

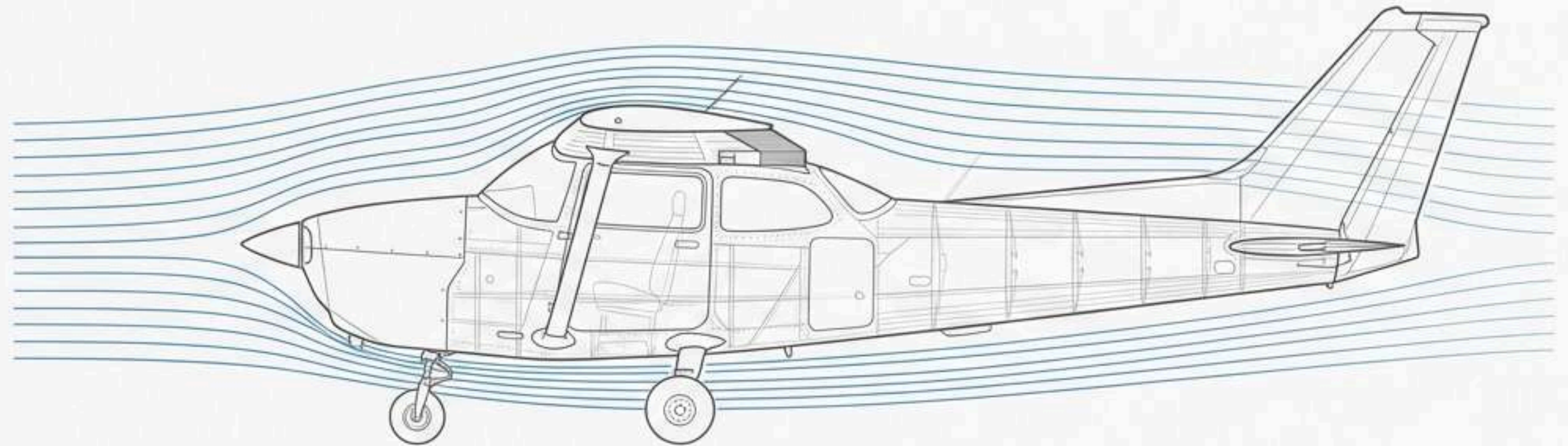


EvA

ESCUELA VIRTUAL AÉREA

# Velocidad de Maniobra ( $V_A$ )

## Aerodinámica y Seguridad Estructural



La  $V_A$  no es solo un número en el manual; es el límite físico donde la aerodinámica se encuentra con la resistencia de los materiales.

El objetivo de esta presentación es desglosar la física detrás de esta velocidad crítica y demostrar por qué "más lento" no siempre significa "seguro" cuando cambia el peso.

# El Límite entre el Control y la Falla

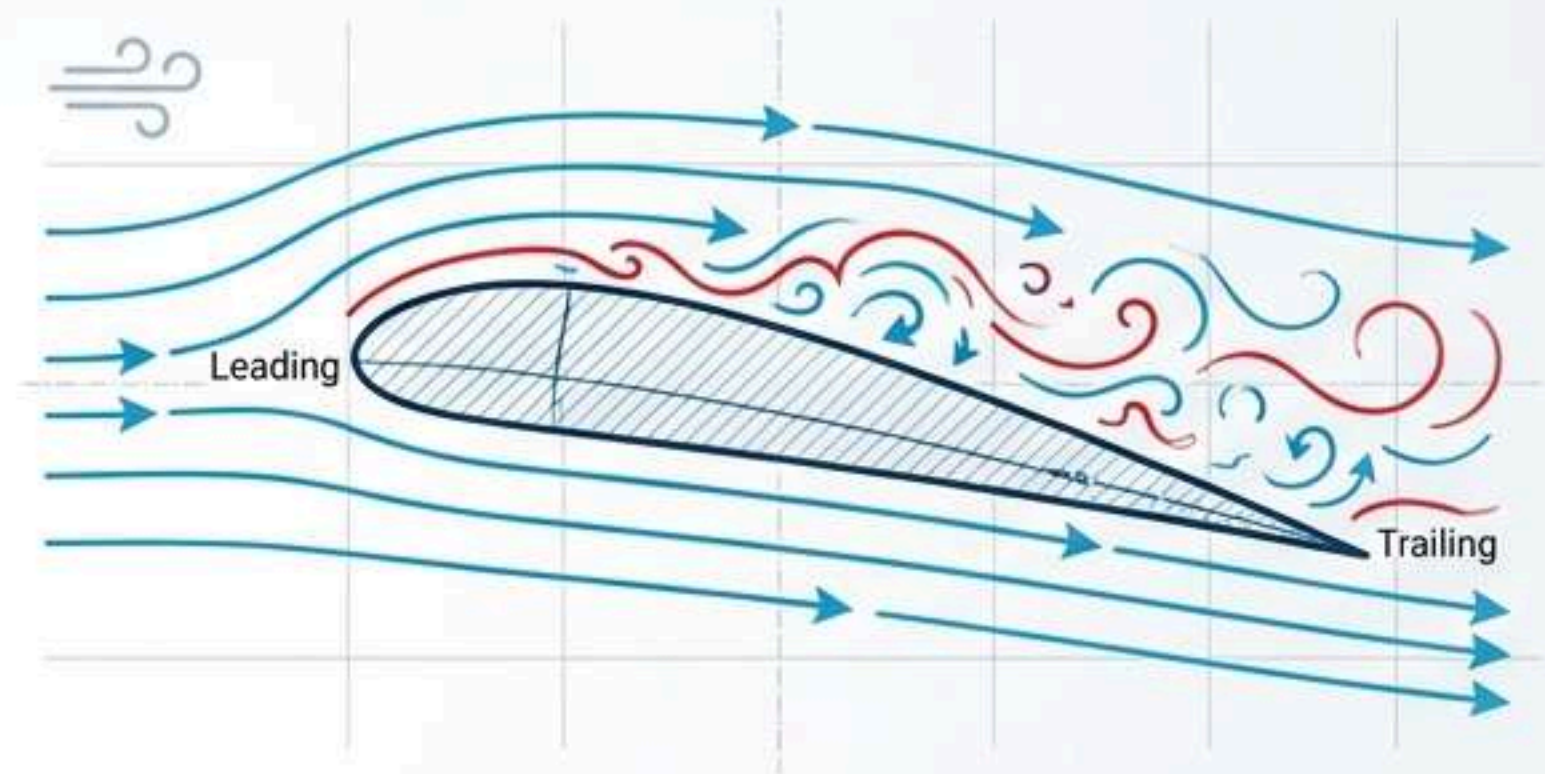


## La Acción (Input)



Entrada de control completa (piloto)

## La Reacción (Aerodinámica)



Separación del flujo y pérdida de sustentación (stall)

### Definición Técnica

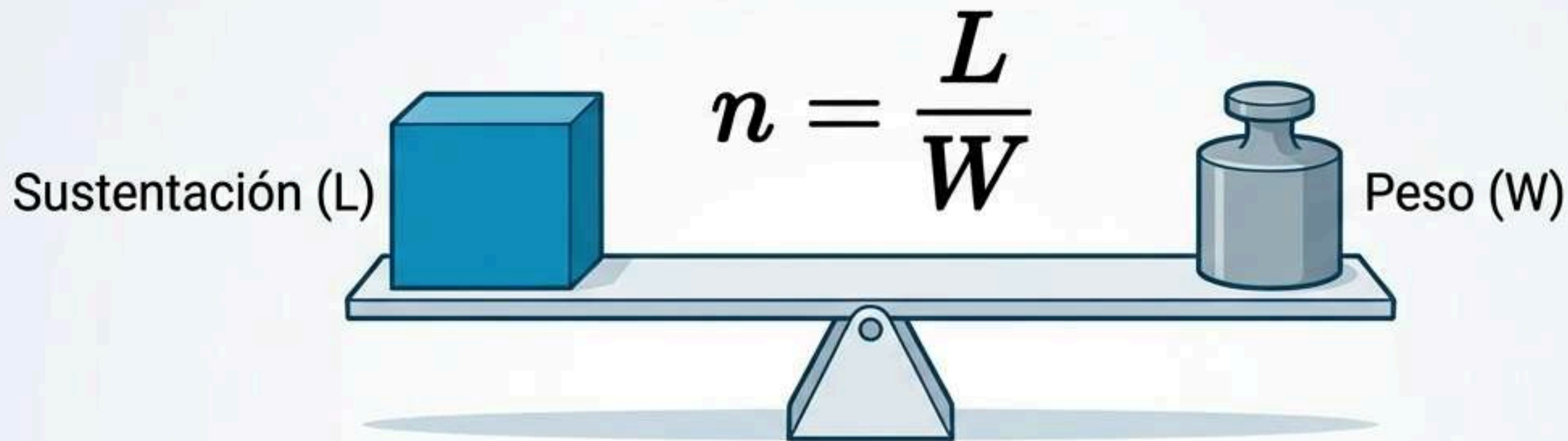
La velocidad máxima a la cual se puede realizar una deflexión completa de una superficie de control sin superar el factor de carga límite (sin daño estructural).

### Definición Práctica

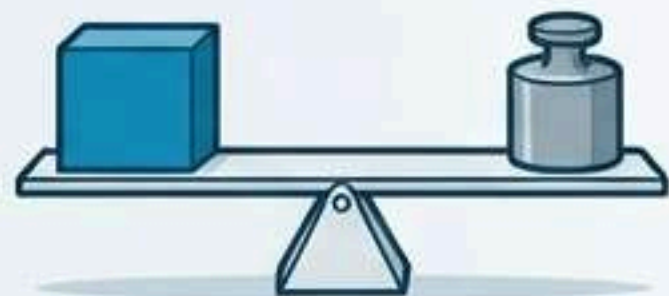
La velocidad por debajo de la cual la aeronave entra en pérdida (stall) antes de que la estructura se rompa.

La  $V_A$  garantiza que la aerodinámica 'falle' (pérdida de sustentación) antes de que el metal falle (daño estructural).

# Comprendiendo el Factor de Carga ( $n$ )

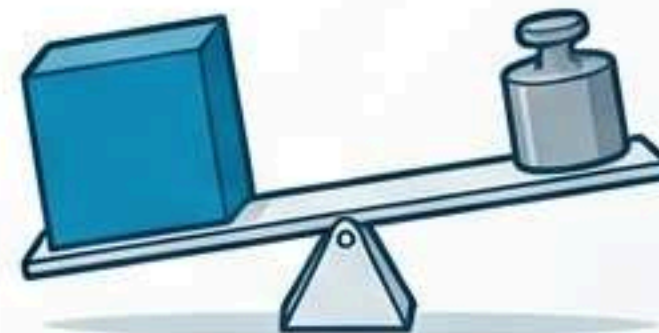


## Vuelo Nivelado (1G)



$$\frac{2,000 \text{ lbs (L)}}{2,000 \text{ lbs (W)}} = 1.0 \text{ G}$$

## Maniobra Brusca (2G)



$$\frac{4,000 \text{ lbs (L)}}{2,000 \text{ lbs (W)}} = 2.0 \text{ G}$$

El estrés en la estructura no depende solo del peso, sino de cuánto 'trabajo' hacen las alas. Cada aeronave tiene un límite de diseño (ej. +4.0G). Superarlo significa daño permanente.

# Los Ingredientes de la Sustentación

$$L = \frac{1}{2} \rho v^2 S C_L$$

Controlado por el Ángulo de Ataque (Elevador/Yoke).  
A mayor ángulo, mayor sustentación.

Controlado por la Potencia y Actitud.  
La variable multiplicadora.

La Premisa: Si aumentamos el ángulo de ataque abruptamente (tirón del mando), la cantidad de sustentación generada dependerá enteramente de nuestra velocidad actual.

# El Escenario de Prueba



## Aeronave de Prueba

- Peso Actual: 2,000 lbs
- Límite Estructural ( $n_{lim}$ ): +4.0 G
- Superficie de Control: Elevador (Deflexión Máxima)

**La Pregunta:** Al tirar del mando a fondo, ¿se romperán las alas o entrará el avión en **pérdida**?

Analizaremos tres velocidades: **120 kts, 80 kts y 95 kts.**

# Escenario A: 120 Nudos (Demasiado Rápido)



Velocidad: 120 kts

Sustentación Generada: 10,000 lbs

Peso: 2,000 lbs

Cálculo:  $10,000 / 2,000 = 5.0 G$

**RESULTADO: FALLA ESTRUCTURAL**

La alta velocidad permite a las alas generar una fuerza inmensa (10,000 lbs) antes de que el flujo de aire se separe. El **factor de carga** (5G) supera el límite de diseño (4G).

## Escenario B: 80 Nudos (Lento)



Velocidad: 80 kts

Sustentación Generada: 6,000 lbs

Peso: 2,000 lbs

Cálculo:  $6,000 / 2,000 = 3.0 G$

**RESULTADO: PÉRDIDA AERODINÁMICA (STALL)**

A esta baja velocidad, el ala alcanza su ángulo crítico y entra en pérdida generando solo 6,000 lbs de fuerza. La aeronave deja de volar antes de alcanzar el límite de 4G.

La estructura está a salvo.

# Escenario C: 95 Nudos ( $V_A$ )



Velocidad: 95 kts  
Sustentación Generada: 8,000 lbs  
Peso: 2,000 lbs  
Cálculo:  $8,000 / 2,000 = 4.0 G$

**RESULTADO: LÍMITE EXACTO**

La aeronave genera exactamente 8,000 lbs de sustentación justo cuando alcanza el ángulo crítico. Entra en pérdida en el preciso instante en que toca su límite estructural.

**95 nudos es la Velocidad de Maniobra ( $V_A$ ) para este peso.**

# El Cálculo de Fábrica

$$V_A = V_S \times \sqrt{n_{limit}}$$

## Real World Example

- Velocidad de Pérdida ( $V_S$ ): 48 kts
- Límite de Carga ( $n$ ): +3.8 G
- Cálculo:  $48 \times \sqrt{3.8} \approx 94$  kts

Si operamos por debajo de 94 kts, el ala no tiene la capacidad física de generar suficiente fuerza para romper la estructura.

# La Marca Ausente en el Velocímetro



A diferencia de la línea roja ( $V_{NE}$ ) o el arco blanco ( $V_{FE}$ ), la Velocidad de Maniobra no está marcada en el instrumento.

**La Razón:** La  $V_A$  no es un número fijo. Cambia con el peso de la aeronave.

# La Paradoja del Peso

**SEGURO**

<b>Avión Pesado</b> (2,000 lbs)	<b>Velocidad:</b> 95 kts	<b>Fuerza Generada:</b> 8,000 lbs	<b>Carga:</b> 4.0 G
------------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	------------------------

**FALLA ESTRUCTURAL**

<b>Avión Ligero</b> (1,500 lbs)	<b>Velocidad:</b> 95 kts	<b>Fuerza Generada:</b> 8,000 lbs	<b>Carga:</b> 5.3 G
------------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	------------------------

**Intuición:** "Un avión ligero debería ser más resistente."

**Realidad:** Al pesar menos, el avión acelera más rápido ( $F=ma$ ).  
A 95 kts, el ala aún genera 8,000 lbs de fuerza, pero aplicada a un cuerpo de 1,500 lbs, el estrés se dispara a 5.3 Gs.

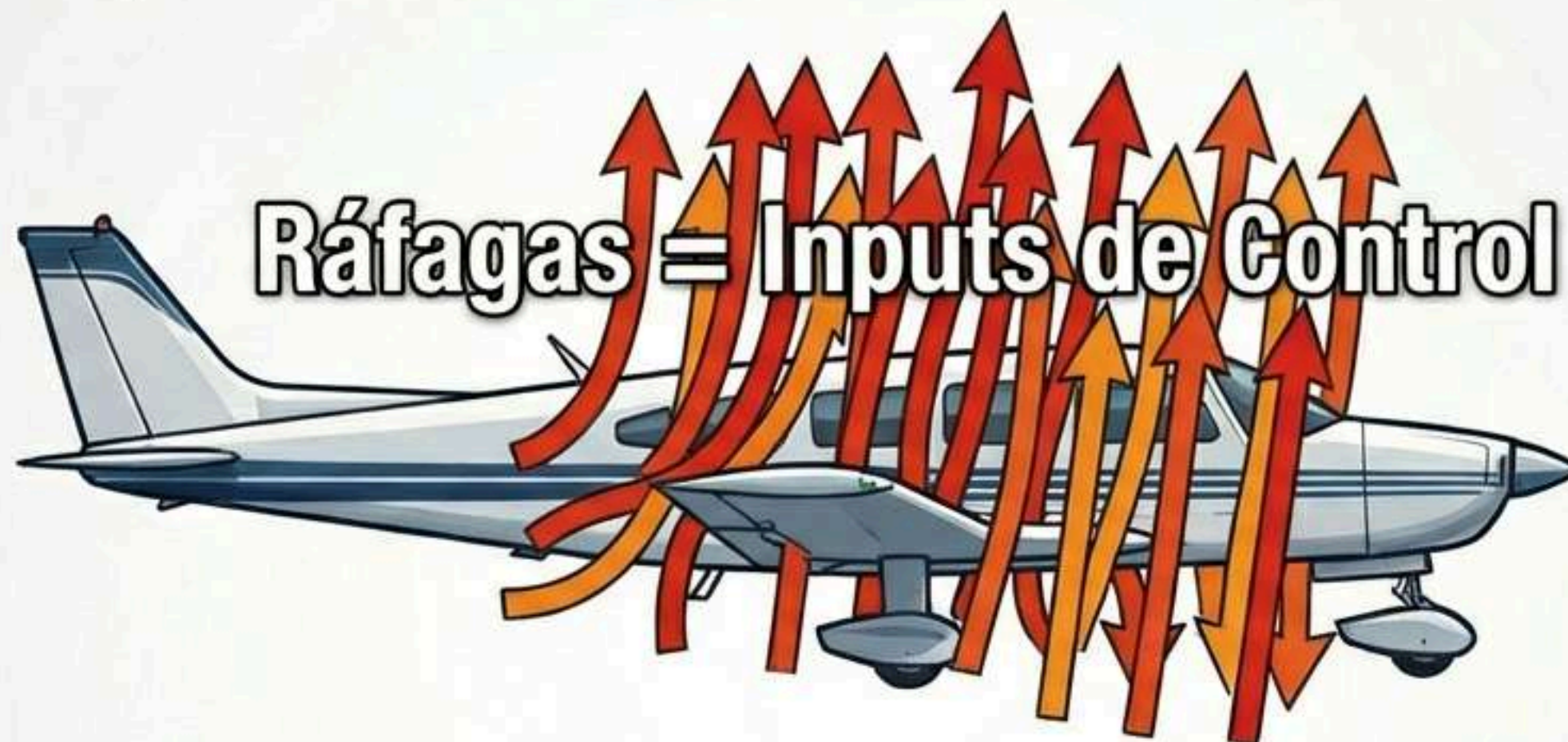
# Ajustando la Velocidad por Peso

$$V_{A\_nueva} = V_{A\_cert} \times \sqrt{\frac{\text{Peso Actual}}{\text{Peso M\u00e1ximo}}}$$

- $V_A$  Certificada: 95 kts (a 2,000 lbs)
- Peso Actual: 1,500 lbs
- C\u00e1lculo:  $95 \times \sqrt{1,500 / 2,000} = \underline{\underline{82 \text{ kts}}}$

**Regla de Oro: A menor peso, menor  $V_A$ .**

# Aplicación Práctica: Turbulencia



Una ráfaga de viento vertical fuerte cambia el ángulo de ataque instantáneamente, tal como un tirón del elevador.

**Procedimiento:** En turbulencia moderada o severa, reduzca la velocidad por debajo de la  $V_A$  (ajustada a su peso actual). Esto asegura que una ráfaga cause una pérdida momentánea (segura) en lugar de doblar el larguero del ala.

# Advertencias Críticas



## No hay protección total

Incluso por debajo de  $V_A$ , movimientos continuos o oscilatorios pueden dañar la estructura por fatiga de materiales.



## Peligro de “Rolling Gs”

La  $V_A$  protege contra movimientos de un solo eje (ej. solo elevador). Realizar movimientos combinados (ej. elevador + alerones) concentra el estrés en un lado del ala, pudiendo causar fallas estructurales incluso por debajo de la  $V_A$ .



**Regla de Oro:**

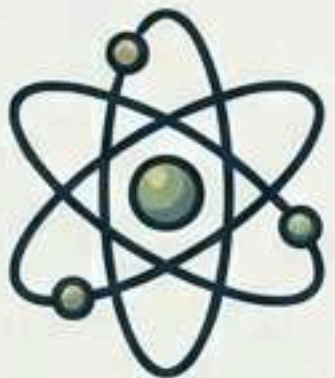
# Resumen Operativo



**La  $V_A$  es un escudo:** Garantiza que la aeronave entre en pérdida antes de romperse.



**Conozca su Peso:** La  $V_A$  publicada es solo para el peso máximo. Si vuela ligero, debe volar más lento.



**Respete la Física:** Evite deflexiones abruptas o combinadas, y utilice la  $V_A$  como su velocidad de penetración en turbulencia.