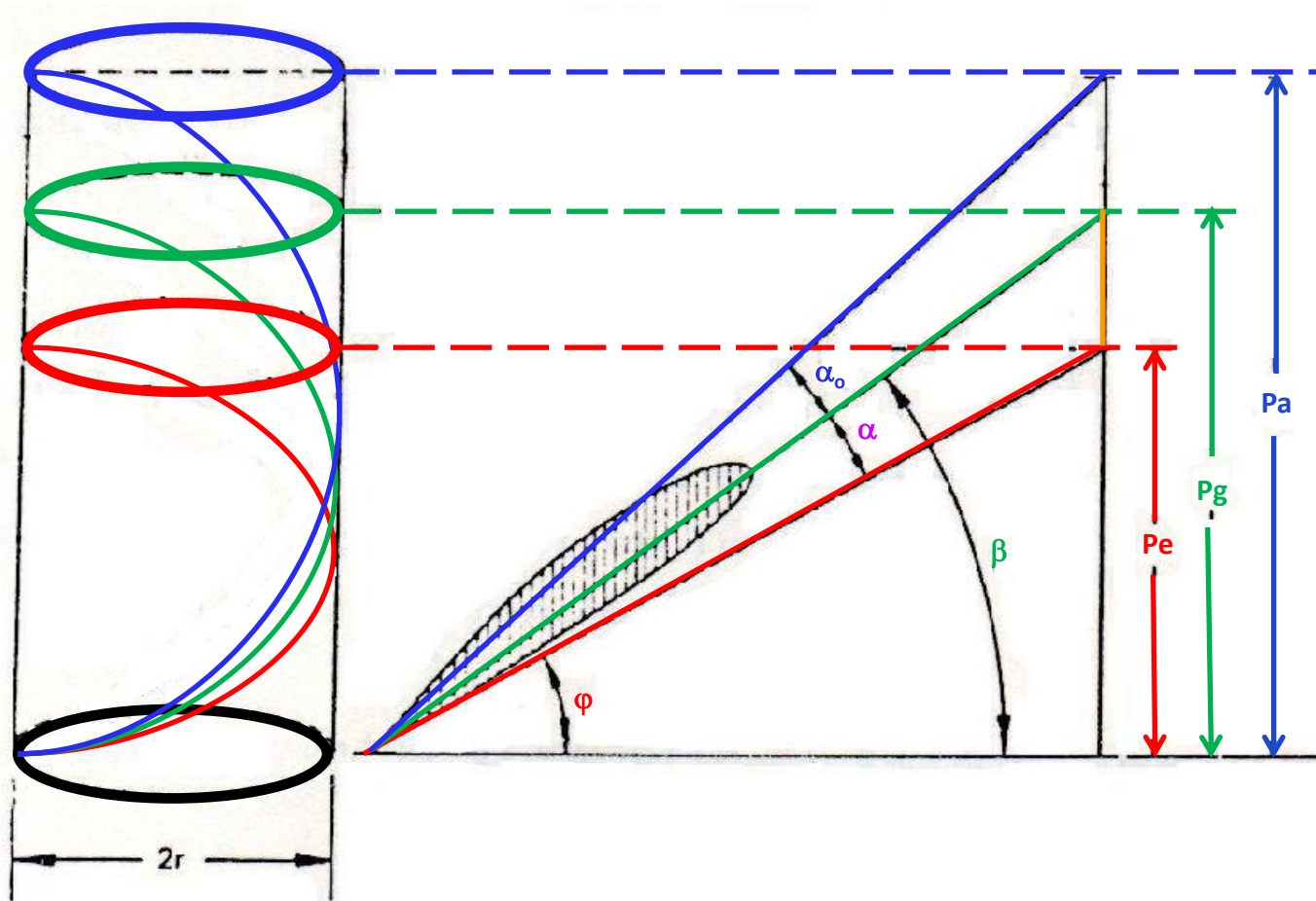
Un método relativamente simple para predecir el rendimiento de una hélice es el uso de la teoría de los elementos de pala (Blade Theory Element).

En este método, la hélice se divide en una serie de secciones independientes a lo largo de la longitud. En cada sección, se aplica un balance de fuerza que involucra la sustentación y la resistencia de la sección 2D con la tracción y el torque producido por la sección. Esto produce un conjunto de ecuaciones no lineales que se pueden resolver por iteración para cada sección de pala. Los valores resultantes de tracción y torque de la sección se pueden sumar para predecir el rendimiento general de la hélice.

En comparación con los resultados reales de la hélice, esta teoría sobre-predecirá la tracción y subestimaré el torque con un aumento resultante en la eficiencia teórica del 5% al 10% sobre el rendimiento medido. Se ha encontrado que la teoría es muy útil para estudios comparativos, como optimizar el ajuste del paso de la pala para una velocidad de crucero determinada o para determinar la solidez óptima de la pala para una hélice. Es una herramienta para obtener buenas predicciones de primer orden de tracción, torque y eficiencia para hélices en un amplio rango de condiciones de operación.

Para una hélice dada, se denomina solidez a la relación entre la superficie proyectada por las palas sobre el disco de la hélice y la superficie frontal barrida por la hélice.

ÁNGULOS Y PASOS DE AVANCE DE UN ELEMENTO DE PALA DE HÉLICE



$2r$ Diámetro correspondiente a un elemento de perfil de pala

P_e – Paso efectivo

P_g - Paso geométrico

P_a – Paso aerodinámico

Deslizamiento = $P_g - P_e$

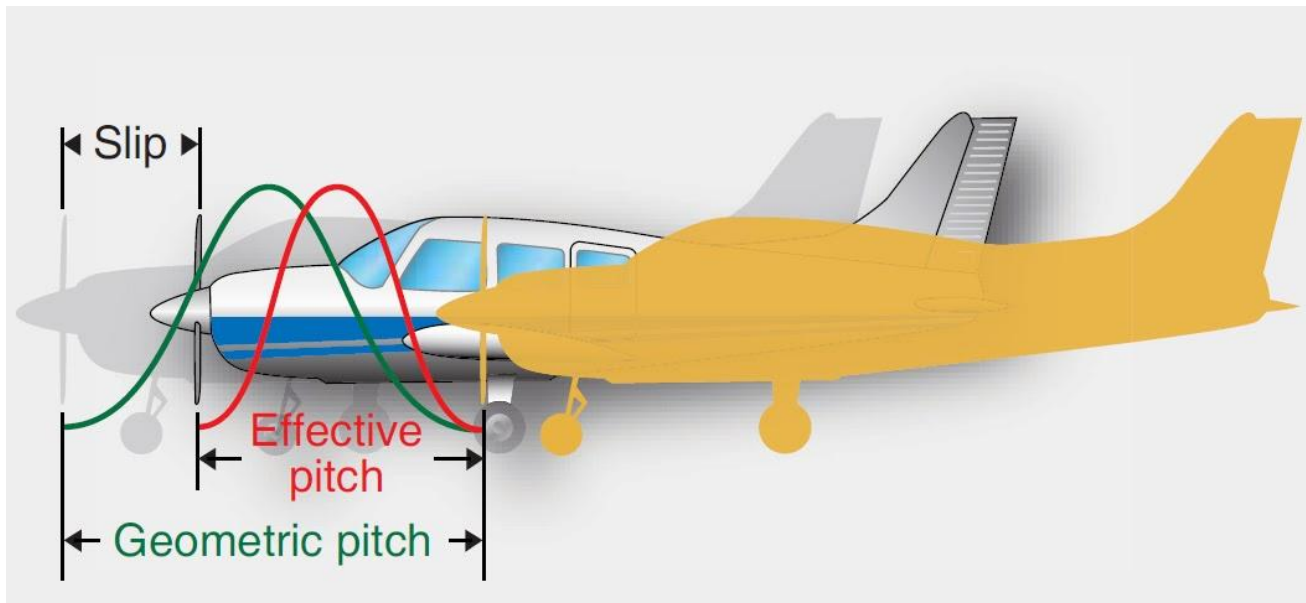
β – Ángulo de elemento de pala

α – Ángulo de ataque

α_0 – Ángulo de ataque para tracción nula

φ – Ángulo de paso efectivo

ÁNGULOS Y PASOS DE AVANCE DE UN ELEMENTO DE PALA DE HÉLICE



El **deslizamiento** de la hélice es la diferencia entre el **paso geométrico** de la hélice y su **paso efectivo**.

El **paso geométrico** es la distancia que una hélice debe avanzar en una revolución sin **deslizamiento**.

El **paso efectivo** es la distancia que realmente avanza.

Por lo tanto, el **paso geométrico** o teórico se basa en ningún **deslizamiento**.

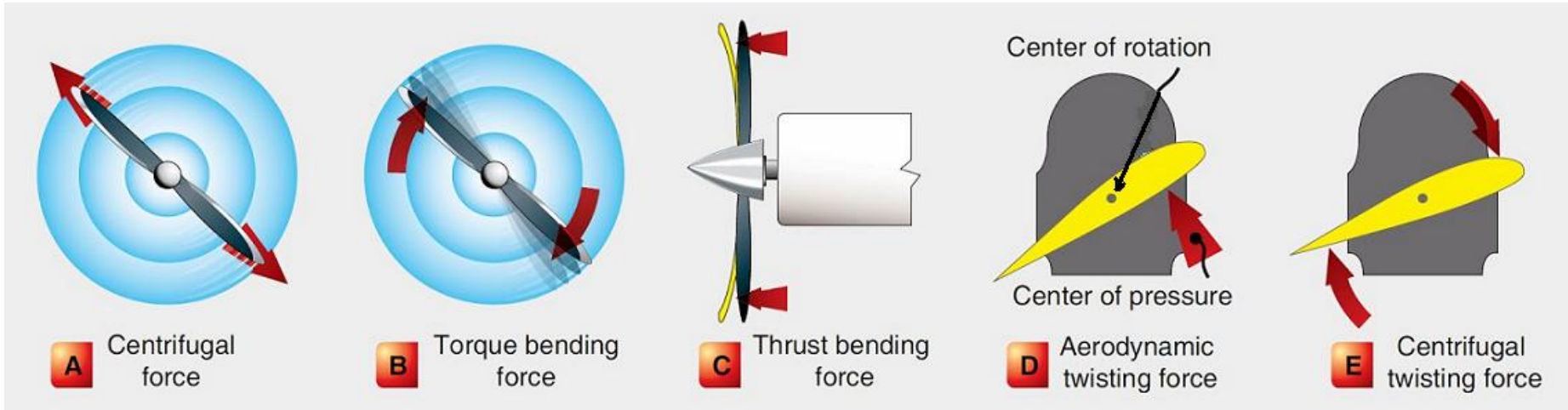
El **paso real o efectivo** reconoce el **deslizamiento** de la hélice en el aire.

La relación se puede mostrar como:

Paso geométrico - **Paso efectivo** = **Deslizamiento**

ESFUERZOS EN LA HÉLICE

Las principales fuerzas que actúan sobre una hélice son:



[Figura A] La fuerza centrífuga tiende a forzar las palas de la hélice hacia afuera del cubo. Esta es la fuerza más dominante en la hélice.

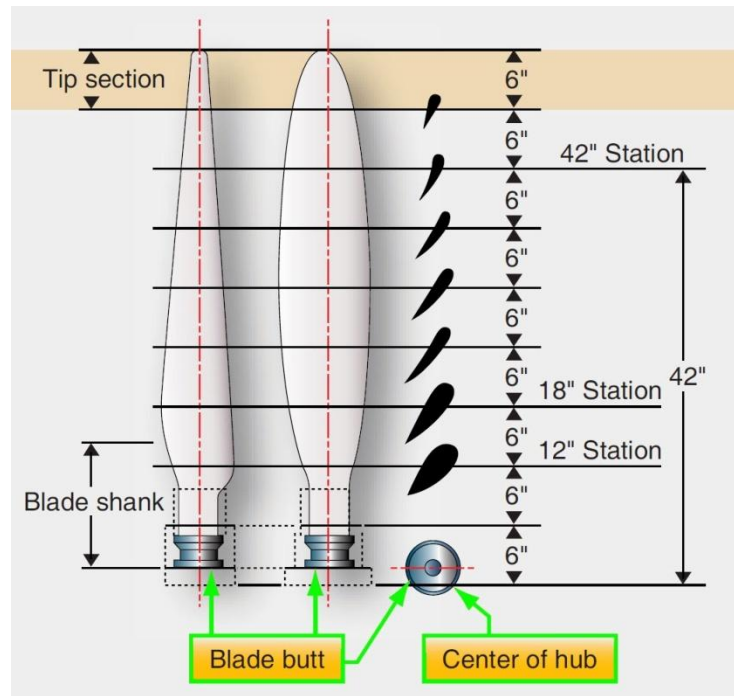
[Figura B] La fuerza de flexión del torque, en forma de resistencia al aire, tiende a doblar las palas de la hélice en la dirección opuesta a la de la rotación.

[Figura C] La fuerza de flexión por tracción es la carga de empuje que tiende a doblar las palas de la hélice hacia delante cuando el avión se desplaza por el aire.

[Figura D] La fuerza de torsión aerodinámica tiende a girar las palas a un gran ángulo de paso.

[Figura E] La fuerza de torsión centrífuga, al ser mayor que la fuerza de torsión aerodinámica, tiende a forzar las palas hacia un menor ángulo de paso.

ELEMENTOS DE PALA DE LA HÉLICE



La pala de la hélice típica se puede describir como una superficie aerodinámica torsionada de forma plana irregular.

En la Figura se muestran dos vistas de una pala de hélice.

La pala se puede dividir en segmentos que se ubican por números de estación en pulgadas desde el centro del cubo de la pala.

Las secciones transversales de cada segmento de pala de 6 pulgadas se muestran como perfiles alares de diferentes dimensiones.

También se identifican la raíz y la puntera de pala.

La raíz de pala es la parte gruesa y redondeada cerca del cubo y está diseñado para resistir los esfuerzos.

FACTOR DE ACTIVIDAD

El factor de actividad (AF) es un parámetro de diseño asociado con la geometría de la pala de la hélice. Cuanto más delgada es la pala (mayor radio, menor cuerda), menor es el valor de AF.

El factor de actividad (AF) de la pala es una medida adimensional de la capacidad de absorción de energía de una hélice. Esta influenciado por la relación de la ubicación de la superficie de la pala con respecto al disco de la hélice y la distancia radial de esta desde el cubo.

El factor de actividad (AF) de la pala está determinado por la siguiente integral:

$$AF = \frac{100000}{16} \int_{x_h}^1 \frac{c}{d_p} \cdot x^3 dx$$
$$AF \approx 1563 \frac{\bar{c}}{d_p}$$

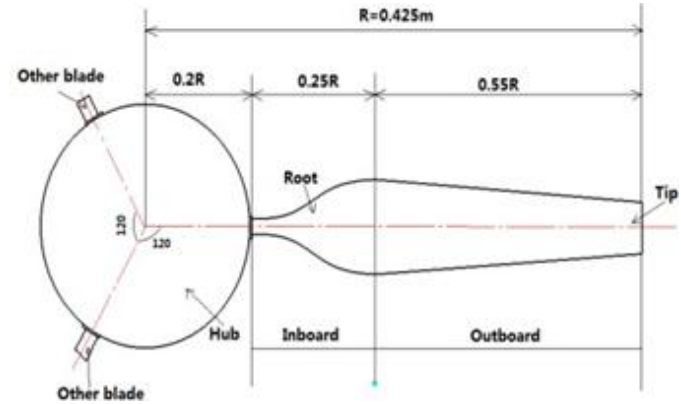
El factor de actividad de la pala está influenciado principalmente por la ubicación radial de la cuerda. Esto se debe a que el aumento de la presión dinámica hacia la punta permite que se absorba más potencia allí.

El factor de actividad de la pala total es el factor de actividad multiplicado por el número de palas en la hélice.

El factor de actividad (AF) da una idea de cómo es la distribución del área de la pala. Una pala con su mayor distribución de área alejada del cubo, tendrá un mayor AF.

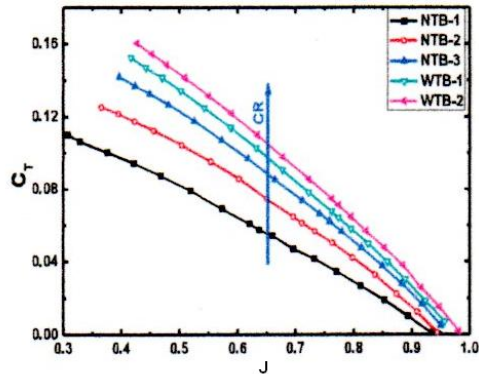
Si se comparan varias hélices que posean el paso, el diámetro y el área de pala iguales, la hélice con un mayor (AF) absorberá más potencia a la misma RPM que otra con un menor factor de actividad.

FACTOR DE ACTIVIDAD

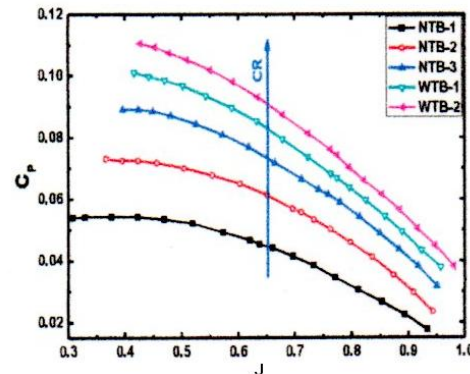


Type	Name	CR	$b_{0.7}/D$	AF	$\Delta\theta$	$\chi_{0.7}$
Narrow tip	NTB-1	0	0.043	43.4	32.8°	20.5°
	NTB-2	0.33	0.055	70.0	32.8°	20.5°
	NTB-3	0.67	0.067	96.6	32.8°	20.5°
Wide tip	WTB-1	1.00	0.079	123.2	32.8°	20.5°
	WTB-2	1.33	0.091	149.8	32.8°	20.5°

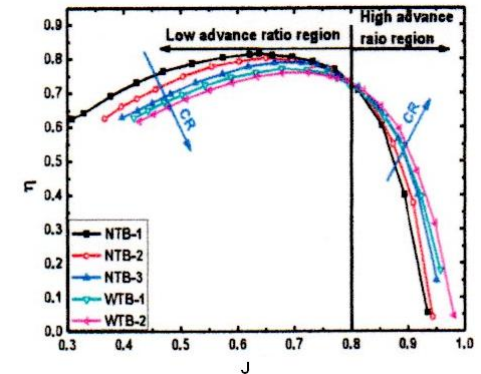
$CR = b_{1.0} / b_{0.45}$, chord ratio
 b = chord length of local blade element at r
 D = diameter of propeller
 $\Delta\theta = \theta_{0.2} - \theta_{1.0}$, difference of blade twist angle
 $\chi_{0.7}$ = pitch angle at $r/R = 0.7$



a) Thrust coefficients



b) Power coefficients



c) Propulsive efficiencies

SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE LA HÉLICE

La elección de la hélice en la etapa de diseño preliminar se basa en lo siguiente:

a) El sistema de control del ángulo de pala:

1) Hélice de paso fijo

2) Hélice de velocidad constante

3) β control

b) La geometría de la pala, la forma de los perfiles alares y la torsión de la pala.

c) El diámetro y su velocidad de rotación.

La Eficiencia η de la hélice se expresa como:

$$\eta = \frac{\text{potencia útil}}{\text{potencia entregada al eje}} = \frac{T \cdot V}{P}$$

Siendo nula en condiciones estáticas y alcanza valores máximos para las fases de vuelo que se alcancen altas velocidades.

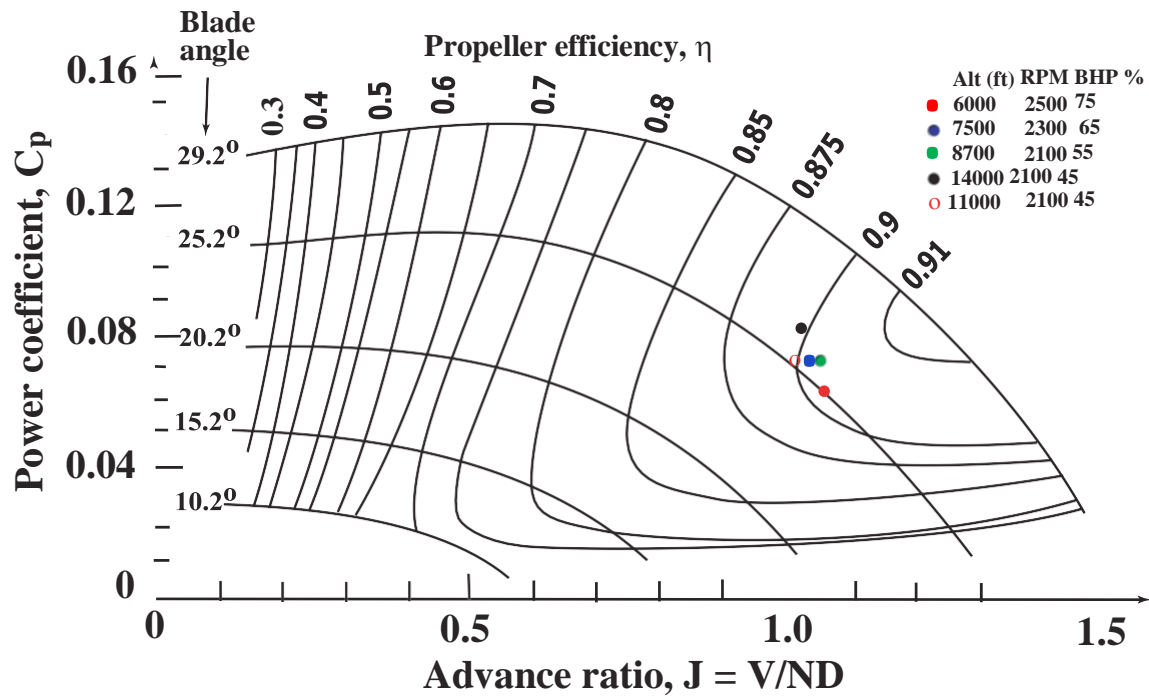
Pueden conseguirse valores superiores al 85%.

La eficiencia constituye el criterio de diseño y selección más importante.

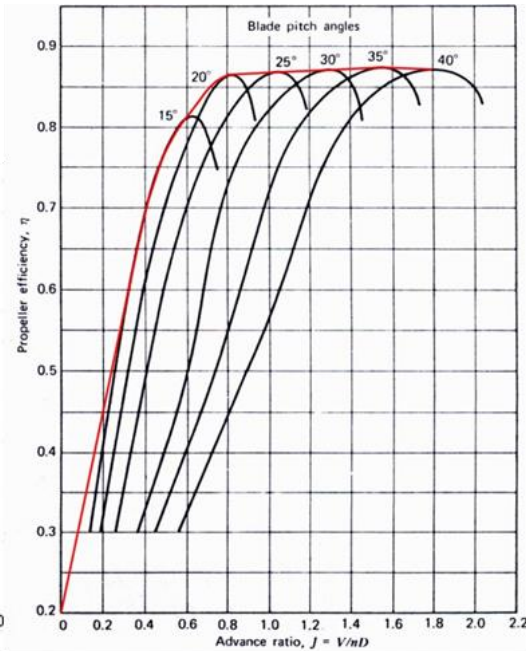
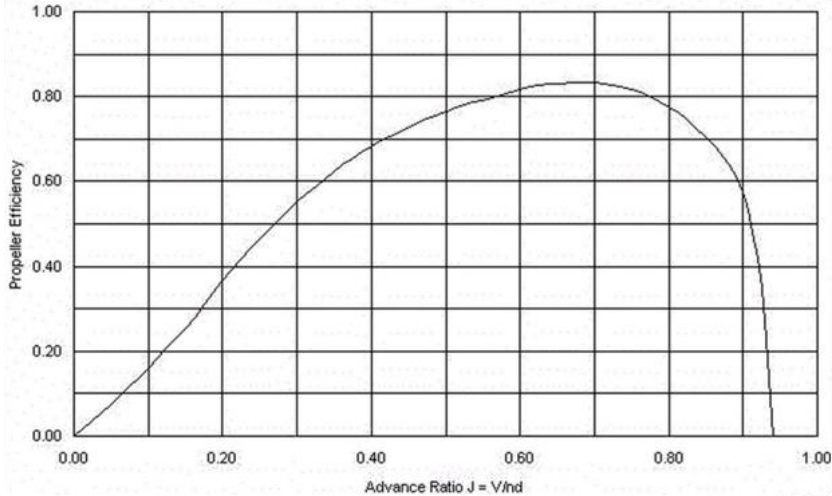
El vuelo de crucero no es el único factor decisivo sino que también deben considerarse otras performances como por ejemplo el descolaje y la trepada.

COEFICIENTES DE CÁLCULO PARA UNA HÉLICE

$$\eta = \frac{TV}{P} = \frac{\boxed{C_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}} \quad \boxed{J = \frac{V}{nD}}}{\boxed{C_P = \frac{P}{\rho n^3 D^5}}} = \eta = \frac{C_T J}{C_P}$$



COEFICIENTES DE CÁLCULO PARA UNA HÉLICE



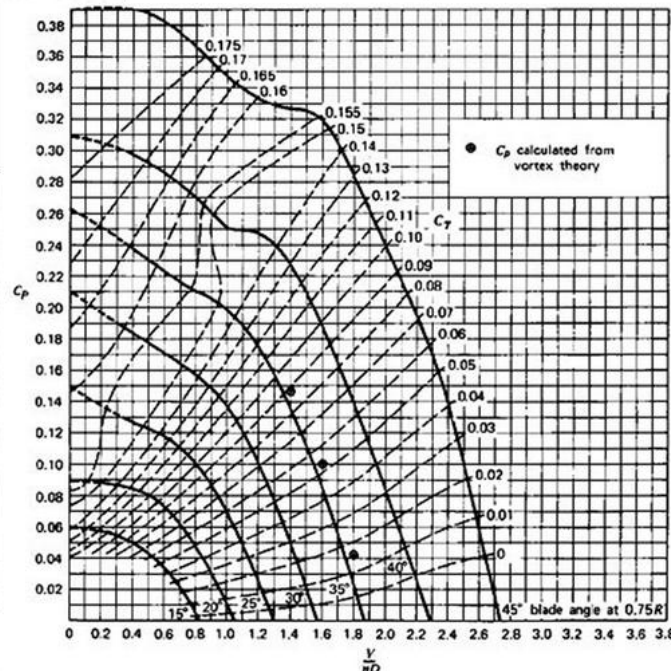
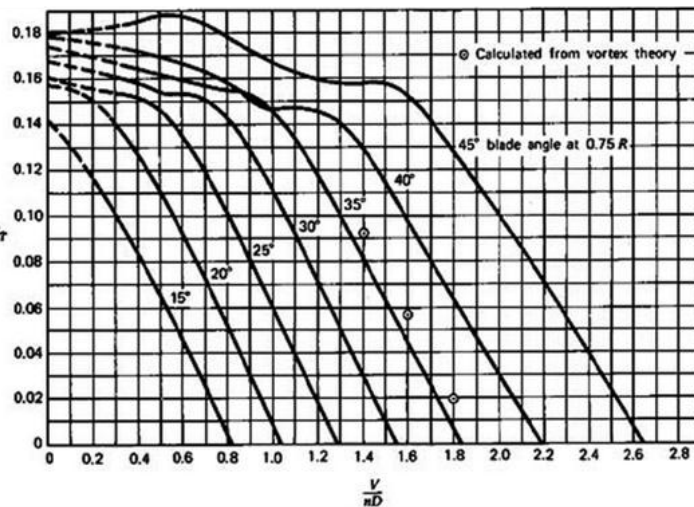
Características típicas de la hélice:

a) eficiencia (η) frente a la relación de avance (J) para una hélice de paso fijo (hélice McCauley 7557 en algunos Cessna 172s).

b) Variación de la eficiencia (η) con el ángulo de paso β de una hélice de paso variable.

c) Variación del coeficiente de tracción C_T con la relación de avance J y ángulo de paso β al 75% del radio.

d) Variación del coeficiente de potencia C_p con la relación de avance J y ángulo de ángulo de paso β al 75% del radio.



EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

a) Hélices de paso constante durante el vuelo:

- 1) Paso fijado por el constructor.
- 2) Paso ajustable en tierra pero no durante el vuelo.

b) Hélices con paso variable durante el vuelo (controlable):

- 1) Pueden fijarse en algunos valores determinados, dentro de ciertos límites.
- 2) Pueden fijarse en cualquier valor deseado, dentro de ciertos límites.

c) Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Las revoluciones del motor se mantienen constantes en un valor fijado por el piloto. El paso se controla automáticamente de manera que siempre existe equilibrio entre la potencia entregada por el motor y la absorbida por la hélice.

d) Hélices de velocidad constante con control de paso (β control).

El paso puede ser controlado por el piloto, mientras que el número de revoluciones permanece constante durante el vuelo. En este caso la potencia del motor está gobernada por un sistema automático de control de combustible.

EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de paso fijo

Ventajas:

- a) Facilidad de construcción.
- b) Menor costo.
- c) Menor peso.
- d) Menor mantenimiento.

Desventaja desde el punto de vista de la performance. Durante el despegue y la trepada las revoluciones del motor están limitadas por la potencia que la hélice puede absorber.

La eficiencia dependerá del diámetro de la hélice.

Un diámetro grande implica ángulos de paso pequeños lo que permite que a bajas velocidades se obtengan mayores revoluciones del motor y por lo tanto mayor potencia.

En ciertos casos donde alcanzar la velocidad del sonido en la puntera no es un factor limitante, puede ocurrir que sí lo sea la altura al piso.

EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Las hélices de velocidad constante están provistas de:

- 1) Un sistema que permite poner la hélice en bandera cuando el motor está inoperativo, con la consiguiente reducción de la resistencia de la hélice a la vez que se evitan daños en el motor por la hélice girando en molinete.
- 2) La capacidad de girar la pala a un ángulo de paso negativo, el cual se utiliza para invertir la tracción de la hélice produciendo un efecto de frenado, con la consiguiente reducción en la carrera de aterrizaje.
- 3) restricción automática del ángulo de paso que actúa cuando cae la presión de aceite, y evitar que la hélice se embale en ángulos de ataque pequeños.

Hélices de velocidad constante con control de paso (β control).

Cuando el β control está en operación durante el vuelo y el piloto desea incrementar la potencia del motor, el resultado directo de su acción sobre el acelerador será un incremento del paso de la hélice.

Puesto que simultáneamente el torque de la hélice se incrementará, las revoluciones tenderán a disminuir.

Entonces el «speed set» transmitirá una señal al sistema de alimentación de combustible y el motor incrementará su potencia hasta que las revoluciones alcancen nuevamente el valor establecido.

EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Control de hélice:

Para la operación en vuelo, se requiere que el motor suministre potencia dentro de una banda relativamente estrecha de velocidades de rotación operativas (r.p.m.), para esta situación el regulador sensible a la velocidad (**governor**) de la hélice controla automáticamente el ángulo de paso de la pala según se requiera, para mantener las r.p.m. del motor constantes.

Tres factores tienden a variar las r.p.m. del motor durante el funcionamiento:

- a) la potencia,
- b) la velocidad del aire,
- c) la densidad del aire.

Si las r.p.m. se mantienen constantes el ángulo de la pala debe variar:

- a) directamente con la potencia,
- b) directamente con la velocidad del aire,
- c) inversamente con la densidad del aire.

El **governor** proporciona los medios por los cuales la hélice puede ajustarse automáticamente a diferentes potencias y condiciones de vuelo mientras convierte la potencia en tracción.

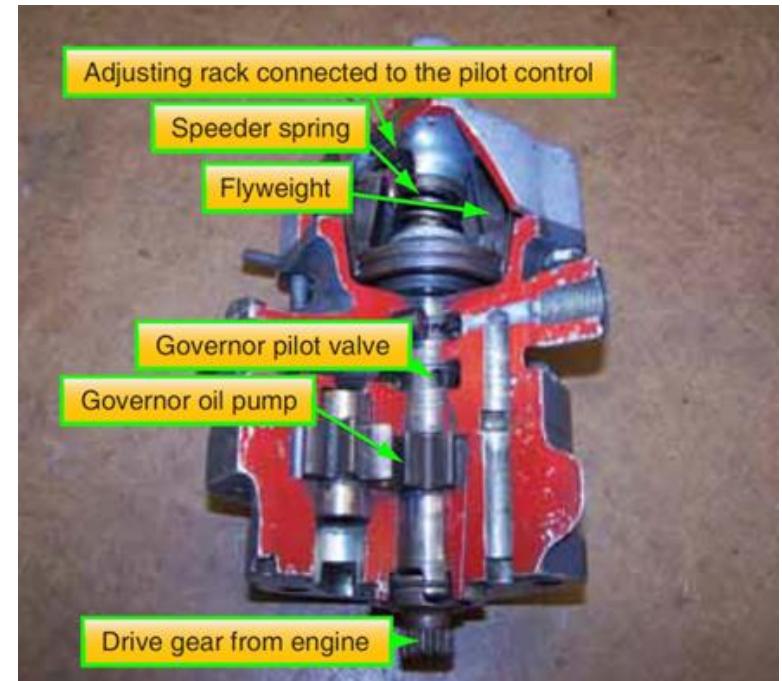
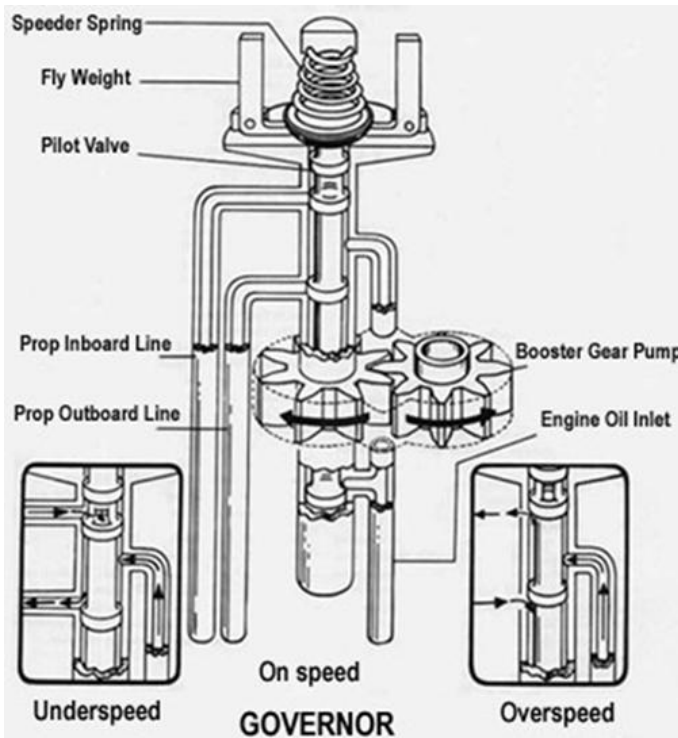
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

GOVERNOR

El **governor** suministra y controla el flujo de aceite hacia y desde la hélice. El **governor** es accionado por el motor, recibe aceite del sistema de lubricación del mismo y aumenta su presión a la requerida para operar el mecanismo de cambio de paso.

Se compone esencialmente de:

1. Una bomba de engranajes para aumentar la presión del aceite del motor a la presión requerida para el funcionamiento de la hélice.
2. Un sistema de válvula de alivio que regula la presión de funcionamiento en el **governor**.
3. Una válvula piloto accionada por contrapesos que controlan el flujo de aceite a través del **governor**.
4. El resorte del acelerador proporciona un medio por el cual la carga inicial en la válvula piloto se puede cambiar a través del mecanismo que controla el aviador.



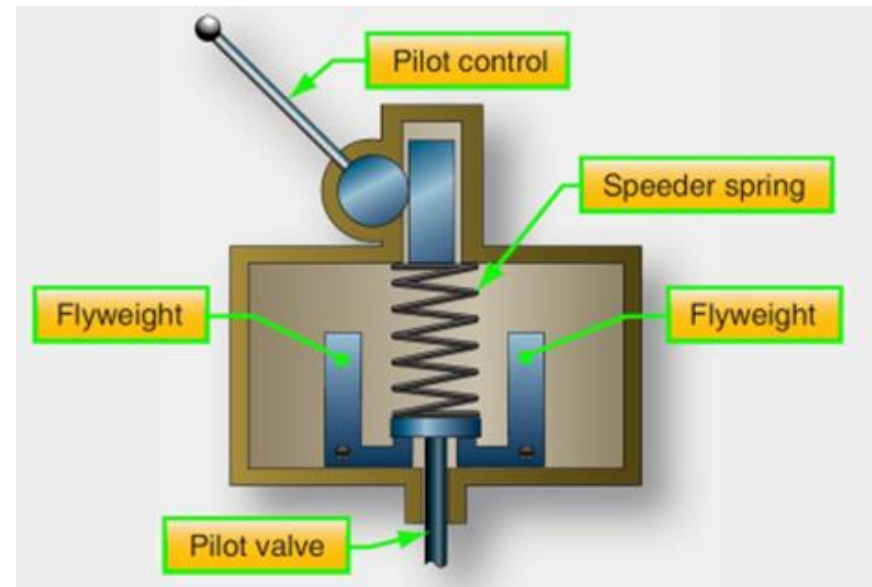
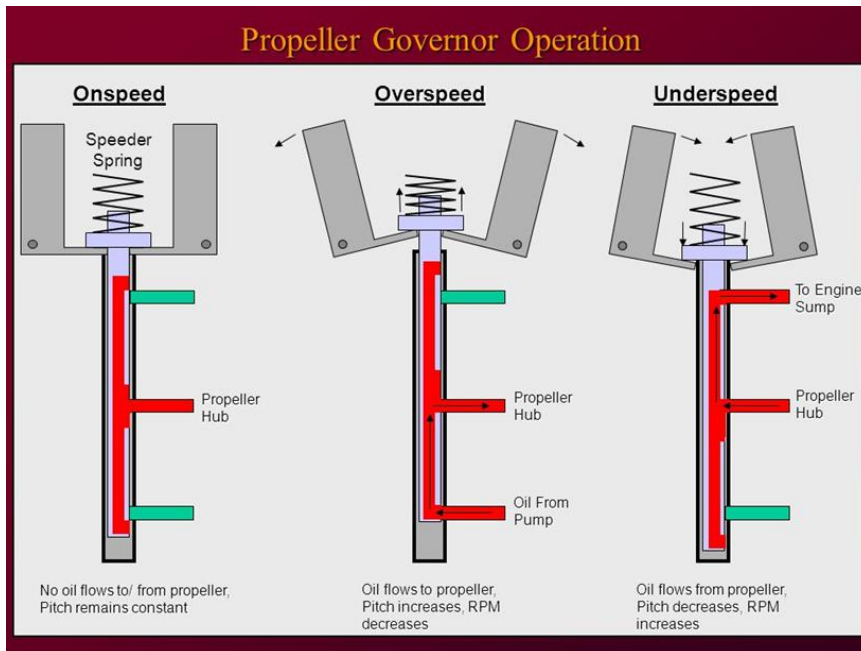
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

El **governor** opera por medio de contrapesos que controlan la posición de una válvula piloto.

Cuando las r.p.m. de la hélice están por debajo de la fijada por el piloto mediante el resorte del acelerador, los contrapesos se mueven hacia adentro debido a la menor fuerza centrífuga siendo empujados por la expansión del resorte del acelerador.

Si las r.p.m. de la hélice son más altas que el ajuste, los contrapesos se moverán hacia afuera debido a la mayor fuerza centrífuga, comprimiendo al resorte del acelerador.

La posición de los contrapesos desplaza a la válvula piloto la que dirigirá la presión del aceite del motor al cilindro de la hélice a través del eje de la hélice, o permitirá el drenaje del fluido, produciendo un cambio de paso que equilibre el valor de potencia establecido.



EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic:

Principios básicos de operación: El mecanismo de cambio de paso de la hélice **Hydromatic** es un sistema mecánico-hidráulico en el que las fuerzas hidráulicas que actúan sobre un pistón se transforman en fuerzas mecánicas que actúan sobre las palas.

El movimiento del pistón provoca la rotación de la leva que incorpora un engranaje cónico. La presión hidráulica que actúa sobre el pistón es controlada por el **governor**.

Hélice de simple efecto: el **governor** dirige la salida de la bomba solo hacia el lado interior del pistón. La hélice de simple efecto utiliza un **governor** de **simple efecto**.

Este tipo de hélice hace uso de tres fuerzas durante la operación a velocidad constante:

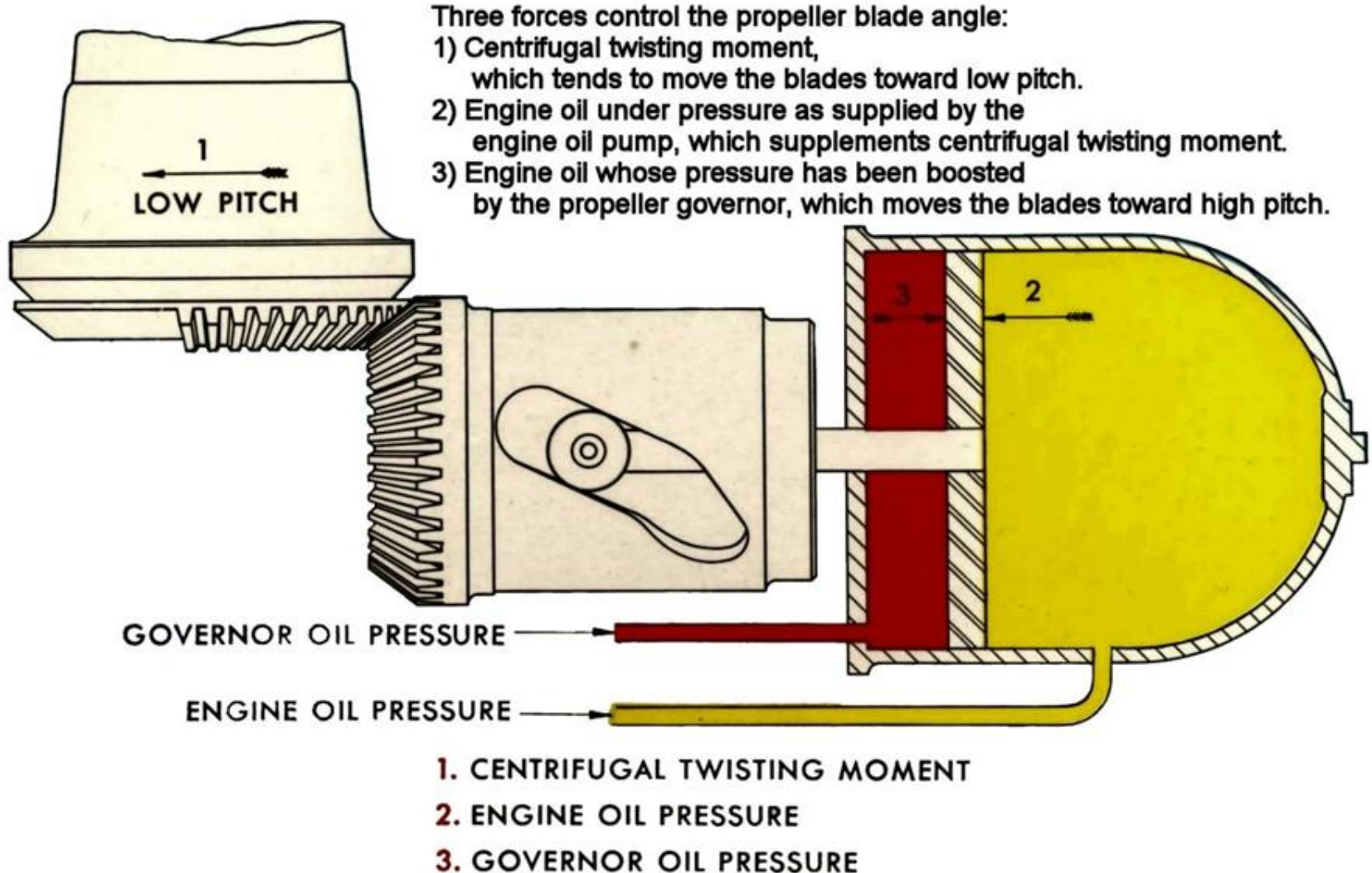
1. **Momento de torsión centrífuga:** fuerza centrífuga que actúa sobre una pala giratoria que tiende en todo momento a mover la pala a un paso fino.
2. **Aceite a la presión del motor en una cara del pistón,** que complementa el momento de giro centrífugo hacia el paso fino.
3. **Aceite del governor de la hélice en la cara contraria del pistón,** que equilibra las dos primeras fuerzas y mueve las palas hacia un paso grueso.

El **governor** controla el sistema entregando **aceite del motor a presión a la cara del pistón o drenándola** equilibrando los esfuerzos que producen la **presión de aceite del motor a la otra cara del pistón** y el **momento de giro en la pala producido por el momento de torsión centrífugo**.

EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic (Simple Efecto)



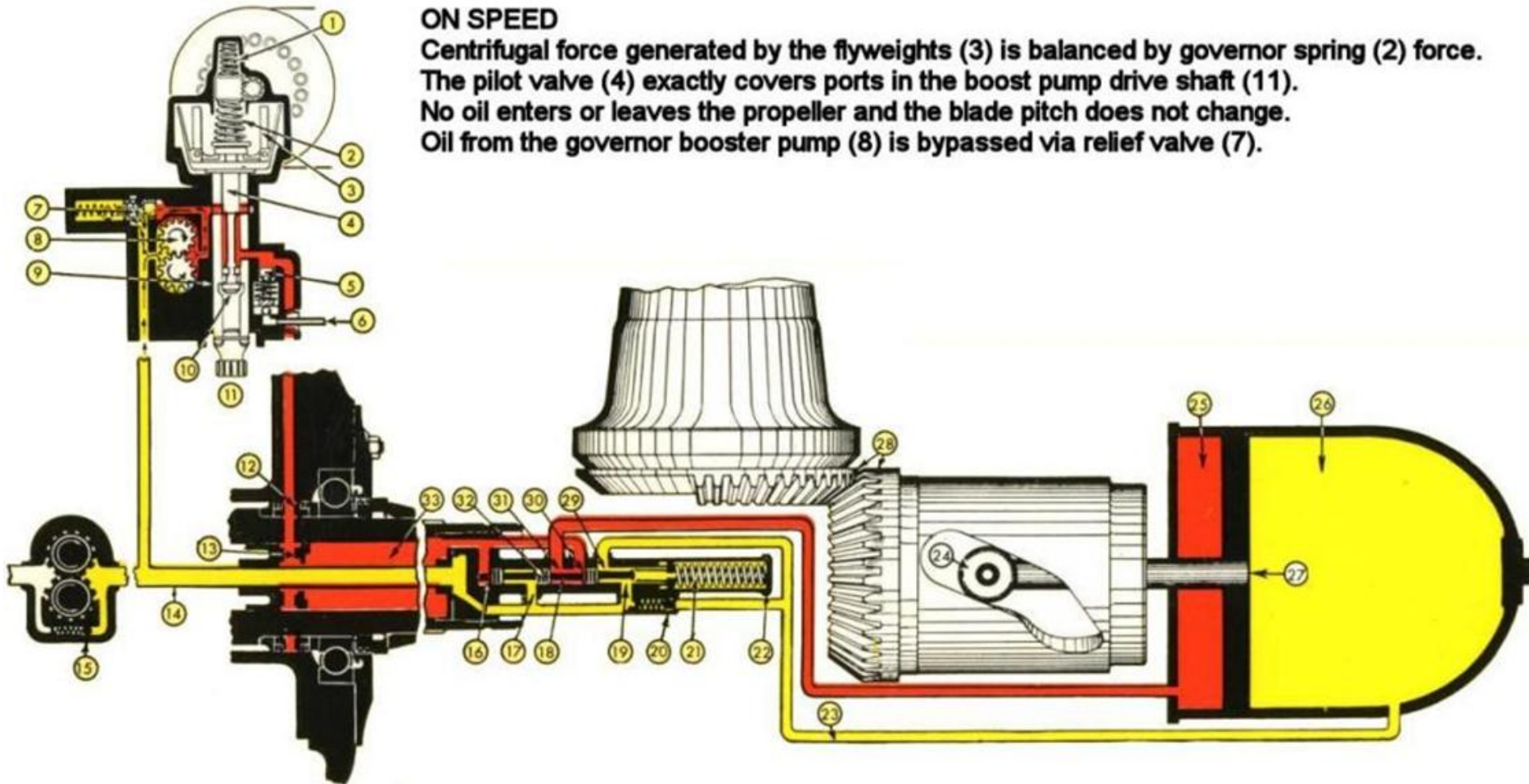
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic (Simple Efecto)

ON SPEED

Centrifugal force generated by the flyweights (3) is balanced by governor spring (2) force. The pilot valve (4) exactly covers ports in the boost pump drive shaft (11). No oil enters or leaves the propeller and the blade pitch does not change. Oil from the governor booster pump (8) is bypassed via relief valve (7).



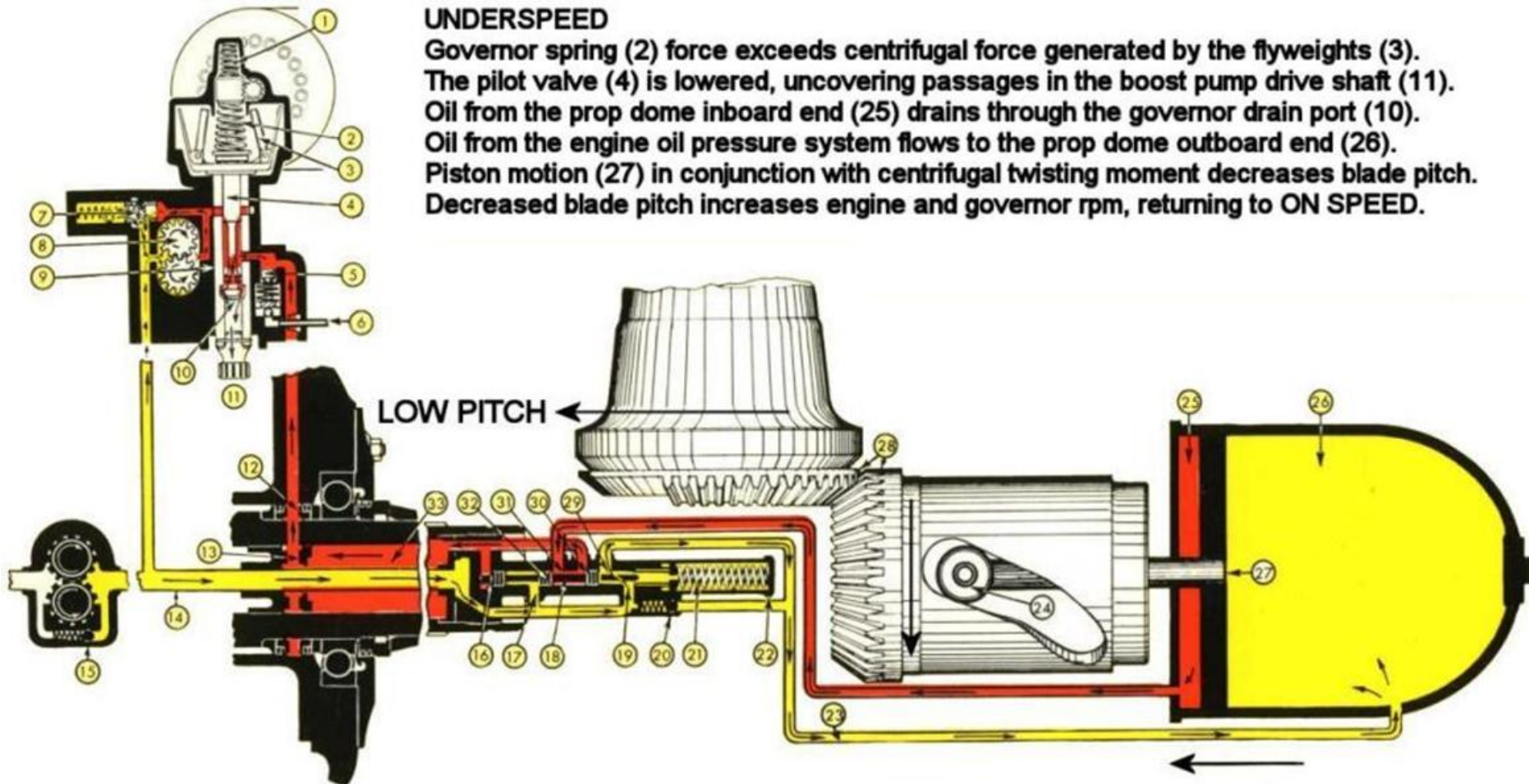
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic (Simple Efecto)

UNDERSPEED

Governor spring (2) force exceeds centrifugal force generated by the flyweights (3). The pilot valve (4) is lowered, uncovering passages in the boost pump drive shaft (11). Oil from the prop dome inboard end (25) drains through the governor drain port (10). Oil from the engine oil pressure system flows to the prop dome outboard end (26). Piston motion (27) in conjunction with centrifugal twisting moment decreases blade pitch. Decreased blade pitch increases engine and governor rpm, returning to ON SPEED.



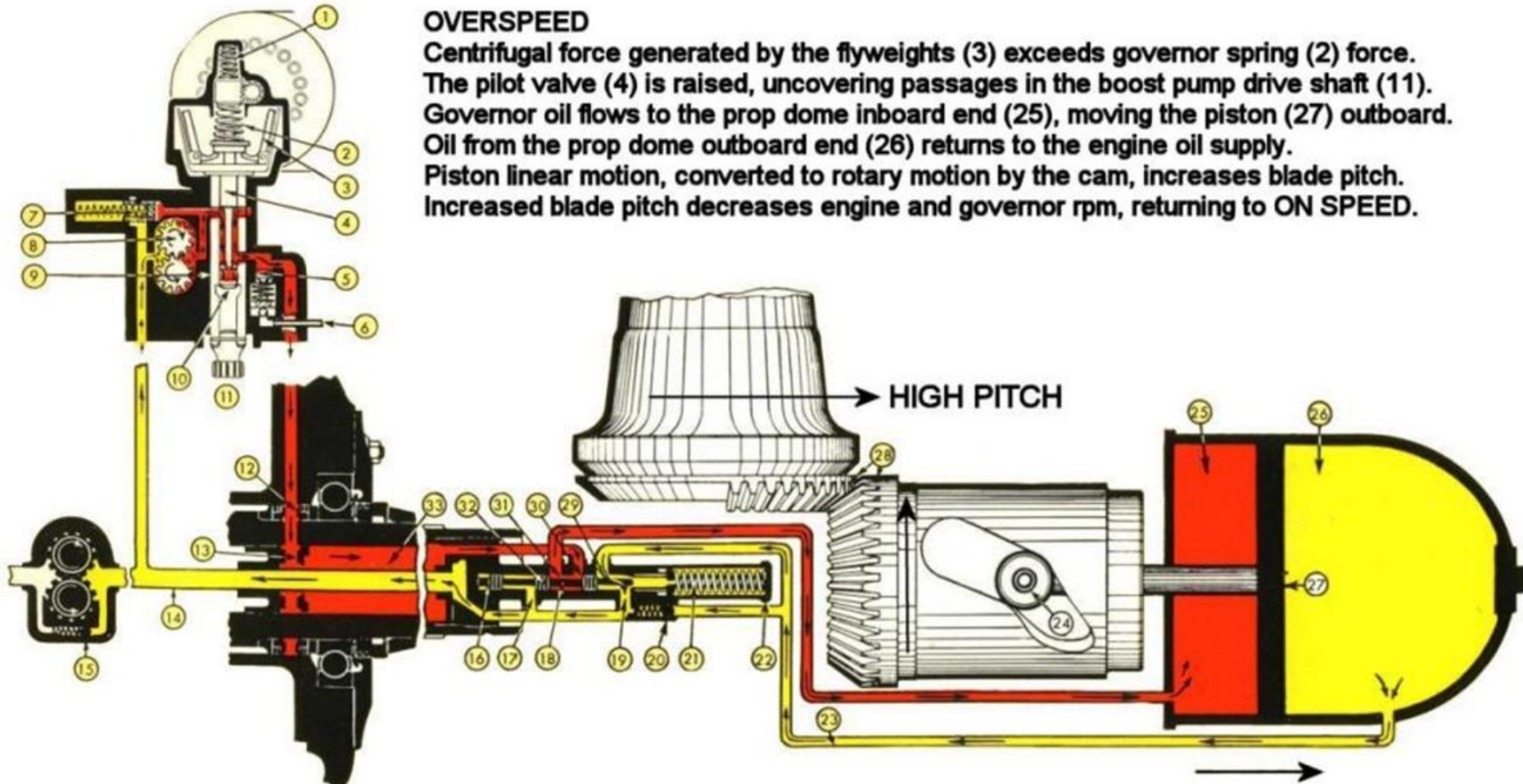
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic (Simple Efecto)

OVERSPEED

Centrifugal force generated by the flyweights (3) exceeds governor spring (2) force. The pilot valve (4) is raised, uncovering passages in the boost pump drive shaft (11). Governor oil flows to the prop dome inboard end (25), moving the piston (27) outboard. Oil from the prop dome outboard end (26) returns to the engine oil supply. Piston linear motion, converted to rotary motion by the cam, increases blade pitch. Increased blade pitch decreases engine and governor rpm, returning to ON SPEED.



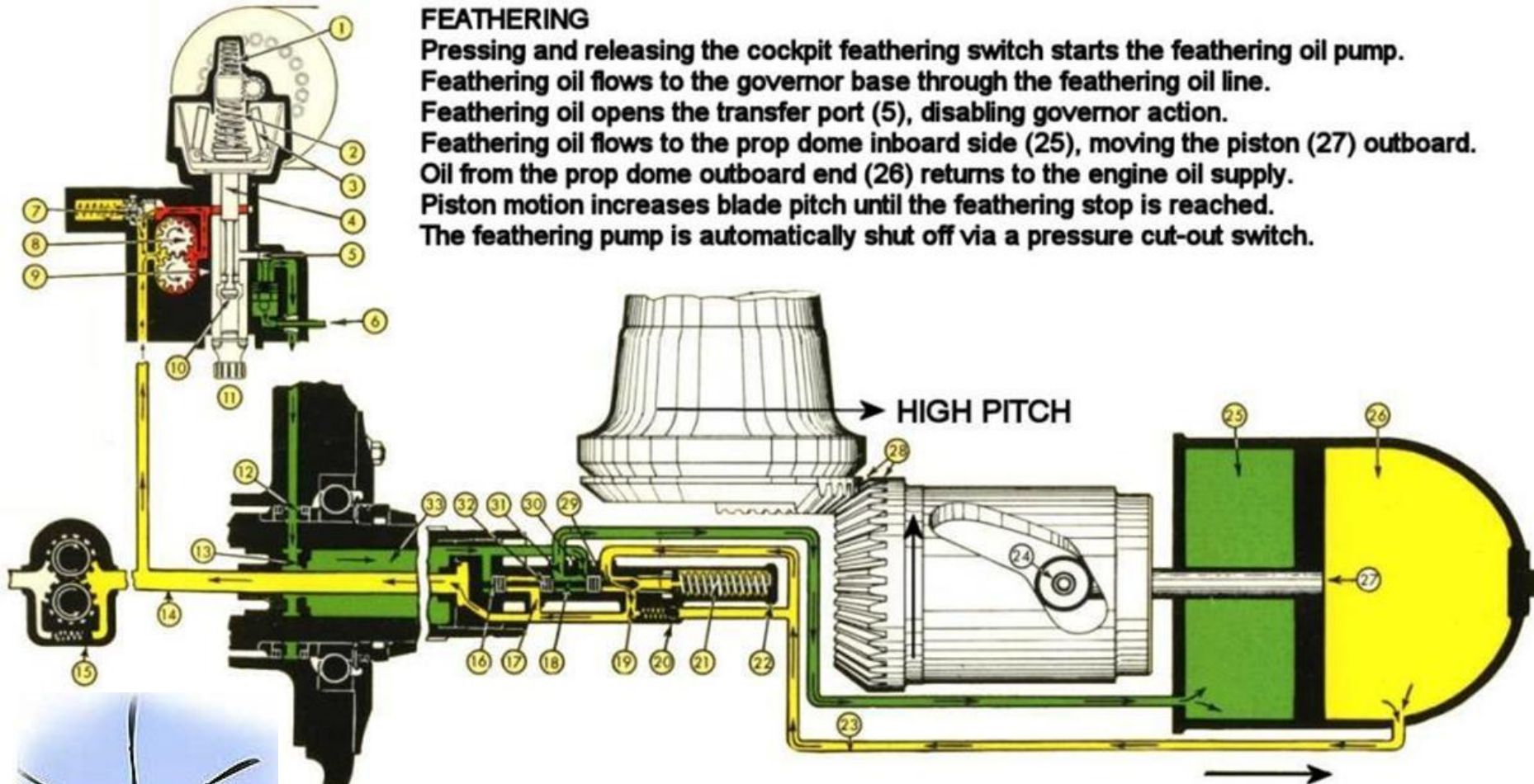
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic (Simple Efecto)

FEATHERING

Pressing and releasing the cockpit feathering switch starts the feathering oil pump. Feathering oil flows to the governor base through the feathering oil line. Feathering oil opens the transfer port (5), disabling governor action. Feathering oil flows to the prop dome inboard side (25), moving the piston (27) outboard. Oil from the prop dome outboard end (26) returns to the engine oil supply. Piston motion increases blade pitch until the feathering stop is reached. The feathering pump is automatically shut off via a pressure cut-out switch.



EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic (Simple Efecto)

UNFEATHERING

Pressing and holding the cockpit feathering switch overrides the pressure cut-out switch. Feathering oil flows to the governor base through the feathering oil line.

Feathering oil opens the transfer port (5), disabling governor action.

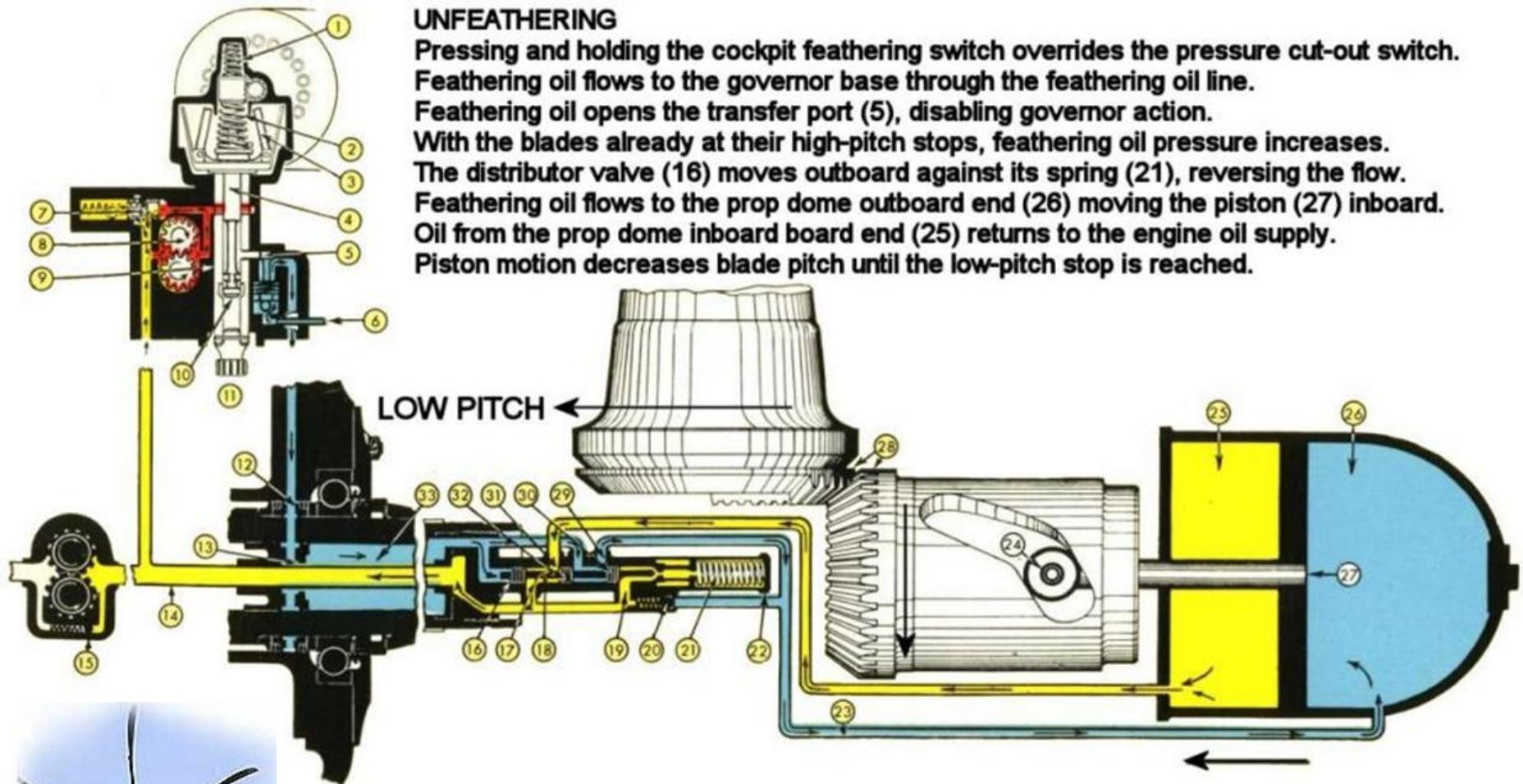
With the blades already at their high-pitch stops, feathering oil pressure increases.

The distributor valve (16) moves outboard against its spring (21), reversing the flow.

Feathering oil flows to the prop dome outboard end (26) moving the piston (27) inboard.

Oil from the prop dome inboard board end (25) returns to the engine oil supply.

Piston motion decreases blade pitch until the low-pitch stop is reached.



EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

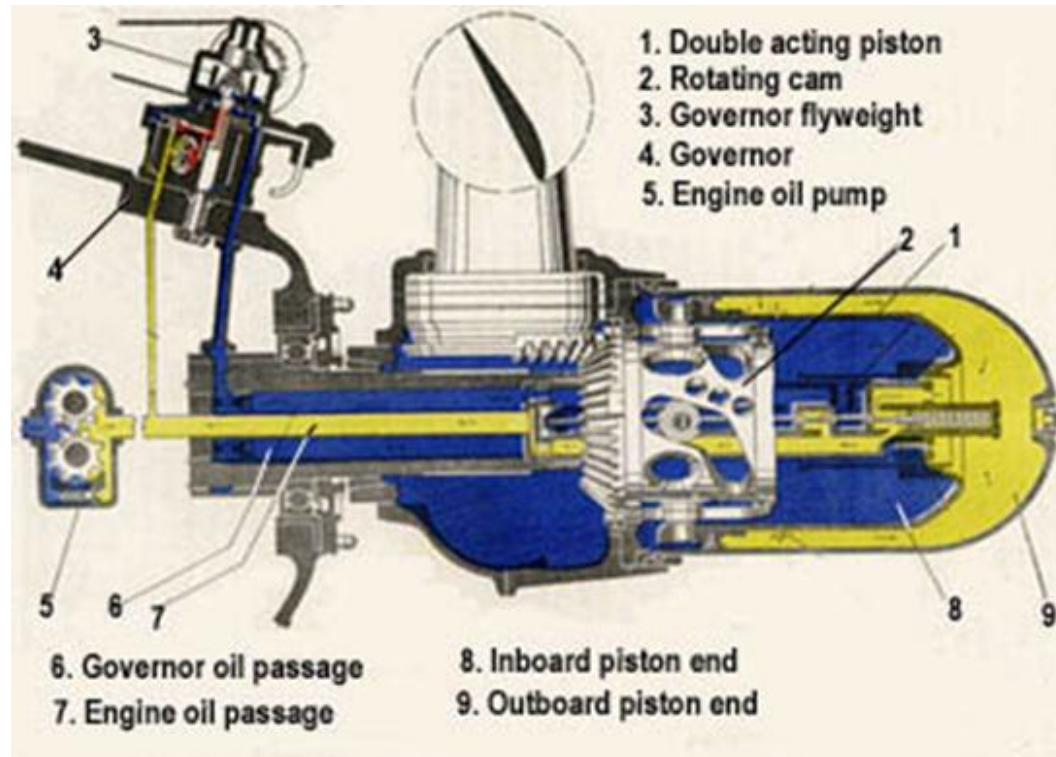
Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice Hydromatic:

Hélice de doble efecto: el **governor** dirige su salida a ambos lados del pistón según las condiciones de operación requeridas.

La **hélice de doble efecto** utiliza un **governor de doble efecto**.

En este tipo de hélice, el aceite de salida de la bomba del **governor**, es dirigido hacia cada lado del pistón de la hélice alternativamente en función de las condiciones de desequilibrio de r.p.m..



EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

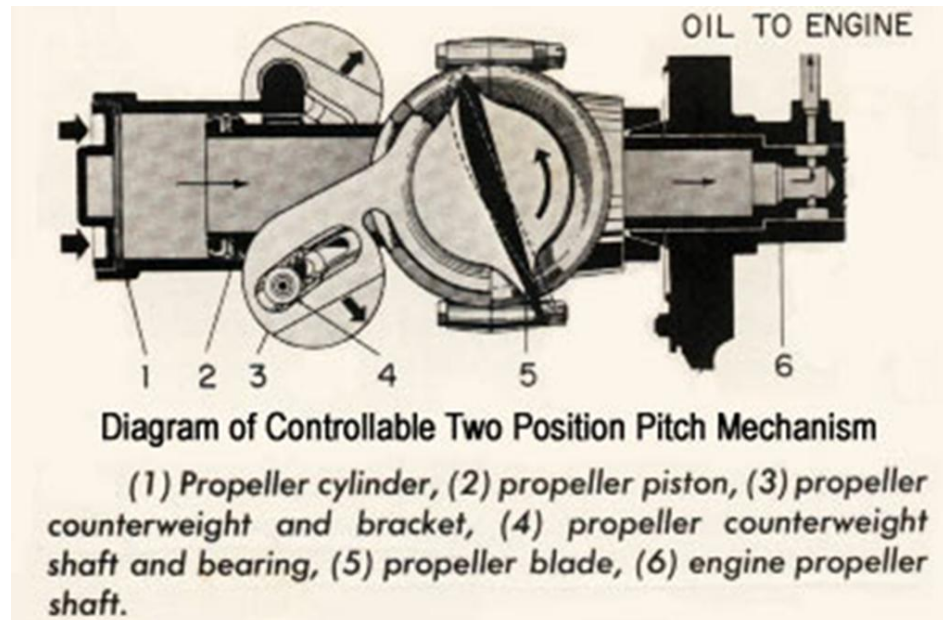
Hélice con contrapesos:

Para el caso de un modelo de hélice que contenga un conjunto de **contrapesos** unidos a las palas, las fuerzas centrífugas de los **contrapesos** moverán las palas a un ajuste de paso grueso. La **hélice con contrapesos** se puede utilizar para operar como hélice **controlable** o de **velocidad constante**.

La **hélice hidráulica con contrapesos** consta de un conjunto de pala, conjunto de cilindro y conjunto de contrapesos.

El ensamble de los contrapesos en la hélice está unido a las palas y se mueve con ellas. Las fuerzas centrífugas generadas por los contrapesos dependen de la velocidad de rotación de la hélice.

Hélice Controlable: el operador seleccionará ya sea un ángulo paso fino de la pala o uno de paso grueso mediante una válvula de dos vías que permite que el aceite del motor fluya hacia la hélice o se drene de ella.



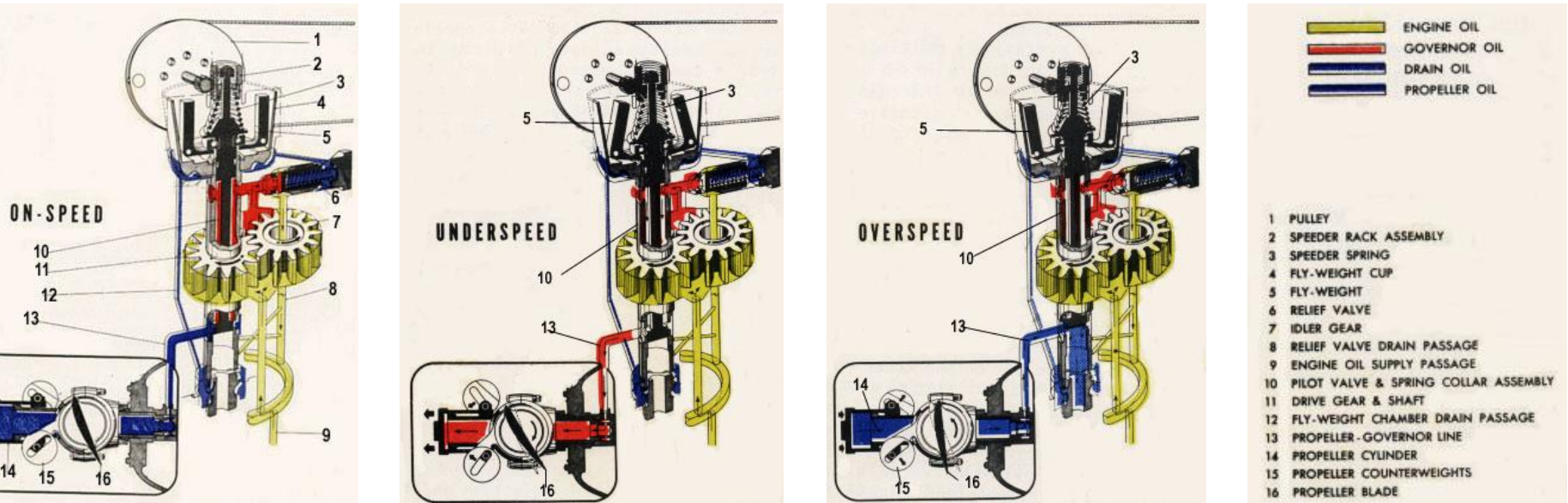
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Hélice con contrapesos:

Hélice de velocidad constante: Los cambios en el ángulo de paso de una hélice de velocidad constante con contrapeso se realizan mediante la acción de dos fuerzas, una es hidráulica y la otra es mecánica.

1. El cilindro es movido por el aceite que fluye hacia él y es opuesto por la fuerza centrífuga del contrapeso. Esta acción mueve el contrapeso y a las palas para que giren hacia la posición de paso fino.
2. Cuando se permite que el aceite drene del cilindro, la fuerza centrífuga de los contrapesos incrementa el ángulo de paso.
3. El control de velocidad constante de la hélice lo efectúa un governor, accionado por el motor, que dirige el pasaje de aceite.



EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Hélices de velocidad constante con control de potencia.

Esto es solo una guía para la comprensión. Se debe consultar el manual de operación del fabricante del motor o de la aeronave en particular.

Operación:

Despegue:

Se posiciona el control del governor en la posición de avance total configurando las palas de la hélice a un ángulo de paso fino.

Las r.p.m. aumentarán hasta que se alcancen las fijadas en el governor para el despegue. Desde esta configuración, el governor mantendrá las r.p.m. constantes, lo que significa que la potencia máxima estará disponible durante el despegue y el ascenso.

Crucero:

Una vez que las r.p.m. de crucero se han establecido, se mantendrán constantes por el governor. Todos los cambios en la actitud de la aeronave, la altitud y la potencia del motor se pueden hacer sin afectar el r.p.m..

Descenso :

A medida que aumenta la velocidad del aire durante el descenso, el governor moverá las palas de la hélice a un paso grueso para mantener las r.p.m. en el valor establecido.

Aproximación :

Establecer la posición del governor en sus máximas r.p.m. de crucero durante la aproximación.

Aterrizaje:

Durante el aterrizaje, el control del governor se debe establecer en altas r.p.m..

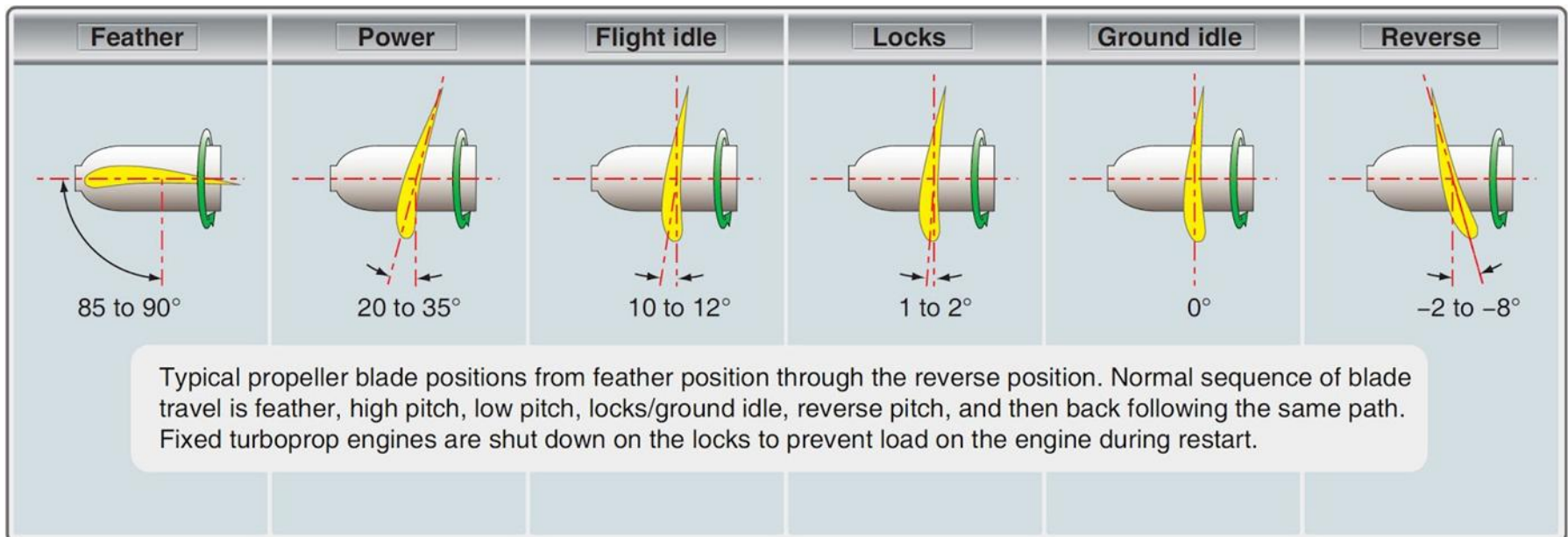
EL CONTROL DEL ÁNGULO DE PASO

Inversión de paso

La **inversión de paso** es una característica seleccionable por piloto en una hélice de paso variable que permite que la pala alcance un ángulo negativo de paso.

Los ángulos de inclinación negativos dan como resultado que la tracción generada por la hélice se dirija hacia atrás en contra de la dirección de movimiento del avión produciendo una aceleración contraria que disminuye su velocidad.

La utilización del paso inverso disminuye la distancia de aterrizaje, mejora el rendimiento de detención de la aeronave en caso de un despegue abortado y, cuando esté establecido en el Manual de Vuelo de la aeronave (AFM), permite que en tierra se invierta su desplazamiento.



HÉLICES CONTRA ROTATIVAS

Las hélices contrarrotativas se refieren a una instalación en la que dos hélices están unidas al mismo motor con una montada inmediatamente detrás de la otra. Las dos hélices giran en sentido contrario (giran en direcciones opuestas alrededor del mismo eje) con la potencia del motor proporcionada a través de un engranaje planetario o una caja de engranajes de reducción de engranaje recto. El uso de hélices en contra rotación recupera la energía perdida debido al movimiento del aire en la corriente de deslizamiento de la hélice delantera y permite un aumento en la potencia sin un aumento correspondiente en el diámetro de la hélice. También ayudará a contrarrestar los efectos de torque de un motor de pistón de alta potencia.



HÉLICES CONTRA ROTATIVAS

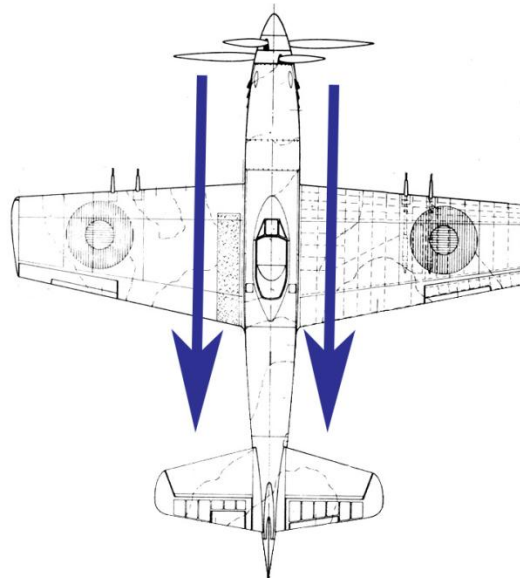
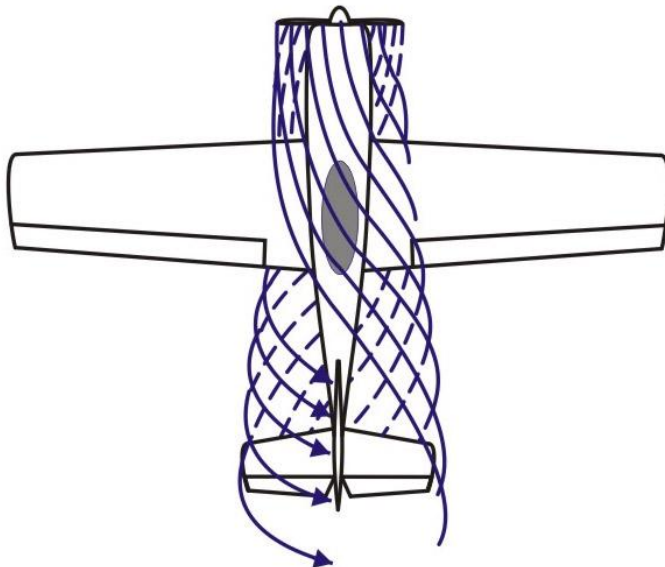
La rotación a alta velocidad de la hélice da un giro en espiral a la corriente de estela.

A altas velocidades de la hélice y baja velocidad de avance (como en los despegues y aproximaciones a la pérdida), esta rotación en espiral es muy compacta y ejerce una fuerte fuerza lateral sobre la superficie vertical de la cola del avión provocando un momento de giro a la izquierda sobre el eje vertical del avión. Cuanto más compacta es la espiral, más prominente es esta fuerza. Sin embargo, a medida que aumenta la velocidad de avance, la espiral se alarga y se vuelve menos efectiva.

El flujo de la corriente de estela también causa un momento de roldo alrededor del eje longitudinal hacia la derecha, mientras que el momento de roldo causado por la reacción del par del motor es hacia la izquierda contrarrestando uno al otro. Sin embargo, estas fuerzas varían enormemente y depende del piloto aplicar la acción de corrección adecuada mediante el uso de los controles de vuelo en todo momento. Estas fuerzas deben ser contrarrestadas independientemente de cuál sea la más prominente.

Una solución es agregar una segunda hélice detrás de la primera, en contraposición y cancelación del momento de rotación. Permitirá utilizar el motor a su máxima potencia y obtener una mayor eficiencia.

A pesar de ser un sistema eficiente sus principales problemas son la complejidad del motor requerido para impulsar tal avión, ruido adicional y peso.





HÉLICE