



AERODINÁMICA

CLASE V - ALA

Objetivos

- ✓ Que el alumno conozca y comprenda la influencia del ala en la performance de las aeronaves

Reseña:

- ✓ Aerodinámica Práctica para pilotos comerciales, Jorge A. Prelooker
- ✓ https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/21_phak_glossary.pdf
- ✓ RAAC 91, ANAC

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Ala

Alargamiento

Reflexiones

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Ala

- **“Provee al avión la capacidad de generar sustentación”**
- Cuerpo físico con dimensiones, volumen y peso que se mueve dentro de una masa de aire, actuando en un contexto **tridimensional**:
 - Los efectos no son homogéneos su longitud
 - Diferentes condiciones de aire
- La elección de un perfil no asegura la performance del ala, es necesario emplear otro recursos

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

- **Envergadura (wing span):** Distancia que existe entre las puntas del ala (incluye fuselaje).
- **Semienvergadura:** distancia entre eje longitudinal del avión hasta una puntera del ala
- **Superficie alar (wing area):** área total ocupada por el contorno del ala visto en planta (factor de gran importancia para la generación de fuerzas aerodinámicas)
- **Carga alar (wing load):** relación entre peso del avión y la superficie alar (W/S). Nos representa la distribución del peso por unidad de sup. Alar
- **Cuerda media (average chord):** promedio de cuerdas geométricas de todos los perfiles constitutivos del ala.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

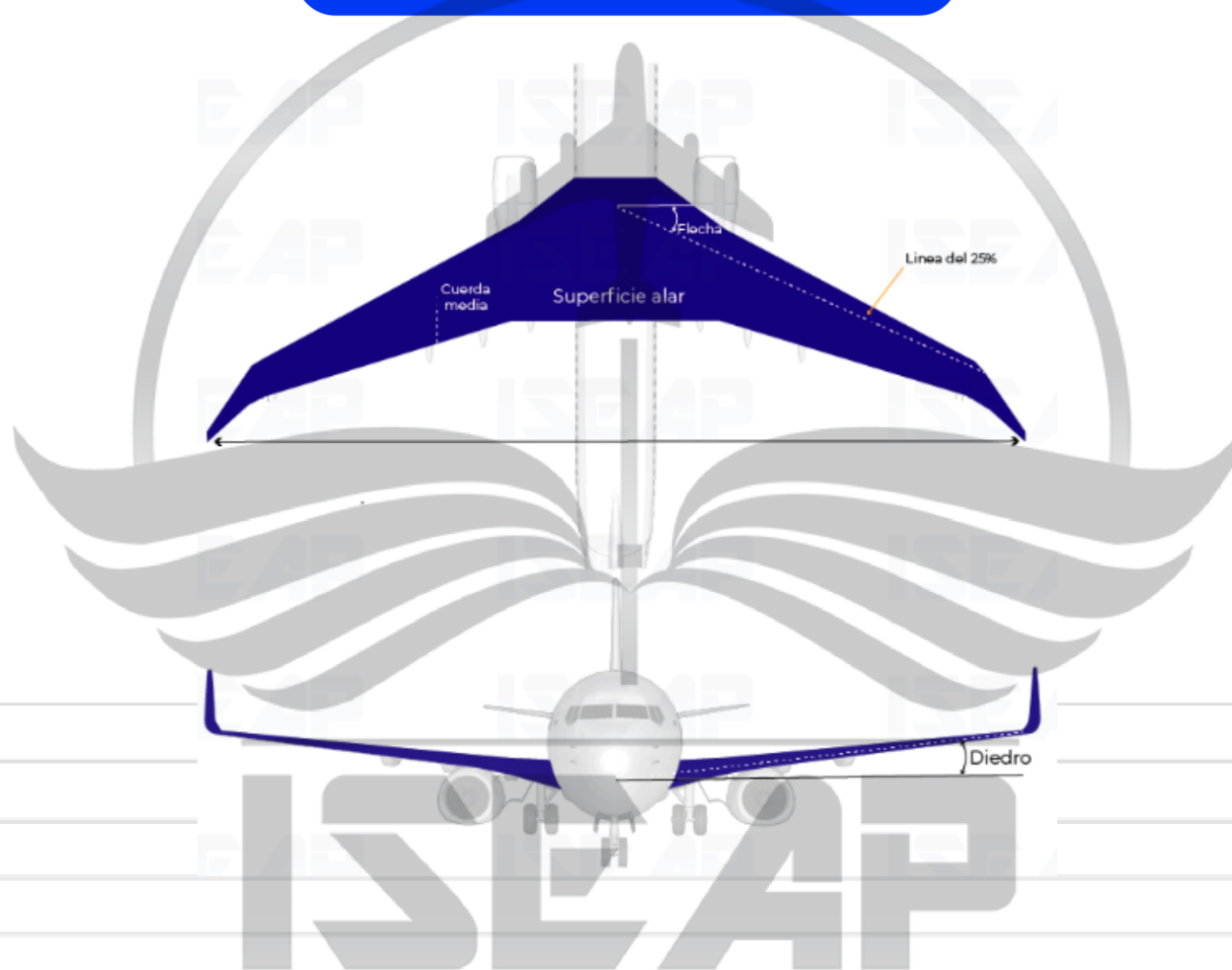
- **Cuerda aerodinámica media (mean aerodynamic chord):** MAC, promedio de todas las cuerdas aerodinámicas de todos los perfiles del ala.
- **Línea del 25% de la cuerda (line of 25% chords):** línea que pasa por el centro aerodinámico de cada ala.
- **Ángulo de flecha (sweep angle):** ángulo formado por la L/25C y una línea perpendicular a la cuerda de raíz.
- **Diedro (dihedral):** ángulo formado por la línea media del BA y una perpendicular al eje vertical del avión (importancia en la estabilidad lateral del avión)
- **Torsión (twist):** es el intento de hegemonizar al máximo el rendimiento del ala (CL max)
- **Superficie mojada:** área de la aeronave en contacto con el fluido (aire)

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones



NOTAS

Parámetros y relaciones

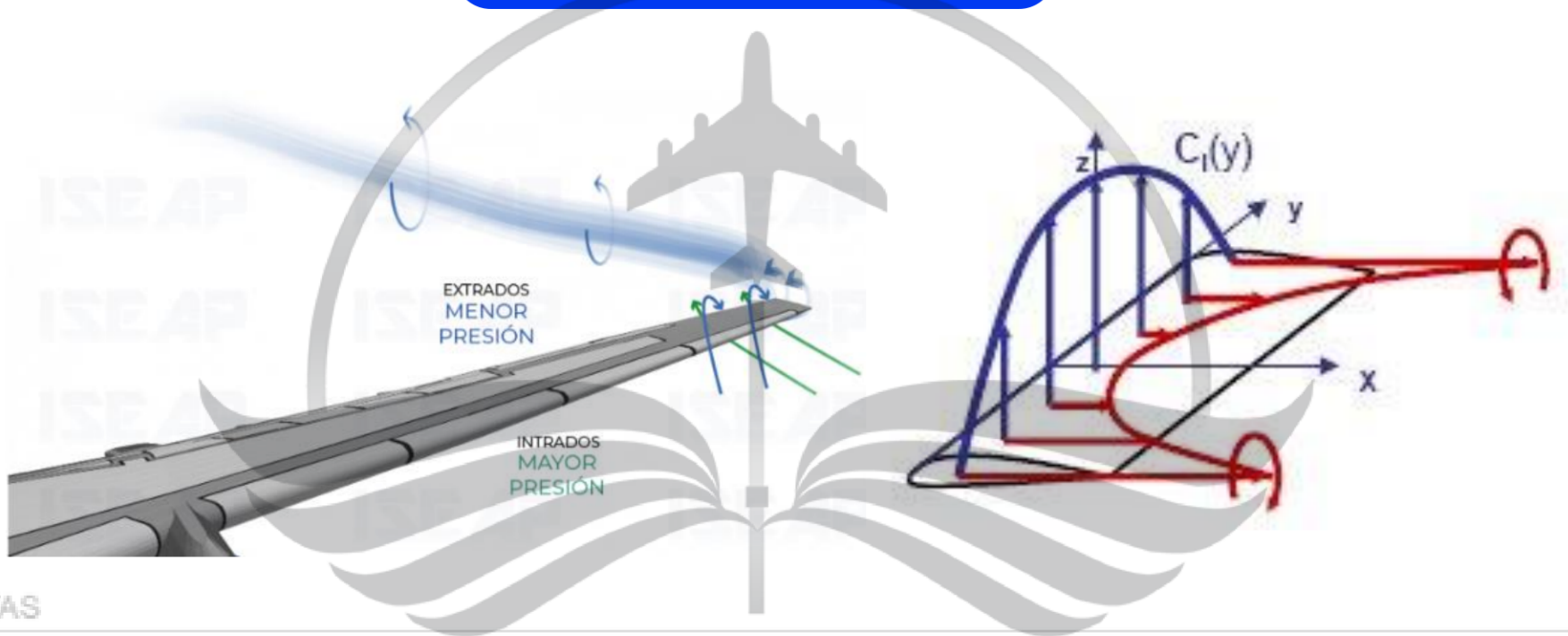
- **Estrechamiento (taper ratio):** relación entre la cuerda de punta de ala y la de raíz
- Valores: entre 0 (ala en flecha) y 1 (ala recta)
- Tiene importancia en la reducción de la D_i :
 - Estrechamiento en planta: Cuerda de punta de ala (C_t) pequeña
 - Estrechamiento en espesor: modificación de los perfiles desde la raíz hacia la punta

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

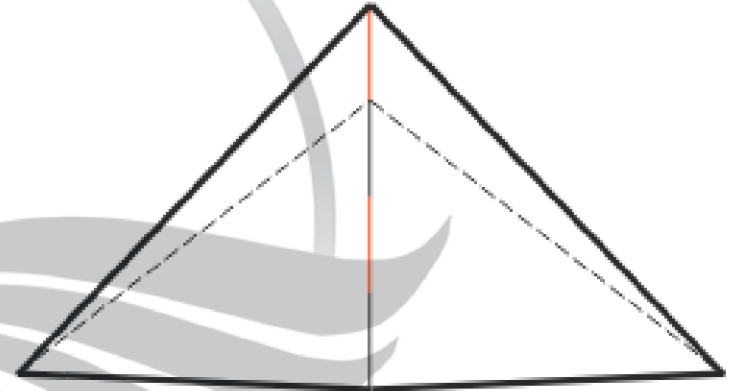
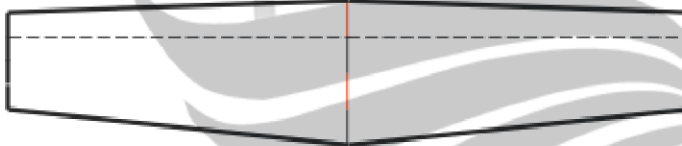
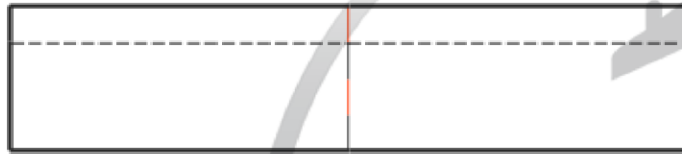


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones



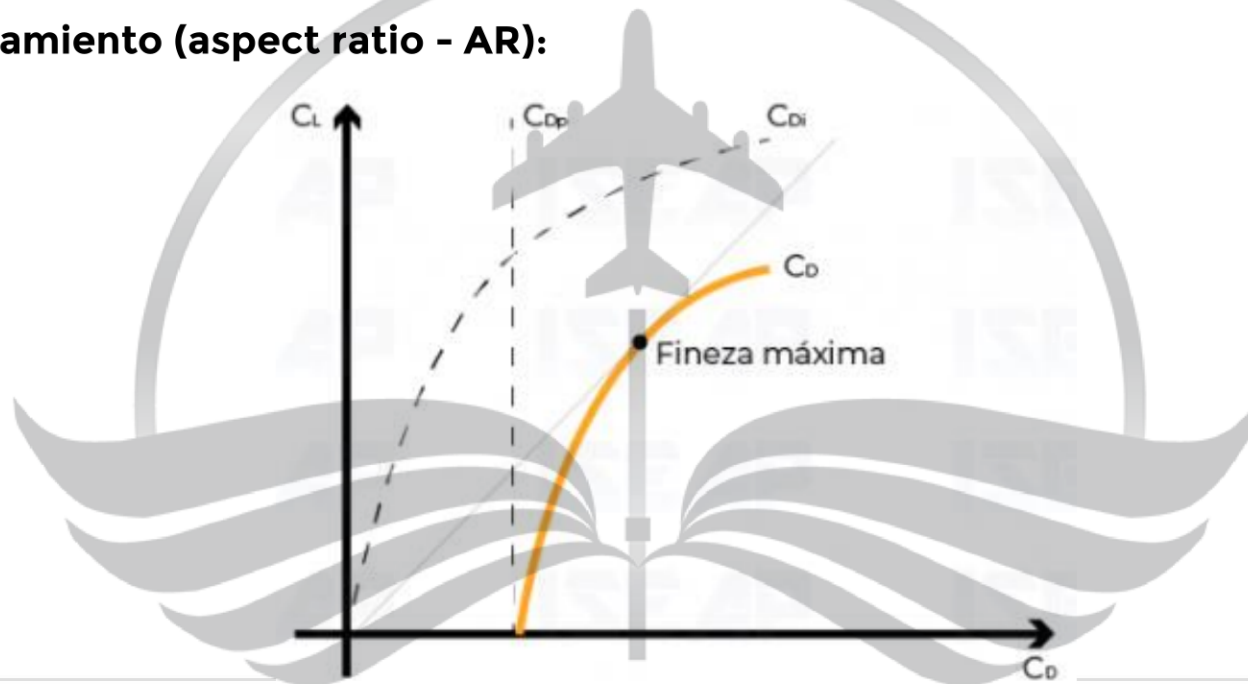
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

- Alargamiento (aspect ratio - AR):



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

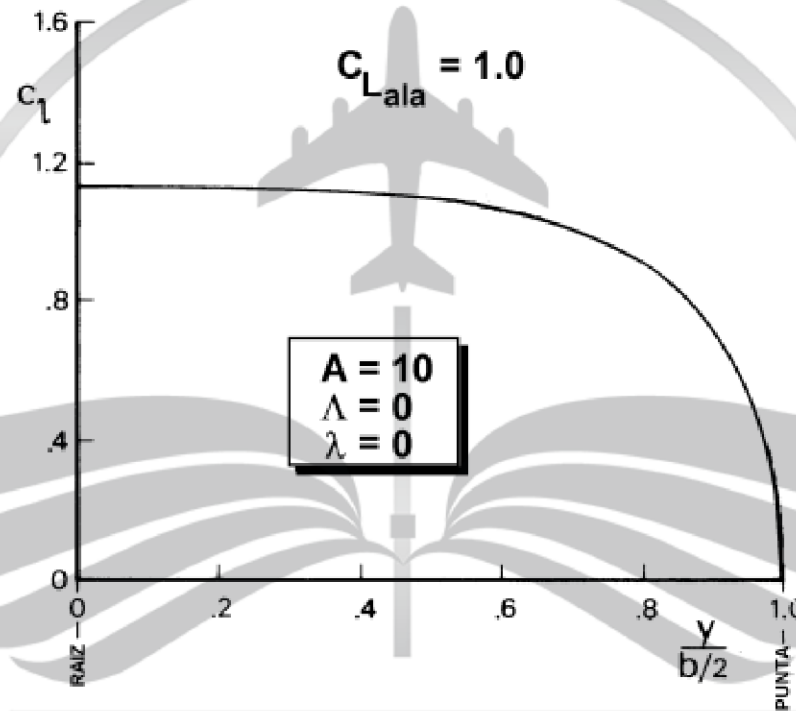
- **Alargamiento (aspect ratio - AR)- Geométrico:** relación entre el cuadrado de la envergadura y la superficie alar (relación entre la envergadura y la cuerda geométrica).
- Mejora la relación L/D del ala
- A mayor alargamiento, mayor L/D
- A mayor alargamiento, mayor problema de resistencia estructural

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

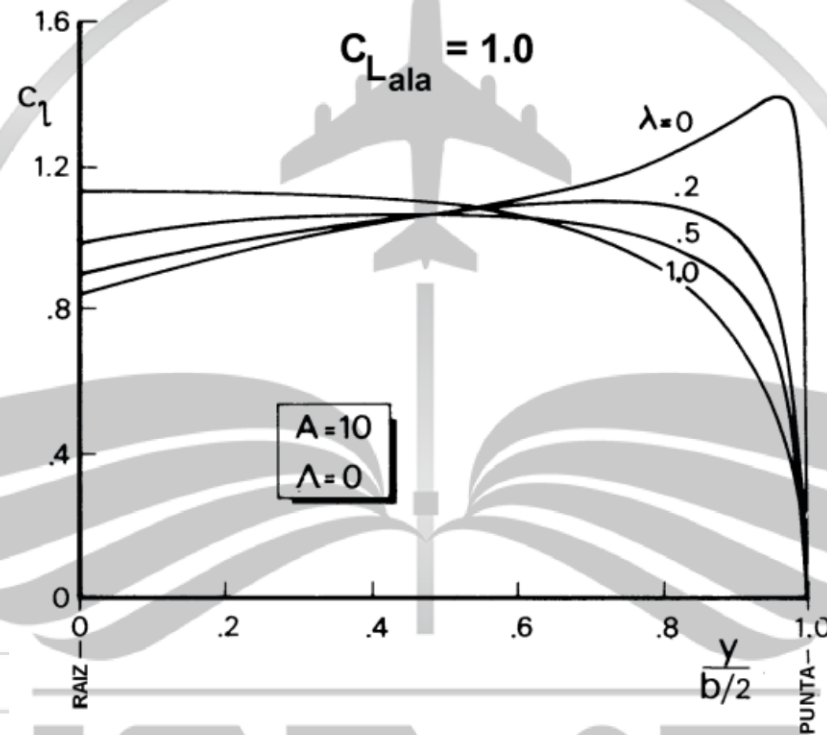


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones



NOTAS

Parámetros y relaciones



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones



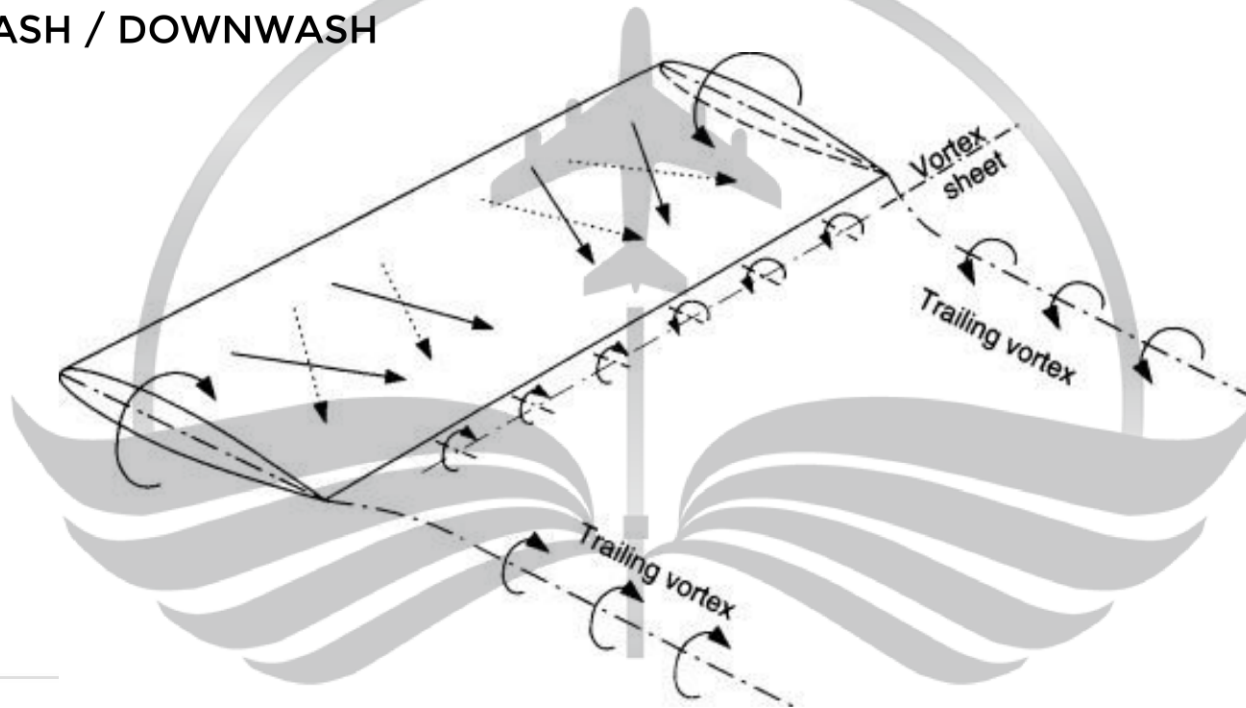
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

- UPWASH / DOWNWASH



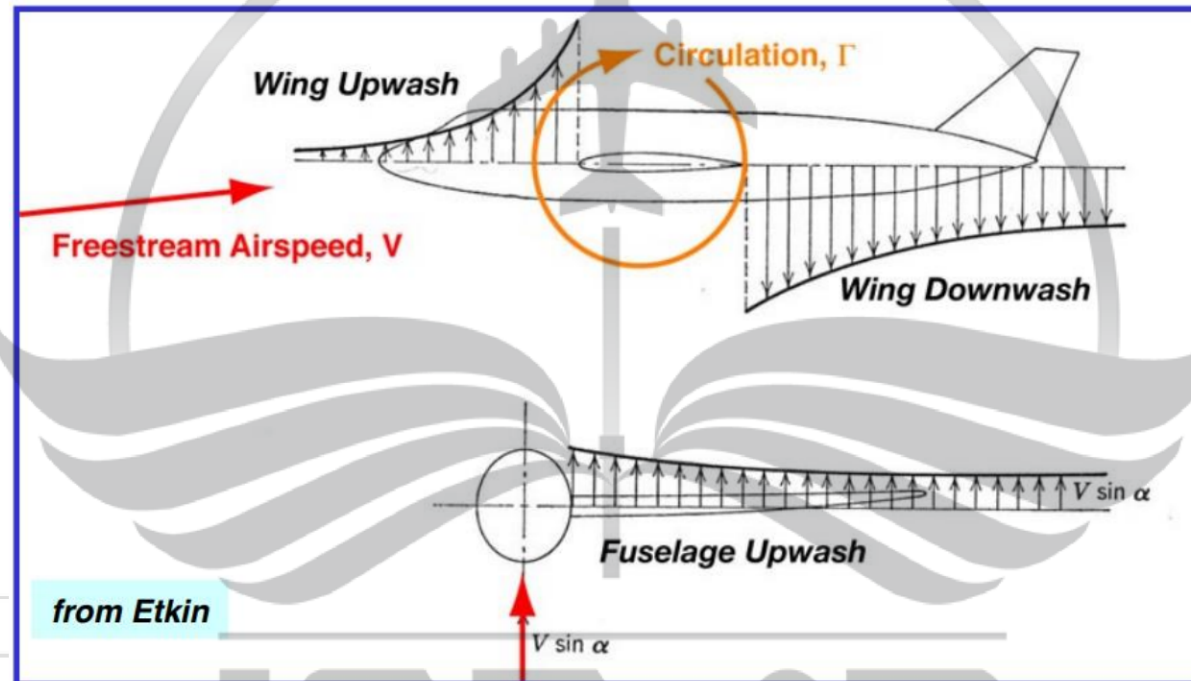
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

- UPWASH / DOWNWASH



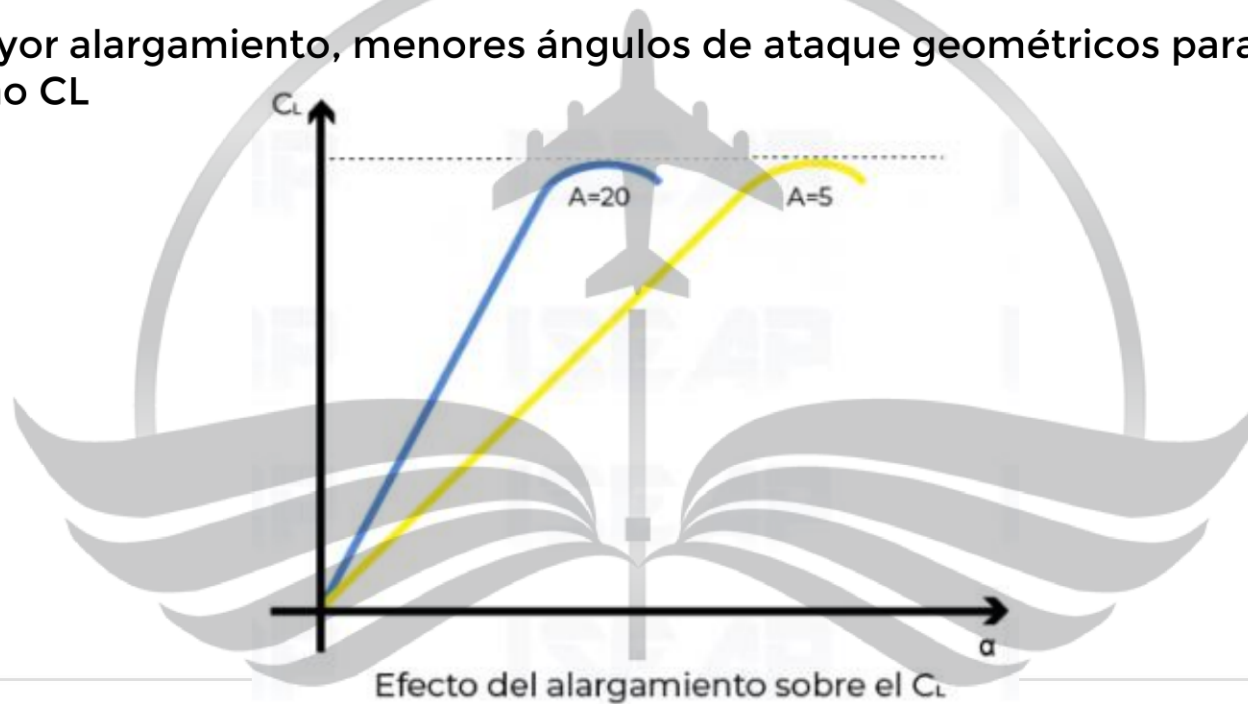
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

- A mayor alargamiento, menores ángulos de ataque geométricos para producir mismo C_L



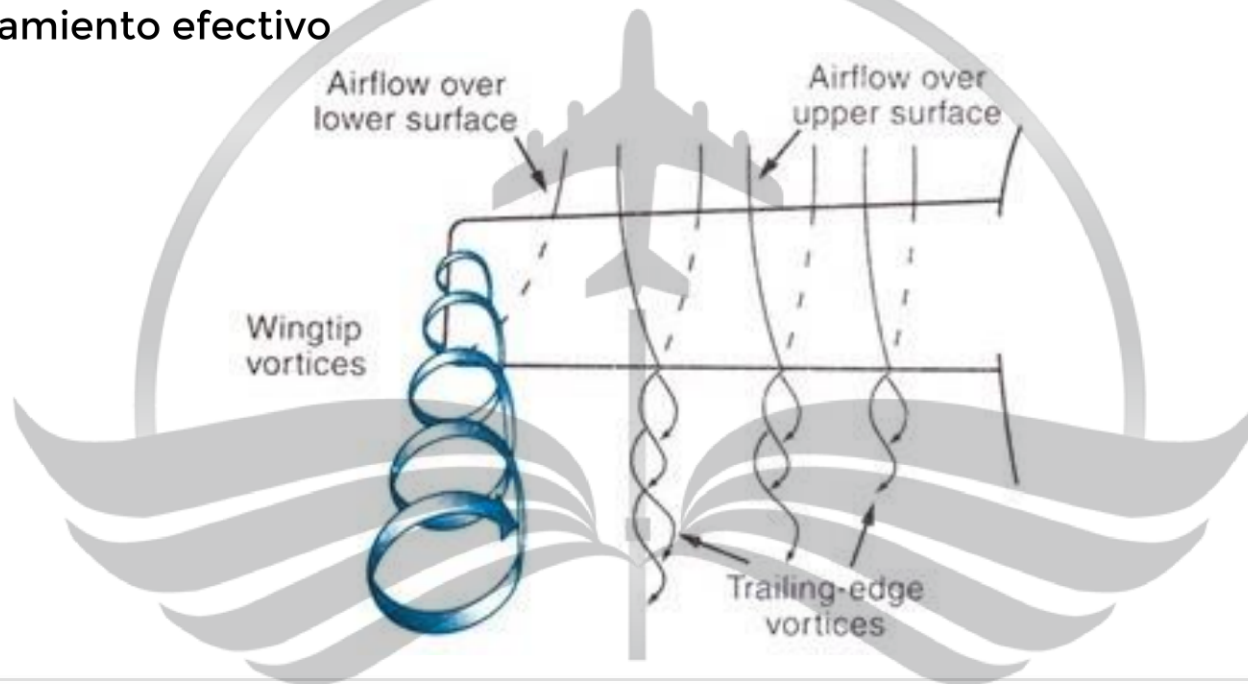
NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

- Alargamiento efectivo



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones

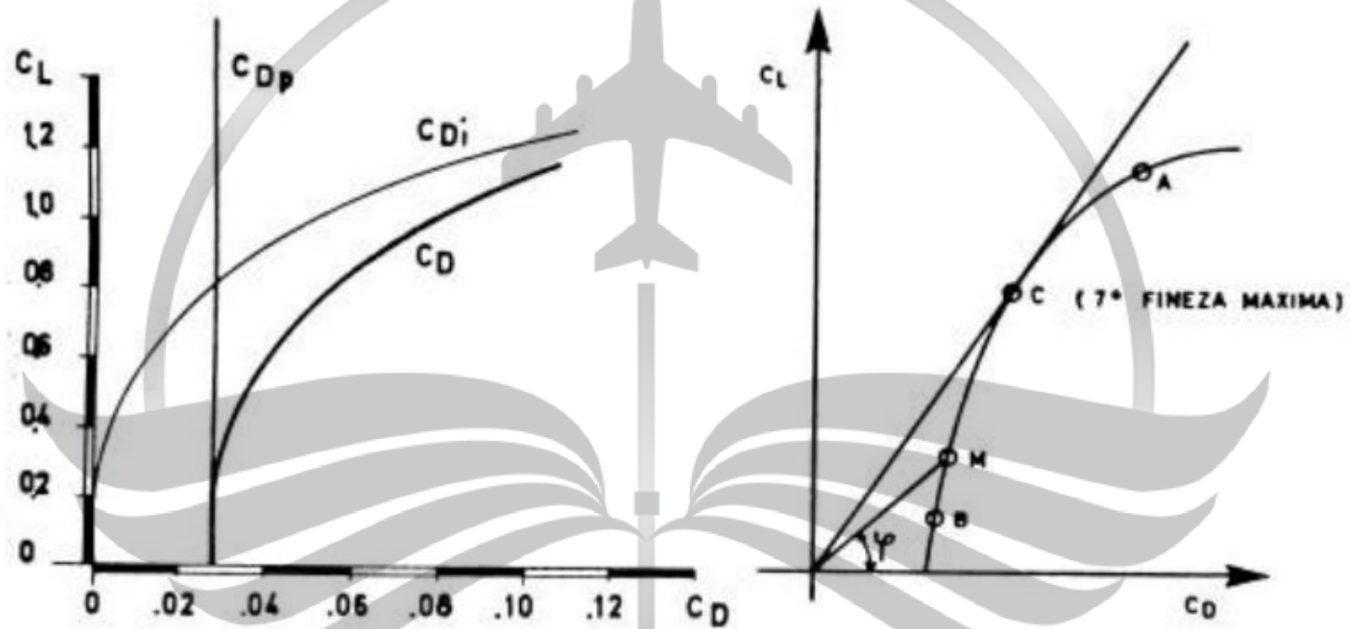
- Alargamiento - Efecto suelo:
 - Reducción de espacio
 - Vórtices más pequeños, mayor L/D
 - Menor α para igual Cl
 - Menor D_i , menor D_t = + tracción
 - Menor efecto DOWNWASH
 - Aumento presión local = - indicación velocidad

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Parámetros y relaciones



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

- La más adecuada para la misión y performance esperada
- **Planta alar :**
 - velocidad de operación
 - capacidad de generación de sustentación
 - resistencia
 - potencia instalada
 - otras
- **Siete tipos de plantas alares principales**

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

- **Ala rectangular :**

punta

- bordes de ataque y de salida, así como las cuerdas de raíz y de ala son paralelas

- Configuran un rectángulo

- Forma de ala más simple

- - costosa

- Pérdida de L comienza en raíz del ala, produciendo condiciones muy favorables para la estabilidad y recuperación natural del

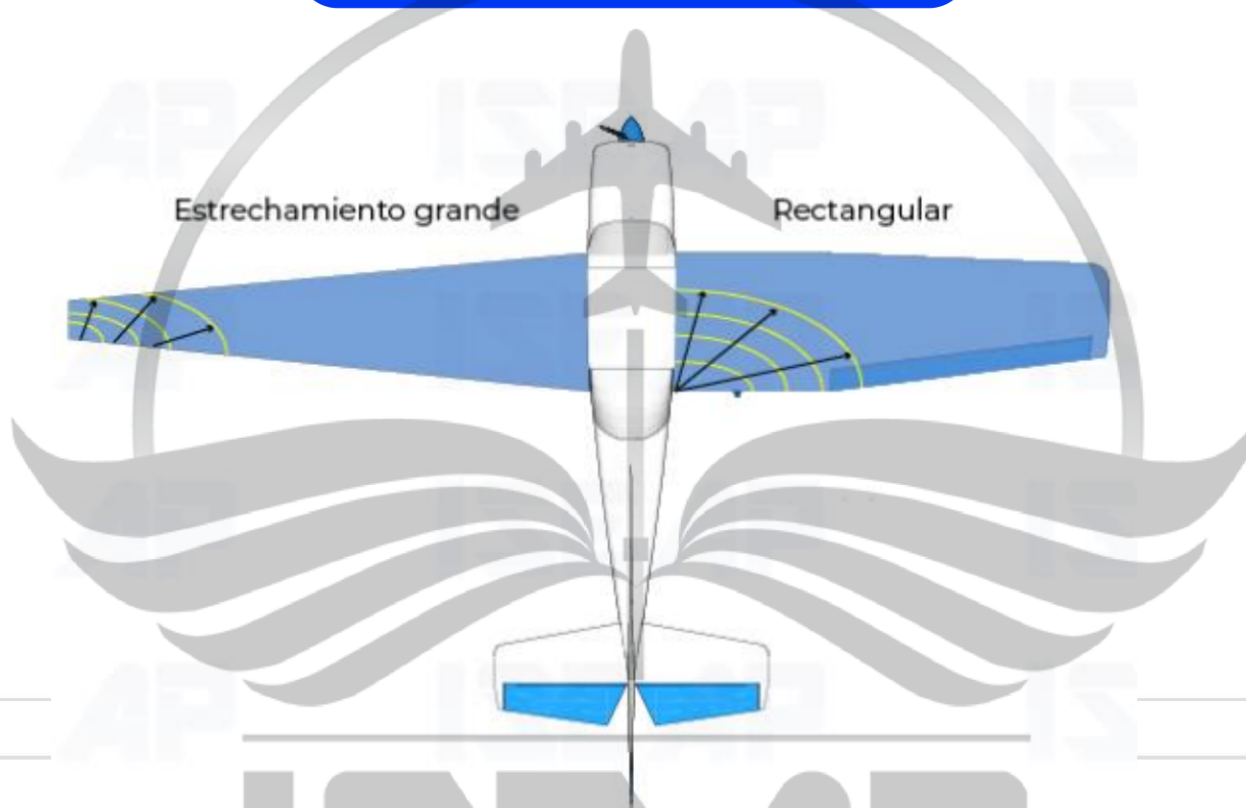
avión

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

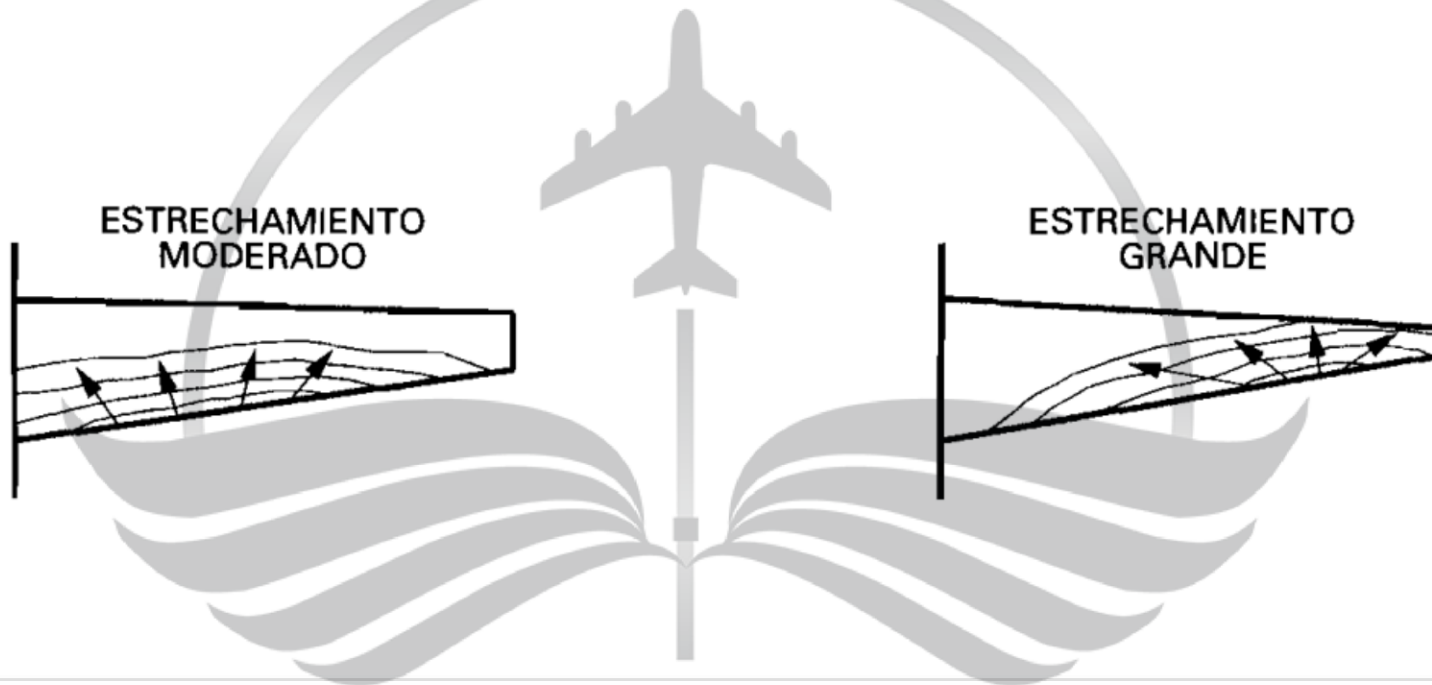


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

- **Ala elíptica :**

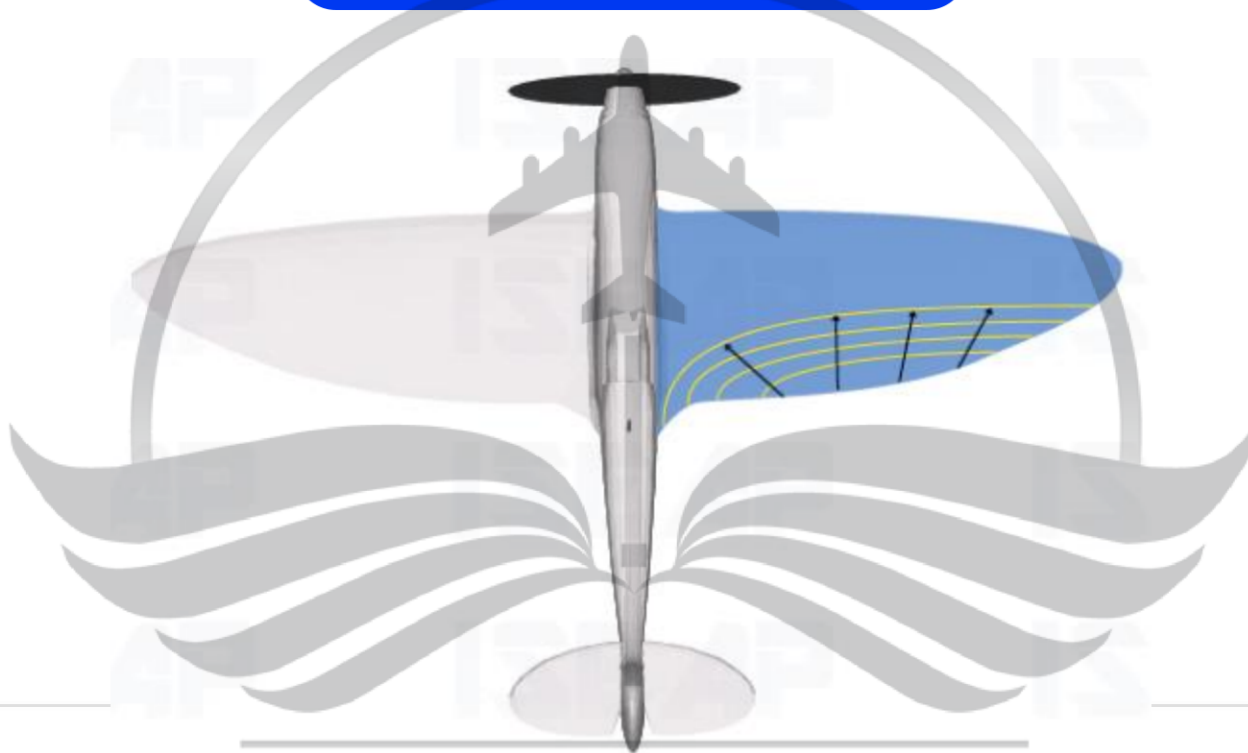
- Borde de ataque y de fuga formados por arcos de elipse que se intersectan.
- $\lambda = 0$
- Reducida generación de vórtices en punta de ala
- Baja producción de D_i
- Alto L/D max
- Campo sustentatorio considerado ideal
- Extremadamente complejo y costoso
- Toda el ala entra en pérdida al mismo tiempo (=ángulo de ataque)

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

- **Ala en flecha :**

- Lanzamiento hacia atrás de la planta alar
- Punta de ala retrasada hacia la cola respecto de la raíz
- Resuelve problemas de compresibilidad
- Entrada en pérdida por las puntas
- Pérdida de control de alerones

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

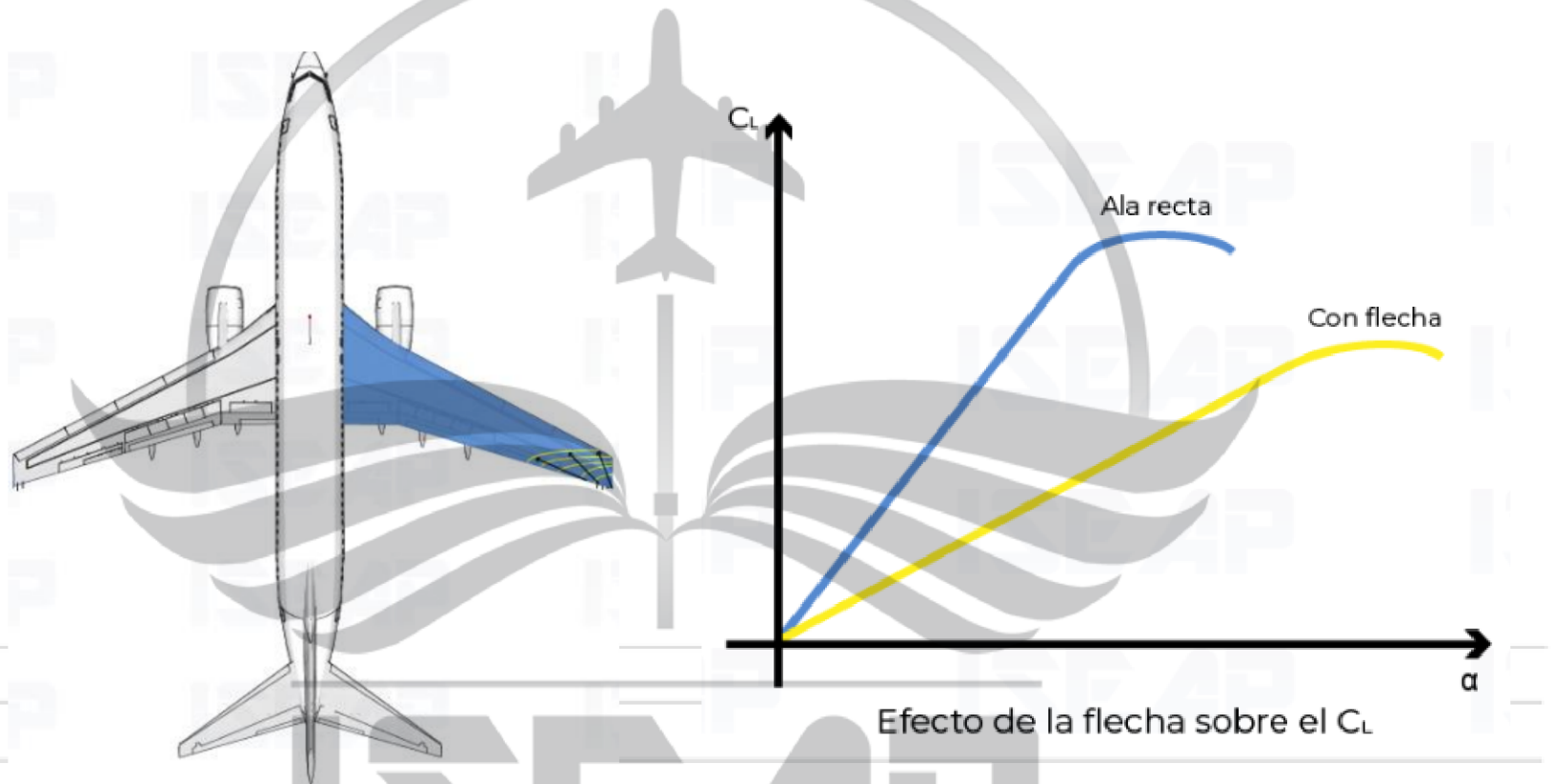


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar



NOTAS

Geometría de la planta alar

- **Ala en flecha negativa o progresiva :**
 - Lanzamiento hacia adelante de la planta alar
 - Resuelve problemas de compresibilidad
 - Entrada en pérdida en la raíz
 - Problemas en la resistencia estructural

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

- **Ala delta:**

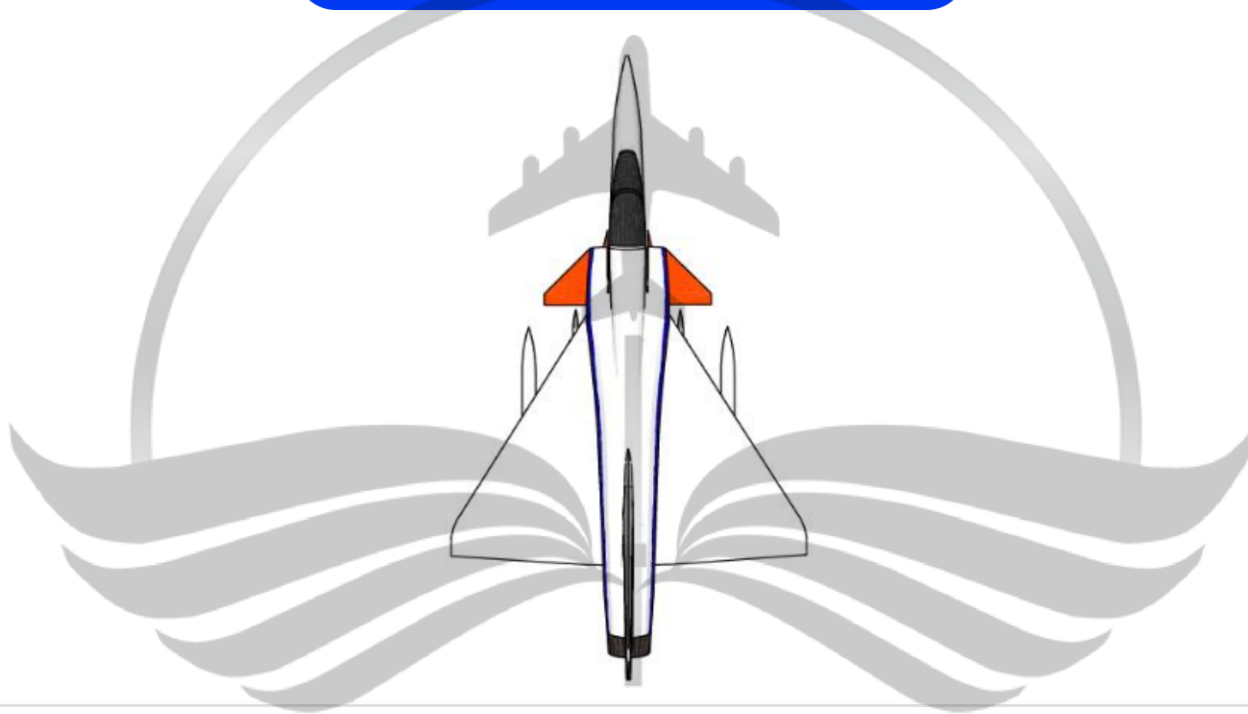
- Forma triangular (letra griega DELTA)
- Ala en flecha regresiva con Borde de fuga perpendicular al eje longitudinal del avión
- Resuelve problemas de compresibilidad
- Problemas de pérdida en puntas de ala
- Mínimo Di
- Su amplia S mejora performance a baja velocidad

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

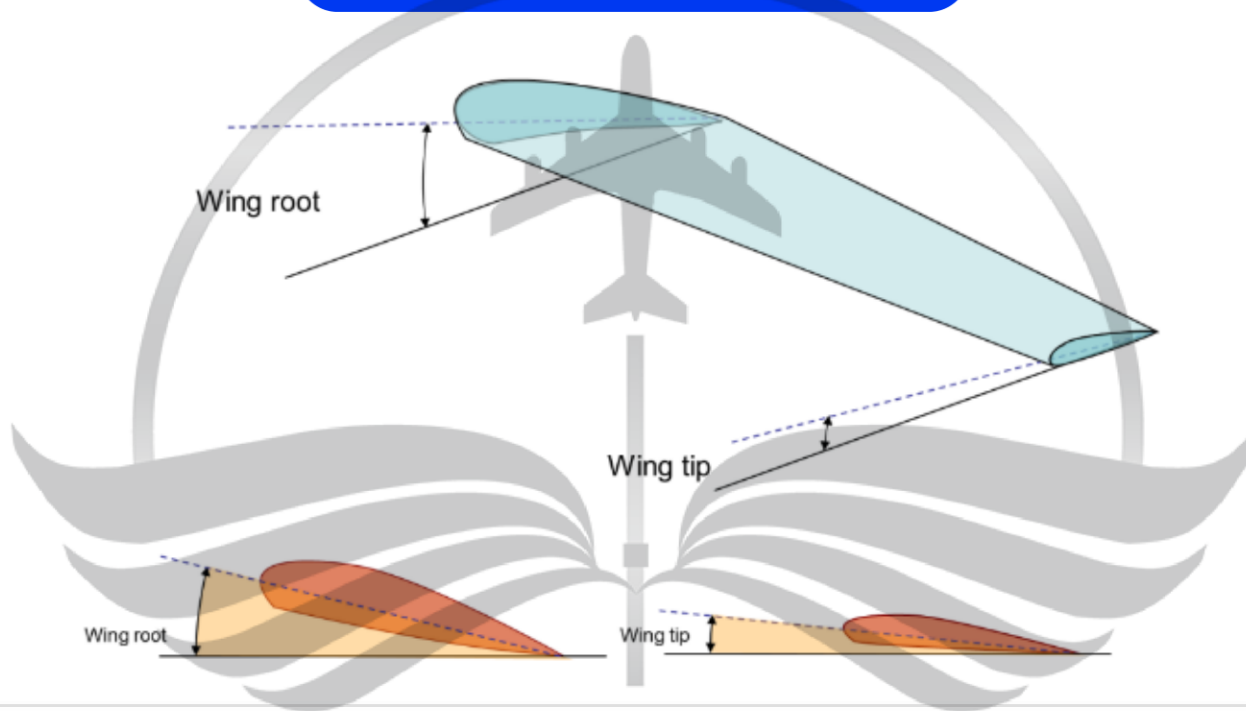


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

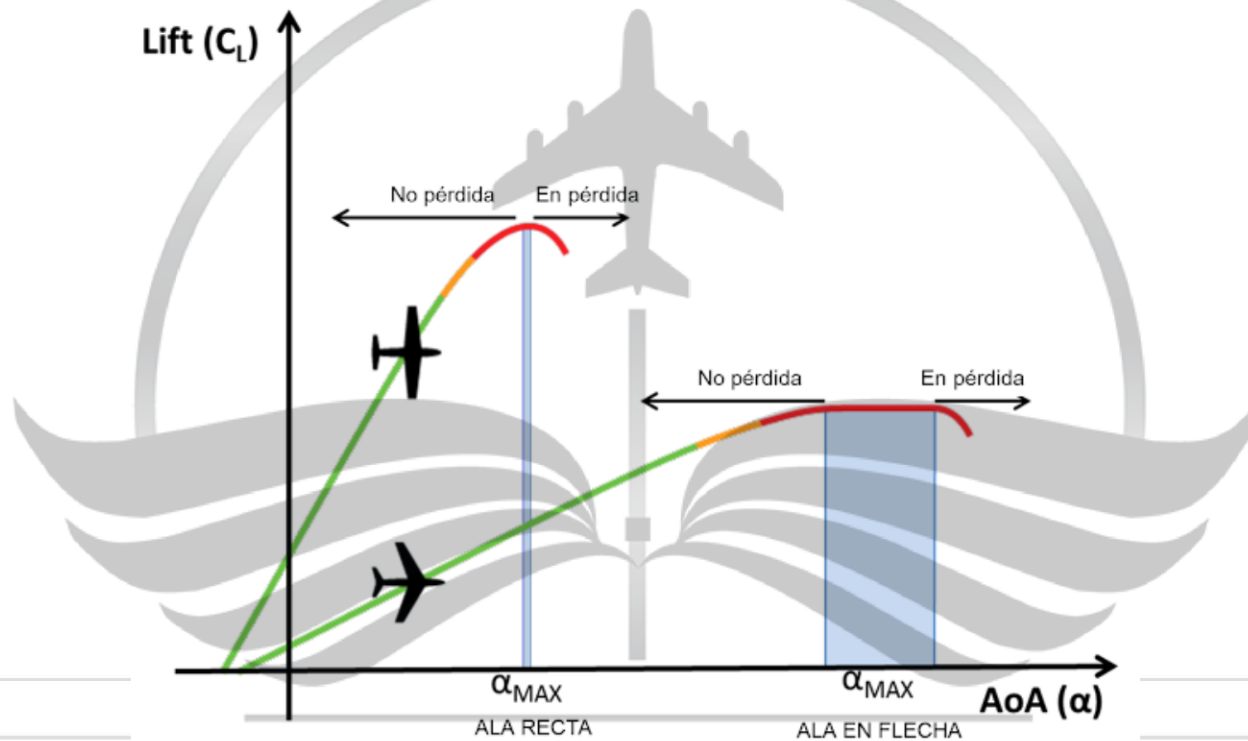


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar

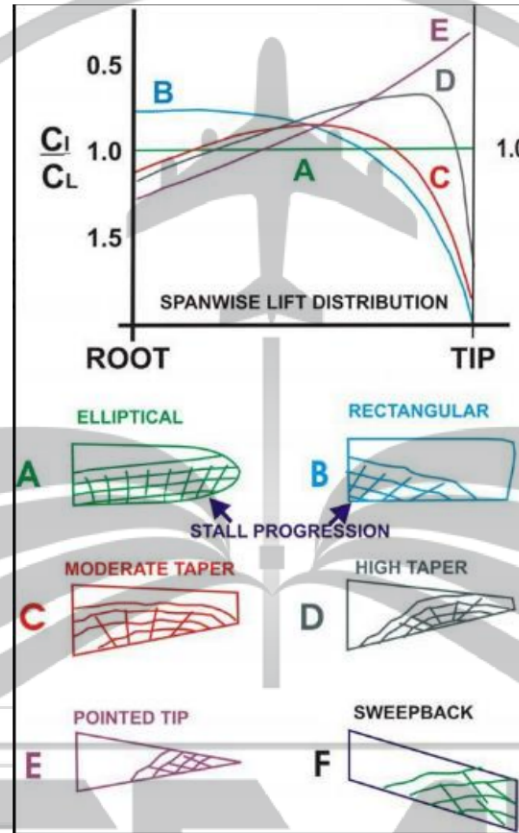
- **Ala creciente, media luna o Victor:**
 - Ala en flecha variable, máxima en la raíz y recta en las puntas.
 - Combina beneficios de ala en flecha (raíz) y ala recta (puntera)
 - Problemas de pérdida en puntas de ala
 - Mínimo Di
 - Su amplia S mejora performance a baja velocidad

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

Geometría de la planta alar



NOTAS

Reflexiones finales

- ✓ Los efectos del ala son tridimensionales
- ✓ Del tipo de ala depende la CI y progresión de su pérdida de sustentación
- ✓ Varias consideraciones operativas están relacionadas con el estrechamiento y alargamiento del Ala.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY



¿Preguntas?

Lic. Carlos Javier Rohde

cjrohde1985@gmail.com