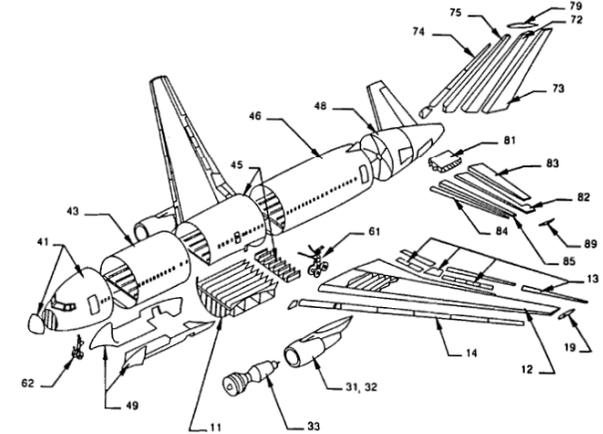
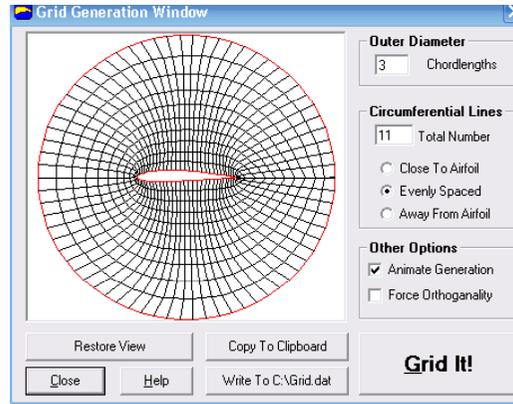


Fig. 17.2 Thrust and power.



# Cálculo de Aviones

## Introducción

Sergio Esteban

[sesteban@us.es](mailto:sesteban@us.es)

Departamento de Ingeniería Aeroespacial

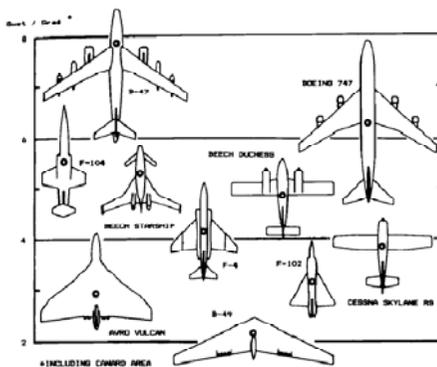


Fig. 3.5 Wetted area ratios.

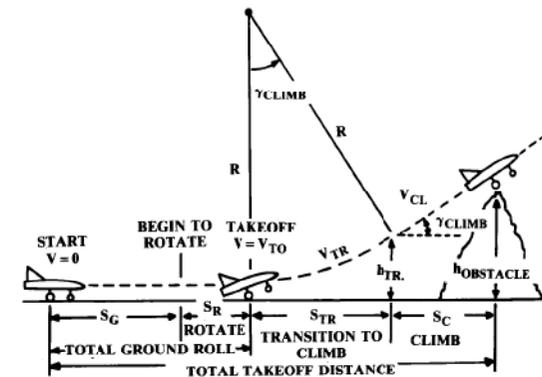
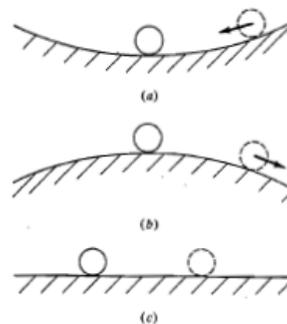
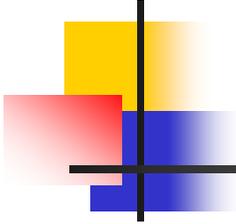


Fig. 17.17 Takeoff analysis.



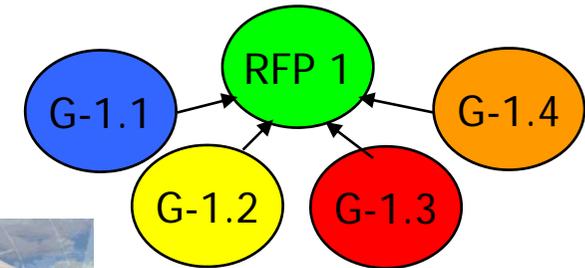
# Información de Contacto

---

- Profesor: Sergio Esteban
- Oficina: PB, Esquina NO, Núm. 8
- E-mail: [sesteban@us.es](mailto:sesteban@us.es)
- Página web de la asignatura:
  - <http://aero.us.es/adesign/>
- Tutorías:
  - Martes: 8:30h-11:30h.
  - Miércoles: 8:30h-11:30h.
  - Flexibles

# Organización de la Asignatura - I

- Los alumnos trabajarán en grupos (~12 alumnos)
- Cada grupo tendrá que desarrollar el proyecto de un avión.
  - Se proveerán RFP's:
    - Se definirá las misiones y especificaciones a seguir con diferentes requisitos.
    - Competición entre grupos por el mejor diseño.
    - ¡Se premiará la innovación!
- Seguimiento periódico, con presentaciones regulares sobre el estado de los proyectos y entrega de informes.



# Organización de la Asignatura - II

- Evaluación asignatura
  - Se evaluarán los informes periódicos de seguimiento (revisiones).
    - Definición proyecto.
    - Revisión v.2.
    - Revisión v.3.
  - Diseño final
    - Presentación y defensa del proyecto realizado.
    - Entrega del informe técnico correspondiente cumpliendo requisitos del RFP.
      - Asegurarse que se entrega en el RFP lo que se pide.
      - **Leer el RFP** antes de cada entrega para saber que hay que poner.
  - Tutorías del estado del proyecto:
    - Al finalizar cada revisión habrá tutorías/prácticas comunes:
      - Áreas de conocimiento entre grupos: estructuras, estabilidad, aerodinámica etc.
      - Reuniones con cada grupo por separado:
        - Guiar en el diseño, dudas, etc...

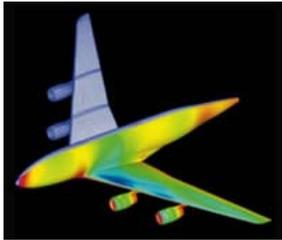
# Organización de la Asignatura - III

- Evaluación asignatura (cont.)
  - Evaluaciones individuales de los miembros de cada equipo que serán tenidas en cuenta.
    - Parte de la nota vendrá determinada por las evaluaciones del grupo.
      - Parte asociada a cada persona (~35%).
      - Trabajo de grupo (~40%).
      - Presentación Final (~10%).
      - Revisiones (~15%).
    - Porcentajes asociados a cada parte son sólo una orientación.
    - No me sirve "coleguismo": cubrir el trabajo de otras personas.
  - Competición: El mejor grupo tendrá la mejor nota, pero el peor grupo tendrá la peor nota.
  - ¡NO HAY EXAMEN FINAL!

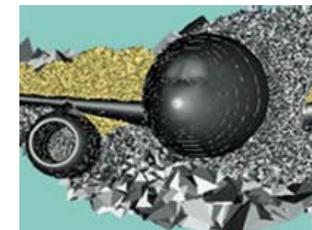
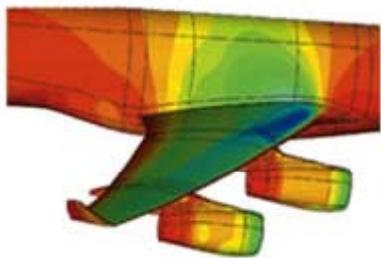
# Organización de la Asignatura - IV

- ¿Asistencia Obligatoria?
  - ¿Sólo se tiene que asistir a las clases propias del área elegida?
- Presentaciones se irán colgando en la página de la asignatura.
  - <http://aero.us.es/adesign/>
    - Ya existen las presentaciones del año pasado, pero se irán revisando a lo largo del curso.
  - Enseñanza Virtual
    - <http://ev.us.es>
- Próxima clase se entregarán los RFP
- Definición de grupos.

# Objetivos del curso - I



- Diseño de aviones:
  - Conocer todos los aspectos relacionados con el **diseño de aviones**.
- **Bienvenidos a la ingeniería en la vida real:**
  - Conocer los métodos y procedimientos de ingeniería que se emplean en la vida real.
  - **Unificar conocimientos** adquiridos durante la carrera y aplicarlos a un proyecto de ingeniería real.
- Aprender a trabajar en grupo:
  - Definición:
    - **Trabajar en grupo  $\neq$  compartir trabajos ya hechos.**
    - **Trabajar en grupo = compartir responsabilidades para obtener una meta.**
  - *Modus operandi* de las empresas de ingeniería actuales.
    - Desmitificar el concepto de "*cubical engineer*."
      - Los ingenieros tienen que interactuar con otros ingenieros.
    - Ya no existe la financiación ilimitada: optimización de recursos.
      - Tiempo limitado
  - **Objetivo: responsabilidades individuales en un grupo de trabajo.**



# Objetivos del curso - II

- Aprender a no depender de los ordenadores
  - ¡**NO** sois **CONTABLES!**, ¡**SOIS INGENIEROS!**:
    - Capaz de **interpretar** los **datos** que resultan de los **cálculos**.
    - Los **ordenadores** son maquinas que **hacen lo que les decimos**
      - NO SON DEIDADES CON RESPUESTAS MÁGICAS.
- **Comunicación efectiva** con el resto de tus **compañeros**.
  - Ser capaces de **transmitir** tus **ideas**.
  - Ser capaz de **escuchar** las **ideas** de los **demás**.
  - Aceptar las **críticas** y **valorarlas**.
    - Feedback del resto de grupos en la Revisiones
  - Aprender a **confiar** en el **trabajo** de los **miembros** de vuestro equipo.
  - Saber que el **resto** de **miembros** de vuestro grupo **depende** de **vosotros**.
- Prepararos para un mundo real competitivo.

¡Aprender a ser ingeneri@!

# Problema Conceptual de Diseño



Fig. 1.3 Student view of design

**¡¡Vuestra Visión!!**

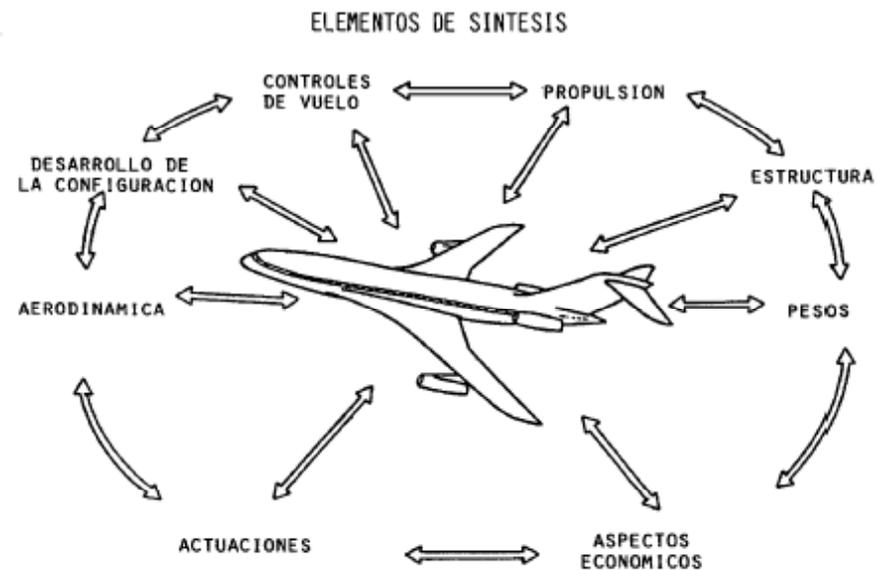
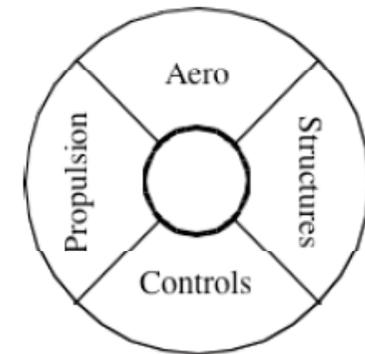
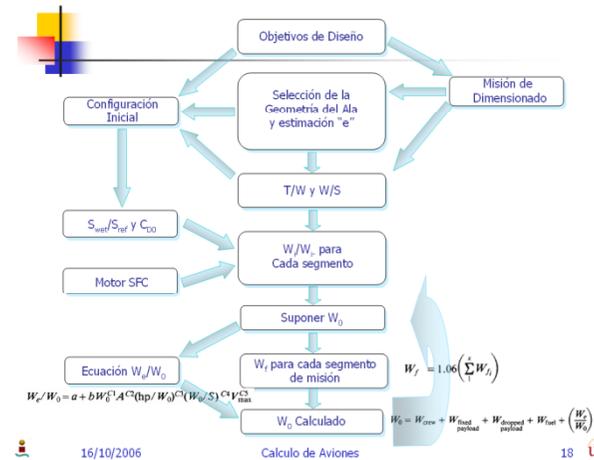
**¡¡Lo que os vais a encontrar!!**



Fig. 1.4 The 'real' design process

# Diseño Aeronaves: Tarea multidisciplinaria

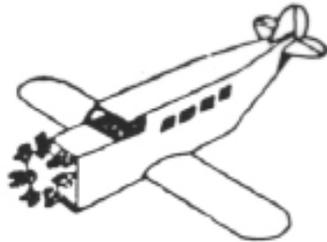
- Diseño de Aeronaves es una tarea multidisciplinaria:
  - Aerodinámica.
  - Estructuras.
  - Propulsión.
  - Actuaciones.
  - Estabilidad y Control.
  - Aspectos Económicos.
- Implica **colaboración** entre ingenieros de **diferentes ramas**, lo que es siempre un desafío.
- No es un proceso directo sino **iterativo**.
  - ¡El primer diseño no suele ser el bueno!
  - ¡Pero es un buen inicio!



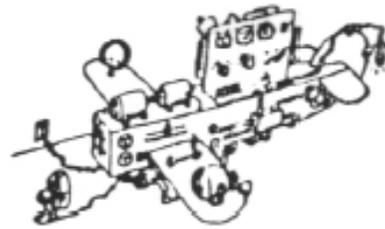
# Desafío Multidisciplinar - I

La belleza está en los ojos a través de los que la observan

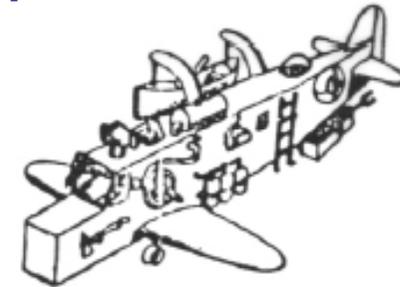
“Dream airplanes” – C. W. Miller



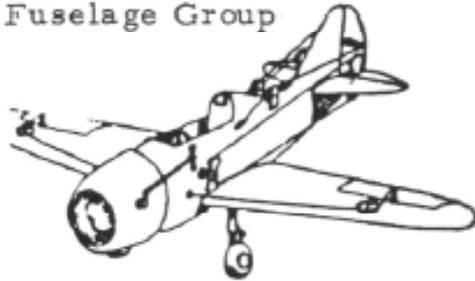
Fuselage Group



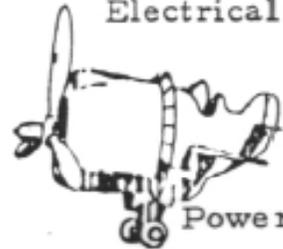
Electrical Group



Equipment Group



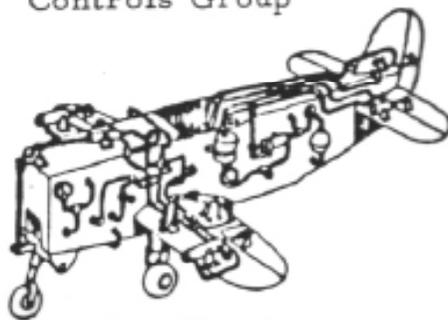
Controls Group



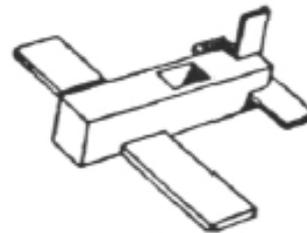
Power Plant Group



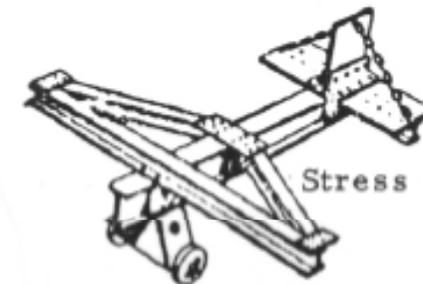
Aerodynamics Group



Hydraulics Group



Loft Group

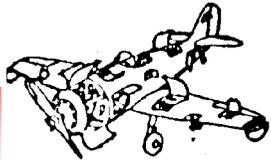


Stress Group

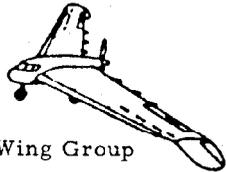


Production Engineering Group

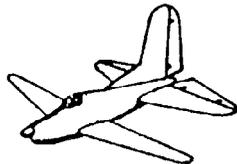
# Special Interest Groups



Service Group



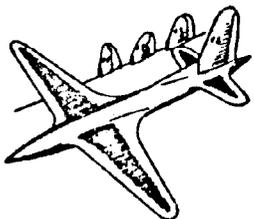
Wing Group



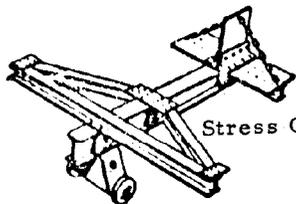
Empennage Group



Armament Group



Aerodynamics Group

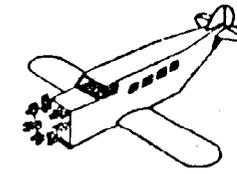


Stress Group

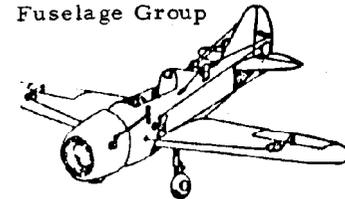
A completed airplane in many ways is a compromise of the knowledge, experience and desire of the many engineers that make up the various design and production groups of an airplane company.

It is only being human to understand why the engineers of the various groups feel that their part in the design of an airplane is of greater importance and that the headaches in design are due to the requirements of the other less important groups.

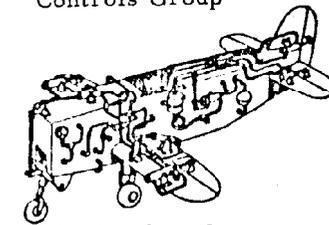
This cartoon "Dream Airplane" by Mr. C. W. Miller, Design Engineer of the Vega Aircraft Corporation, indicates what might happen if each design vs. production group were allowed to take itself too seriously.



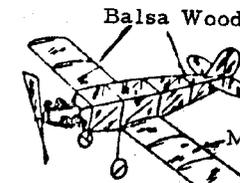
Fuselage Group



Controls Group



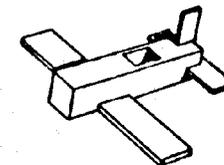
Hydraulics Group



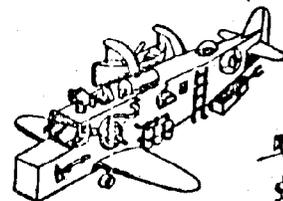
Balsa Wood

Micro Film

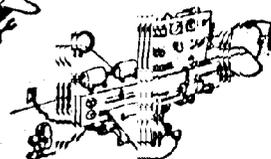
Weight Group



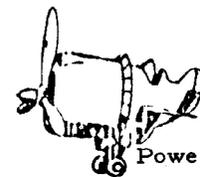
Loft Group



Equipment Group



Electrical Group



Power Plant Group



Production Engineering Group

# Desafío Multidisciplinar - II

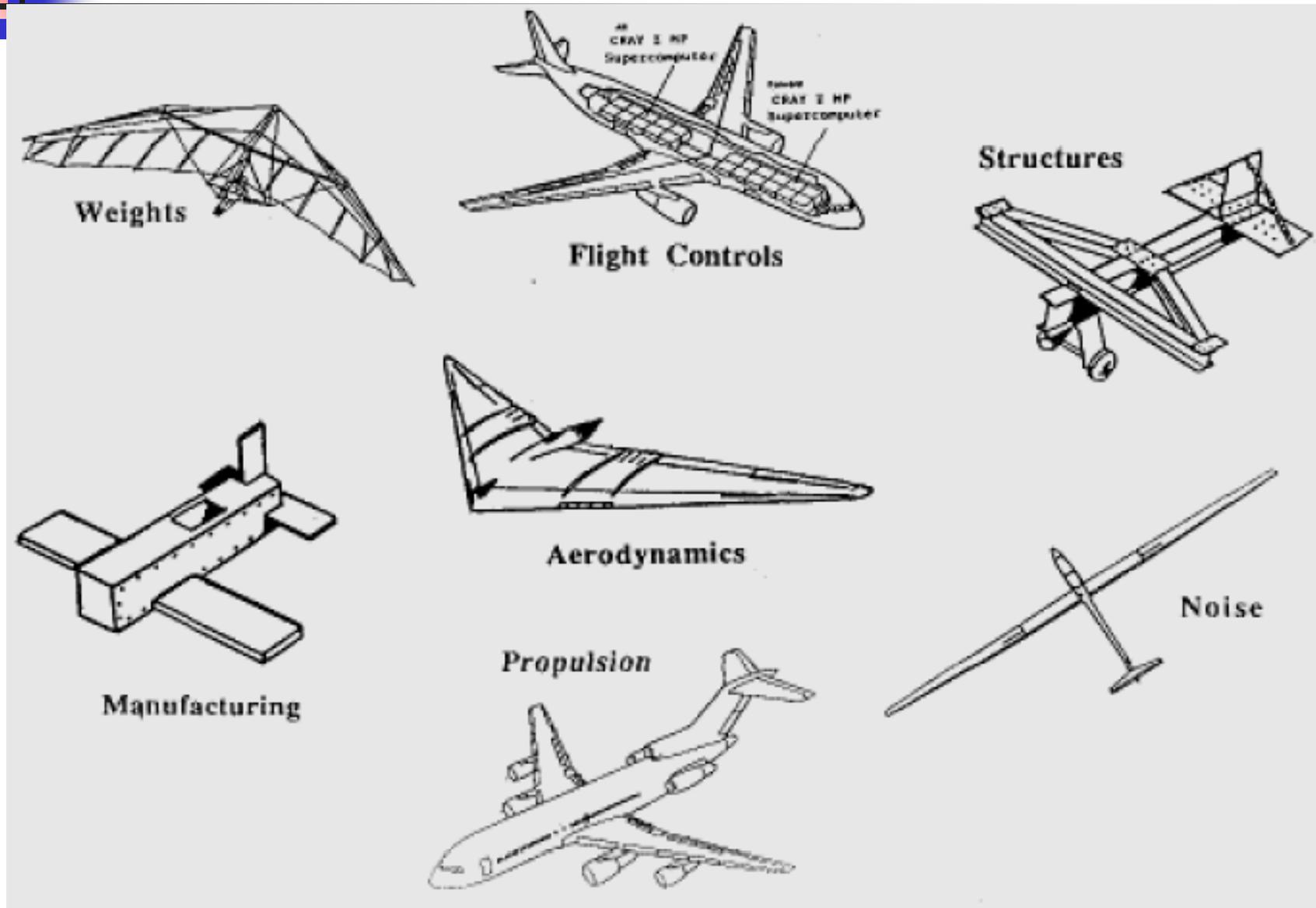
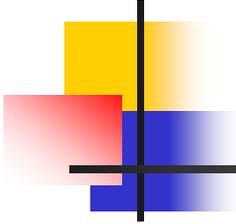


Figure 4. One can only make one thing best at a time.



# ¿Que es lo que hace un buen diseñador?

- NRC publication *“Improving Engineering Design, Designing for Competitive Advantage”*
  - Siempre **haciendo preguntas, curiosidad** sobre cualquier cosa.
  - Gran **poder** de **asociación**: les permite **reconocer** y **recurrir** de forma paralela a **otros campos** en busca de ideas:
    - Los diseñadores tienen un interés ecléctico y a menudo deambulan lejos del camino de la ciencia y la ingeniería.
      - Buscando **soluciones intermedias**.
    - **Interesados en todo**.
  - Cuando se les **presenta** un **problema**, siempre tiene **multitud** de **respuestas**, y busca **interacciones** con **colegas** para separar las **buenas** de las **malas**

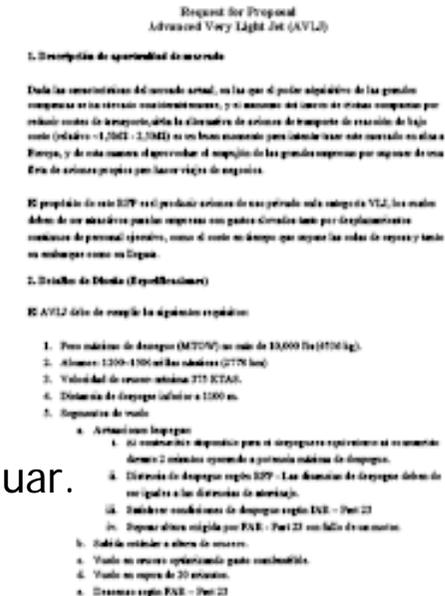
## “BRAINSTORMING”

- **Segur@s** de si mism@s y capaces de aceptar con imparcialidad tanto los **defectos** de las soluciones pobres que proponen, como de los **elogios** de sus éxitos.

# ¿Sois Buenos Diseñadores?

# Que hacen los diseñadores

- Analizar:
  - Análisis del Request For Proposal (**RFP**)
  - ¿Son requisitos razonables?
- Definir necesidades
  - Opciones en la tecnología:
    - ¿Qué materiales/herramientas tenemos disponibles?
    - ¿Qué sistemas de propulsión hay en la actualidad?
    - ¿Avances en la Aerodinámica?
  - ¿Como Abordar la resolución del problema?
- Definir estrategias de diseño:
  - Ubicación de la carga de pago.
  - Forma y disposición de las superficies sustentadoras.
  - Necesidades de la planta motora.
  - Necesidades estructurales en función de la misión a efectuar.
  - Necesidades de estabilidad y control.



# ¿Por dónde empezar?

## Classical Aircraft Sizing I



Aerospace and  
Ocean Engineering

from Sandusky, Northrop

slide 1 — 12/2/97



# Definir una Misión

- Para abordar el dilema de dónde empezar hay que definir los requerimientos de la aeronave:
  - ¿Qué tipo de tarea se supone que tiene que realizar?
    - Autonomía de vuelo
    - Alcance.
    - Rango velocidades.
    - Requisitos de despegue y aterrizaje.
    - Maniobrabilidad.
    - Carga de pago.
- Definición de RFP
- ¿Requisitos de MIL, FAR, JAR?

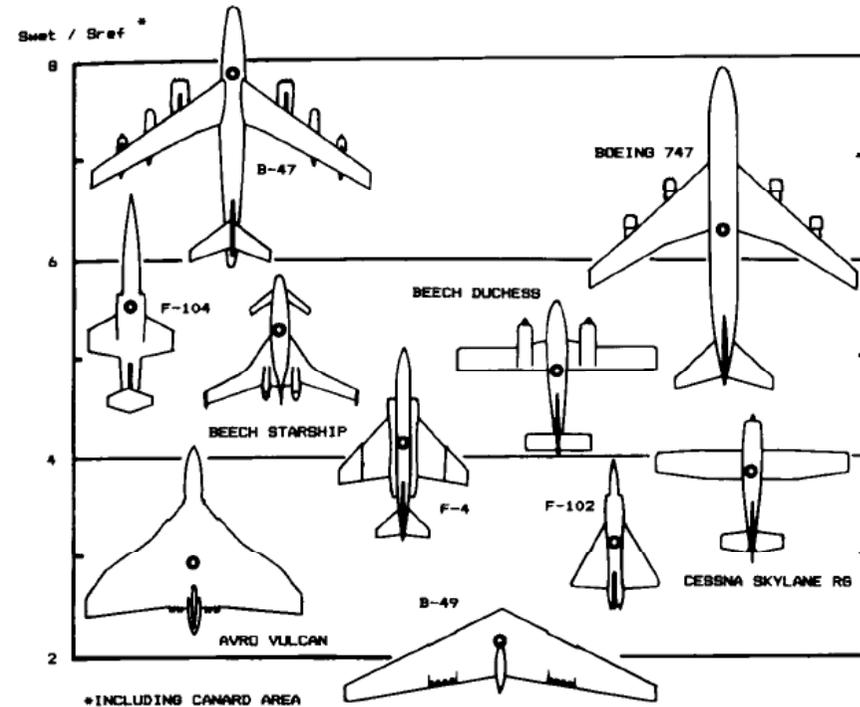


Fig. 3.5 Wetted area ratios.

# Perfiles de Misión

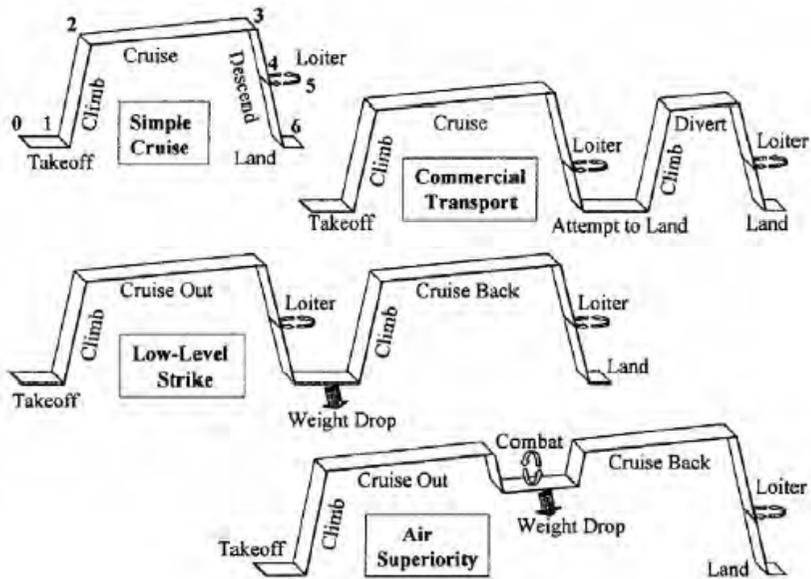
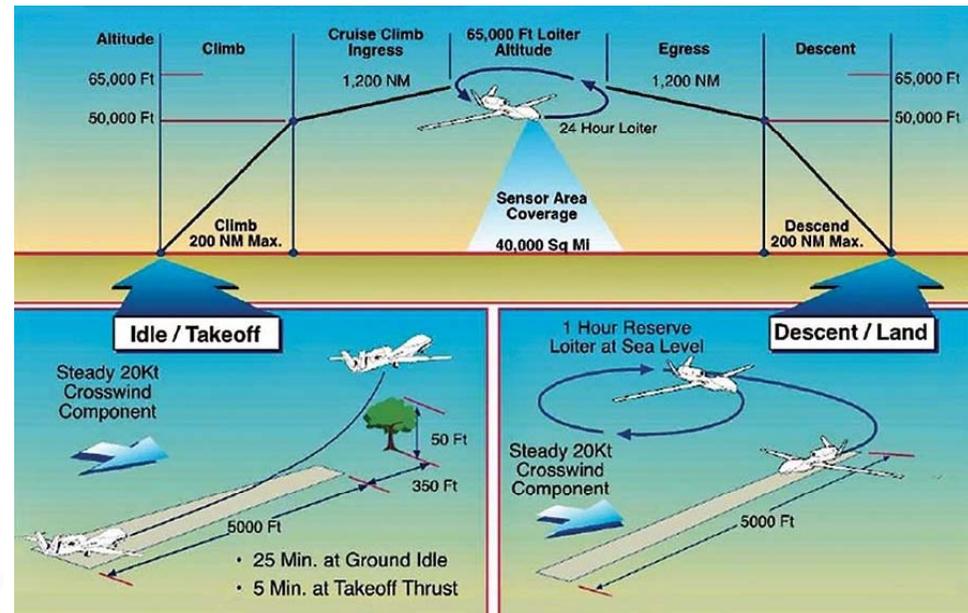
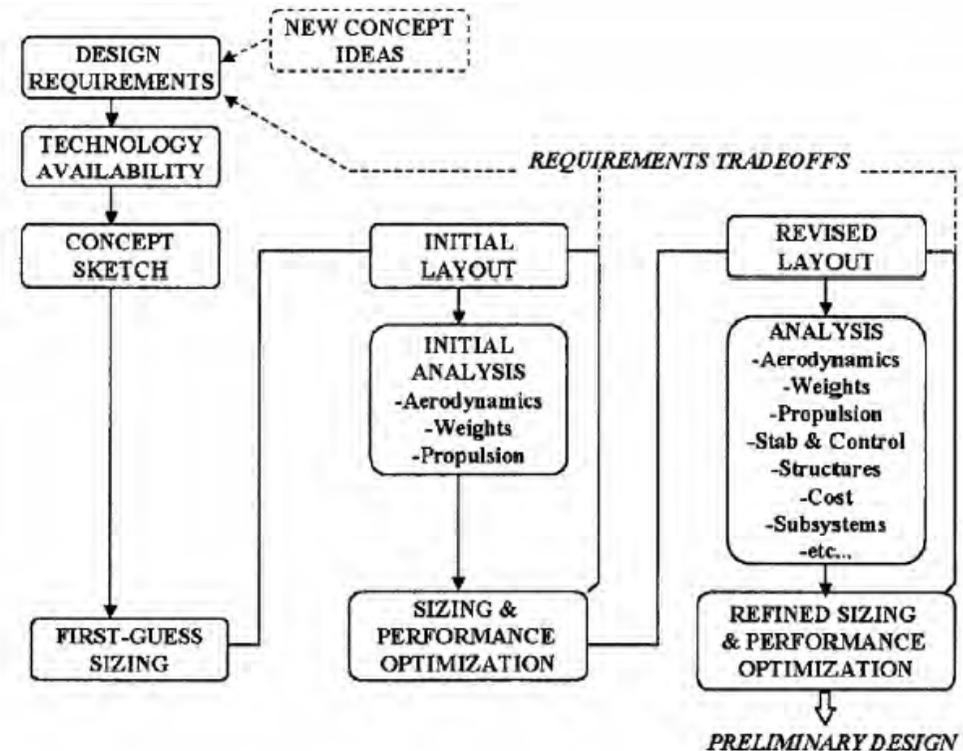


Fig. 3.2 Typical mission profiles for sizing.



# Ejemplo de Proceso de diseño

1. Dimensionado inicial a partir de un boceto conceptual
2. Selección planta motora
3. Metas de diseño:
  1. Actuaciones.
  2. Cualidades de Vuelo (Handling Qualities).
  3. Misión.
4. Selección de la geometría de alas.
  1. Ala.
  2. Cola horizontal y vertical.
5. Ratio Empuje-Peso ( $T/W$ ).
6. Diseño de la carga del ala ( $W/S$ ).
7. Dimensionado inicial
8. Análisis inicial:
  1. Aerodinámica.
  2. Propulsión.
  3. Pesos.
  4. Estabilidad y Control.
  5. Análisis de Trimado.
  6. Actuaciones.
9. Dimensionado Refinado: Proceso de optimización.
10. Limitaciones basadas en las actuaciones.
11. Dimensionado con limitaciones



# Ejemplos de diseños I

## A Few Novel Concepts



### •Blended Wing-Body Concept

- Concept from Bob Liebeck (Douglas A/C)
- Less wetted area (no fuselage)
- Possibly more efficient structure

### • Oblique Wing Supersonic Transport

- concept by R.T. Jones
- fore-aft symmetry of lift/better area distribution
- possibly only “practical” SST
- flying wing version also



AD-1, Circa 1980



Aerospace and  
Ocean Engineering

slide 32

9/1/04



# Ejemplos de diseños II

## Another Novel Concept: SpaceShipOne



The White Knight

Pictures from the  
Scaled Composites web site

Burt Rutan: Still imagineering!

SpaceShipOne



# Ejemplos de diseños III

Lockheed, Virginia Tech, NASA Team



*Compared to a conventional cantilever design:*

- 12-15% less takeoff weight
- 20-29% less fuel
- less noise and emissions

**VT** Aerospace and  
Ocean Engineering

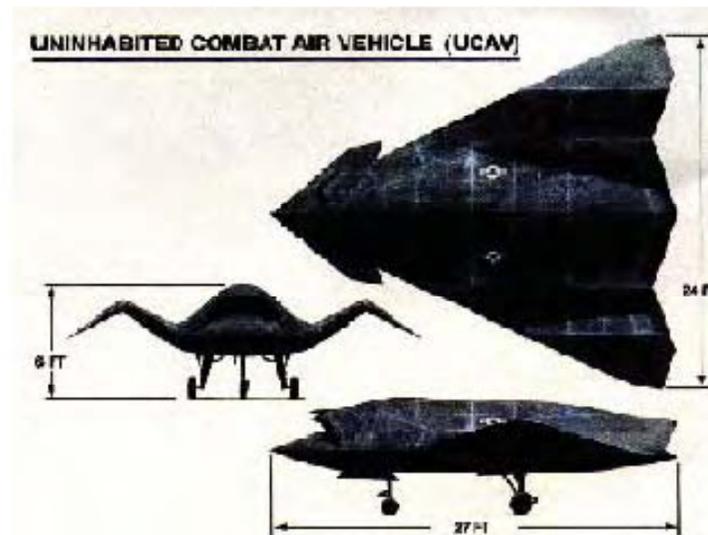
slide 35

9/1/04



# Ejemplos de diseños IV

**The Latest: UCAVs**  
This one is based on  
Nastasi/Kirschbaum/Burhans Patent 5,542,625



Northrop Grumman Corporation, reprinted by *Aviation Week*, June 16, 1997

The vertical tail is eliminated for stealth, directional control comes from specially coordinated trailing edge deflections

# Contenido de la Asignatura

- Introducción Cálculo de Aviones.
- Configuración general y Arquitectura de aviones.
- Dimensionado Preliminar: Boceto conceptual.
- Dimensionado Inicial:
  - Empuje-peso (T/W) y carga alar (W/S):
  - Planta Motora
- Aerodinámica: Polar del avión.
- Actuaciones.
- Estructuras.
- Estabilidad, control y "handling qualities".
- Desarrollo completo de un aeronave
- Optimización del diseño
- **Se recomienda el uso de herramientas para facilitar el diseño: software**

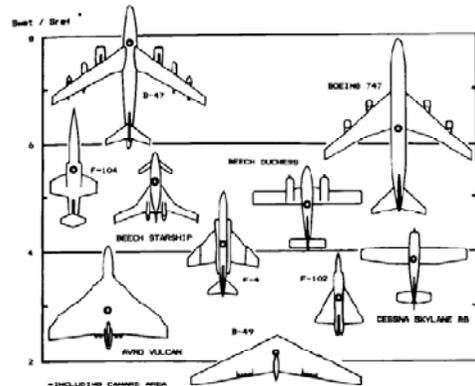
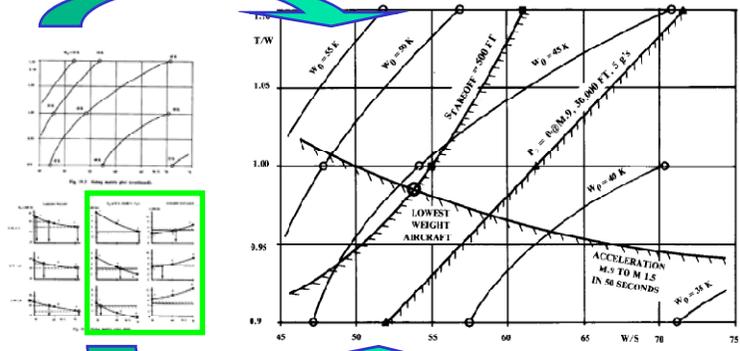
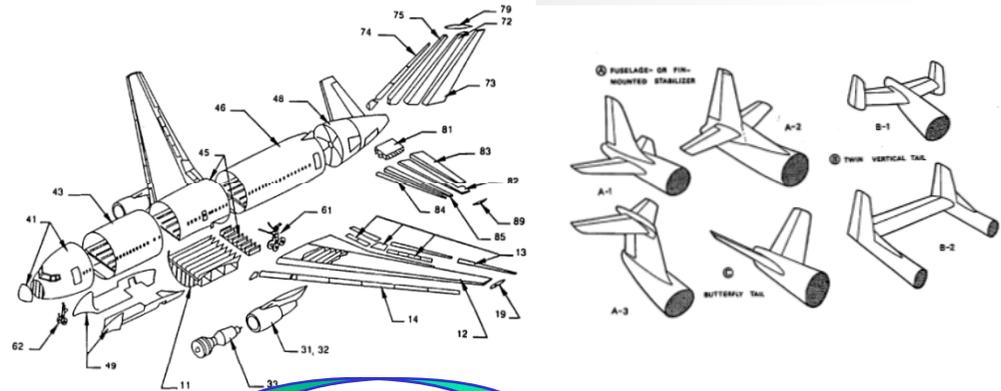


Fig. 3.5 Wetted area ratios.

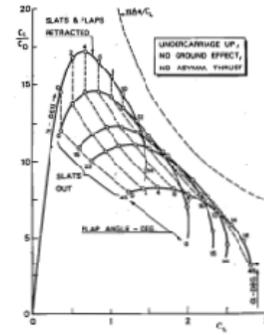


Fig. 11-4. Lift-coefficient ratio for the design in Fig. 12-1.

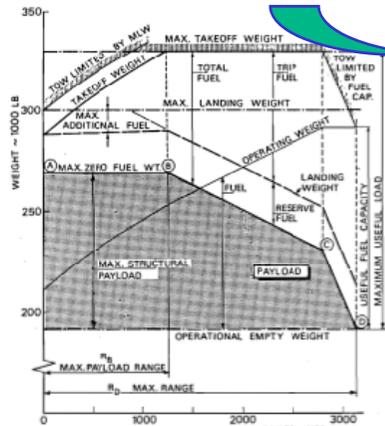


Fig. 8-3. Derivation of the payload-range diagram

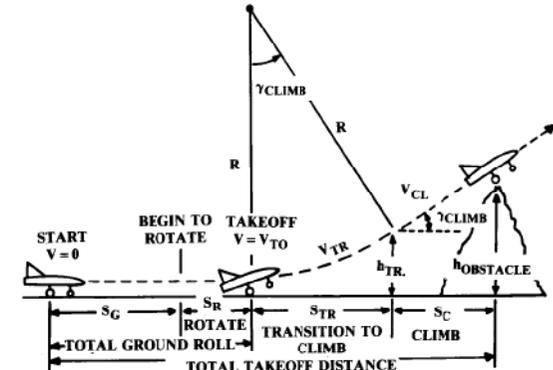
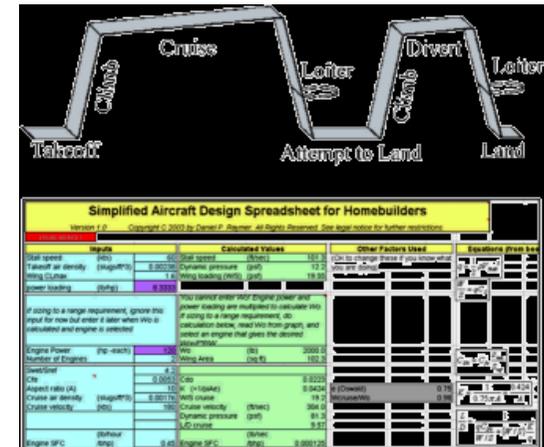


Fig. 17.17 Takeoff analysis.

# Software Disponible

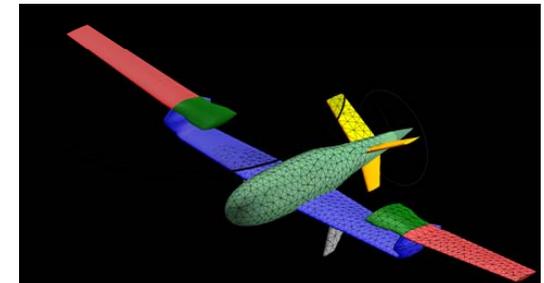
- Aircraft Design & RDS Website

- Dan Raymer
- <http://www.aircraftdesign.com/>
- Free Software: <http://www.aircraftdesign.com/ac-size.html>



- Open SVG

- NASA Open Source Parametric Geometry
- <http://www.openvsp.org/>



- CEASIOM - Aircraft Design

- Computerised Environment for Aircraft Synthesis and Integrated Optimisation Methods
- <http://www.ceasiom.com/>



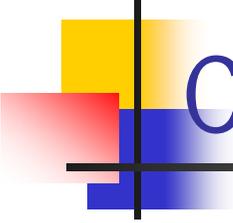
# Libros de Texto y Referencias

## ■ Bibliografía Principal:

- *Aircraft Design: a conceptual approach*, D.P. Raymer, AIAA Education Series, 2006.
- *Fundamentals of Aircraft and Airship Design*, L.M Nicolai, G.E. Carichner, AIAA Education Series, 2010.
- *Airplane Design*, J. Roskam, Darcorporation, 1989
- *Synthesis of subsonic airplane design*, E. Torenbeek, Springer, 1982

## ■ Bibliografía Adicional:

- *Aircraft Design Projects for engineering students*, L.R. Jenkinson, J.F. Marchman III, Butterworth-Heinemann; Illustrate edition, 2003.
- *The design of the aeroplane*, D. Stinton.
- *Fundamentals of aircraft design*, L.M. Nicolai. Mets, 1984.
- *Methods for estimating drag polars of subsonic airplanes*, J. Roskam, 1971.
- *Methods for estimating stability and control derivatives of conventional subsonic airplanes*, J. Roskam, 1971.
- *Airframe Structural Design: Practical Design Information and Data on Aircraft Structures* by Michael Chun-Yung Niu and Mike Niu, Adaso Adastra Engineering Center, 1999.
- *Analysis and Design of Flight Vehicle Structures*, E. F. Bruhn, Jacobs Pub, 1973.
- *Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls: Part 1*, J. Roskam, Darcorporation, 1999.
- *Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls: Part 2*, J. Roskam, Darcorporation, 1999.
- *Dynamics of Flight, Stability and Control*, 3rd Ed., B. Etkin y L.D. Reid, John Wiley & Sons, 1996.
- *Performance, Stability, Dynamics, and Control of Airplanes*, 2nd Ed., Bandu N. Pamadi, AIAA Education Series, 2004.

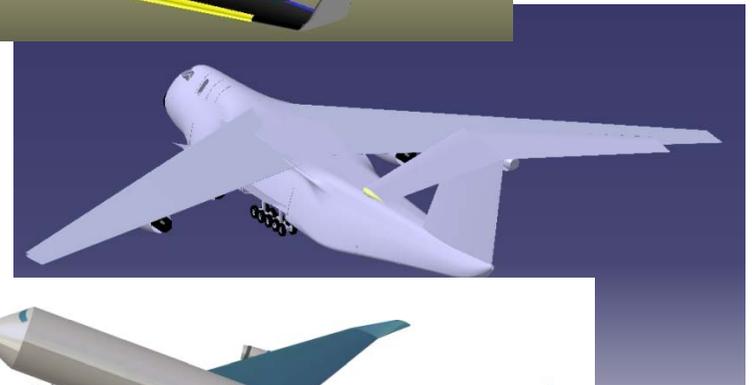
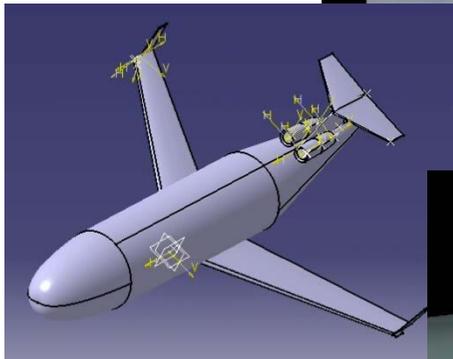
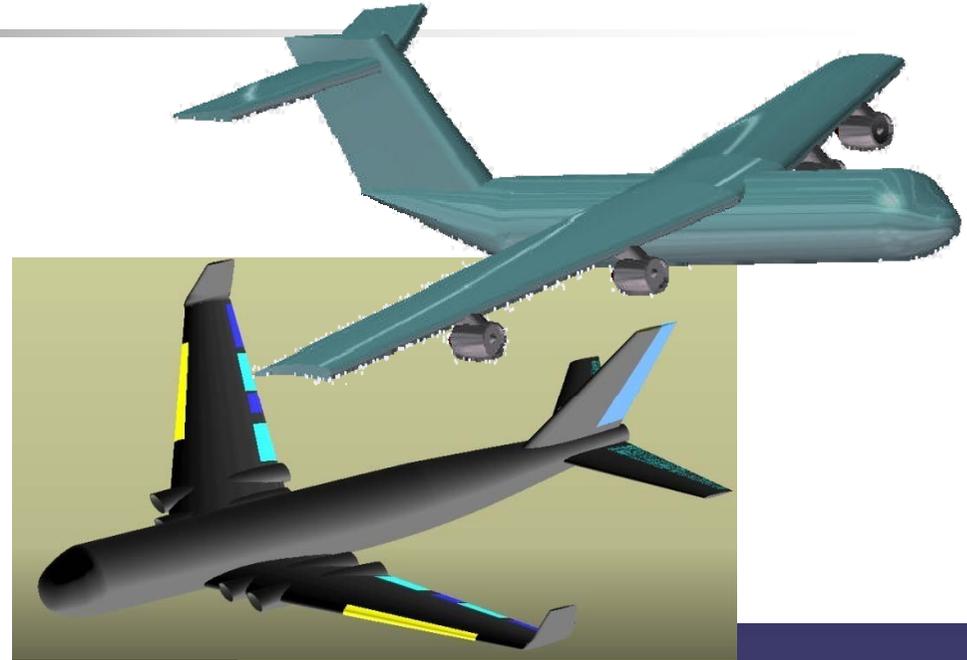
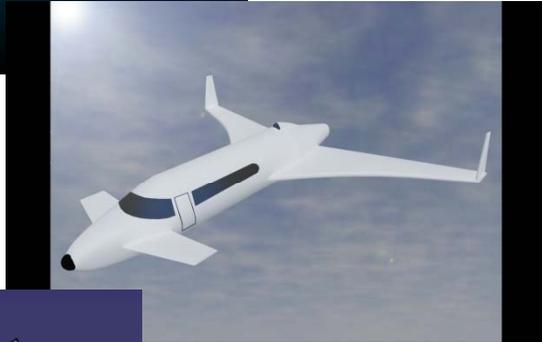


# Conclusión

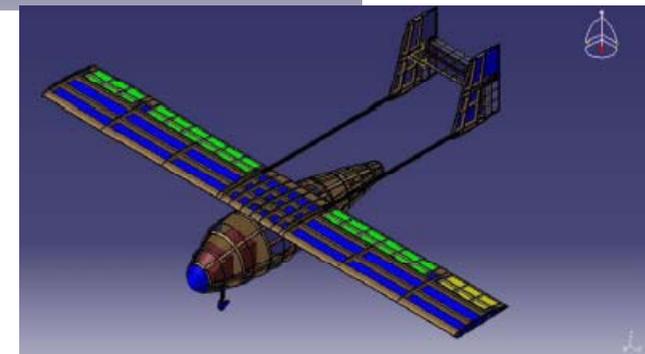
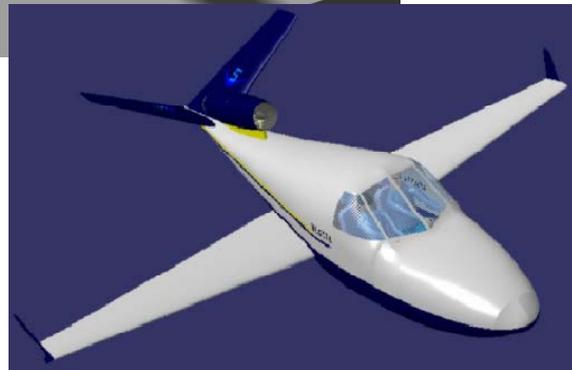
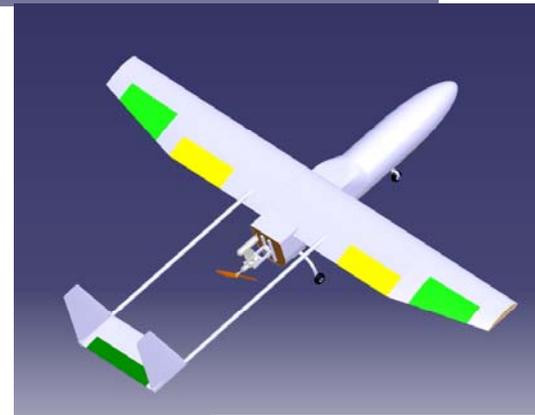
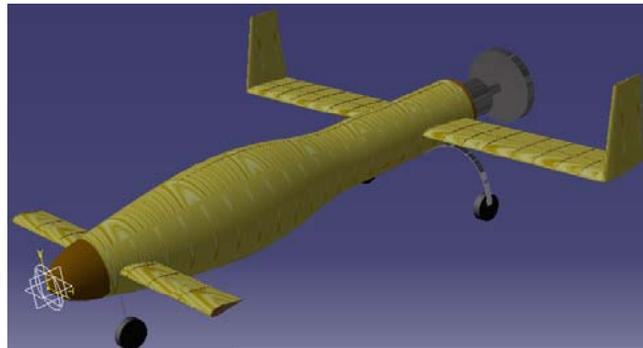
---

- Conclusiones:
  - Diseño es un reto.
  - Diseño es importante.
  - ¡Diseño es divertido!
  - Todavía hay sitio para los soñadores.
- ¿Qué es lo que han hecho vuestros compañeros?
- ¿¿¿Qué se espera de vosotros????

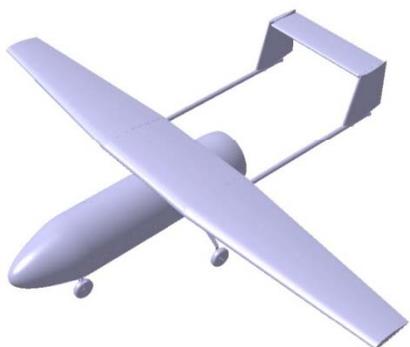
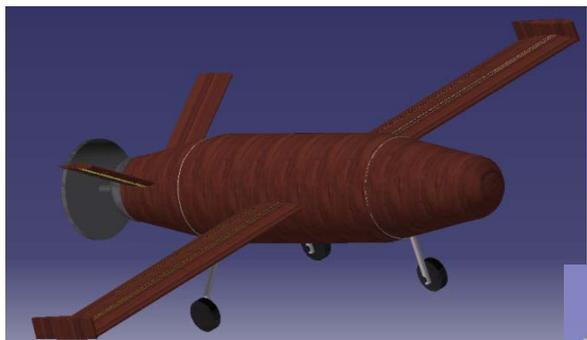
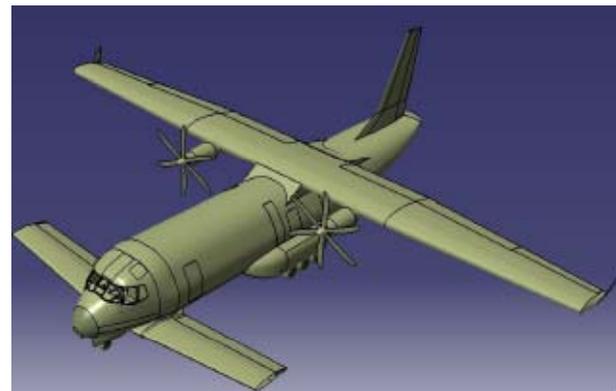
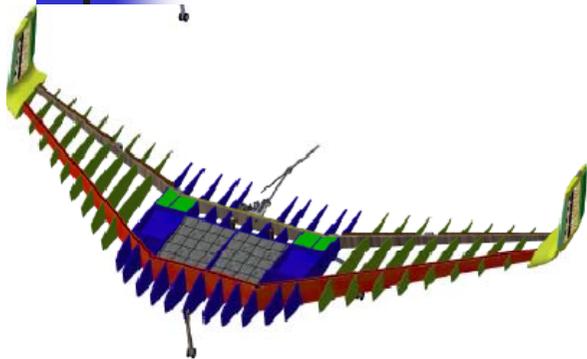
# "Cálculo de Aviones" - 2006-07



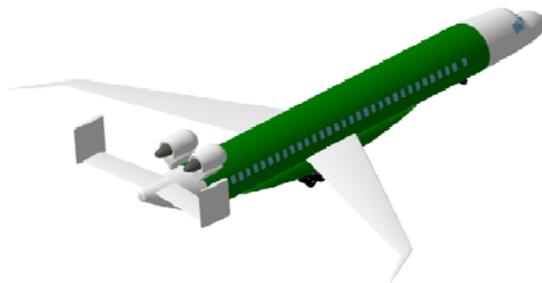
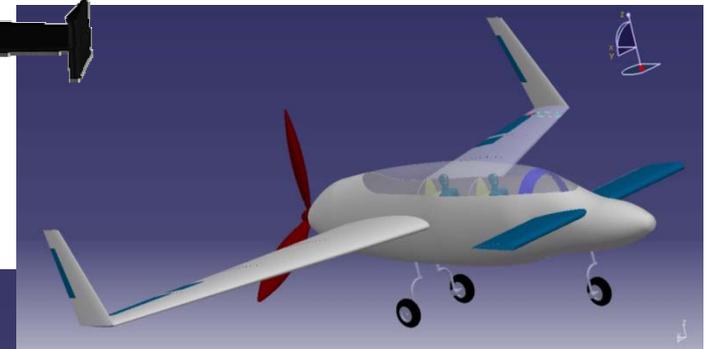
# "Cálculo de Aviones" - 2007-08



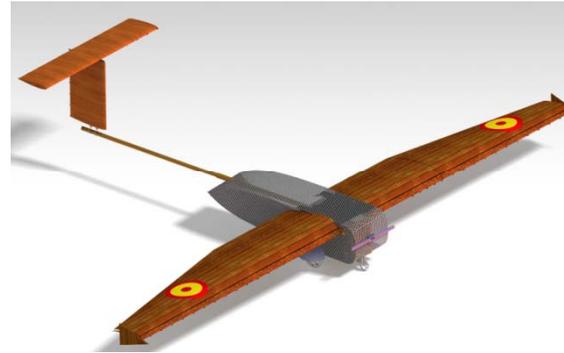
# "Cálculo de Aviones" - 2008-09



# "Cálculo de Aviones" - 2009-10



# "Cálculo de Aviones" - 2010-11



# "Cálculo de Aviones" - 2011-12



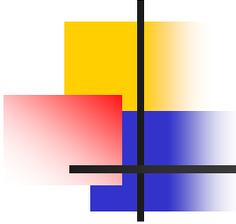
# Seguir Aprendiendo

- Mantenerse al día con la tecnología
  - Aviation Week
  - American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA)
    - American Aerospace
    - Journals
  - Avión Revue
  - Revista de Aeronáutica y Astronáutica



AVIATION WEEK  
& SPACE TECHNOLOGY





# Opinión del Alumno

---

- ¿Y vosotros que opináis?
  - ¿Qué esperáis aprender en la asignatura?
  - ¿Qué esperáis del profesor?