



# ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE ESTRUCTURAS AEROESPACIALES FABRICADAS MEDIANTE IMPRESIÓN 3D

*J.A. Artero Guerrero, J. Pernas Sánchez, D. Varas, J. López Puente, C. Santiuste, E. Barbero*



Universidad  
Carlos III de Madrid

*Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de  
Estructuras*

# ÍNDICE

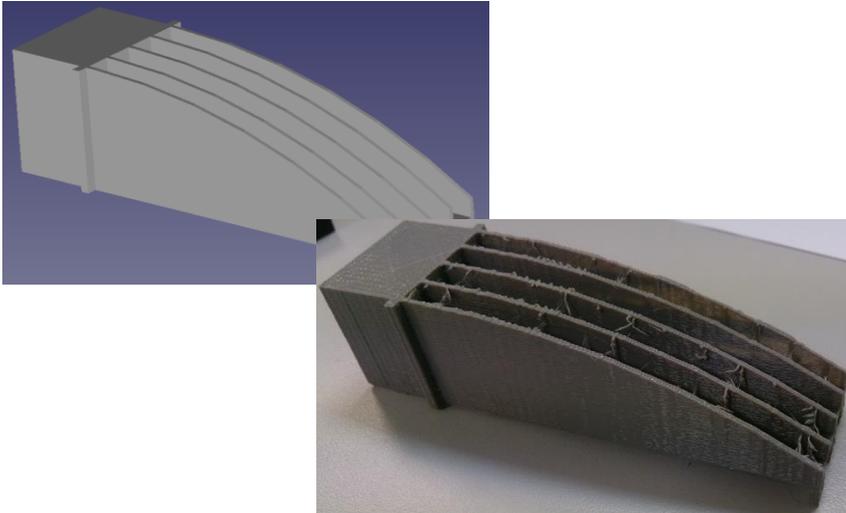
## Introducción



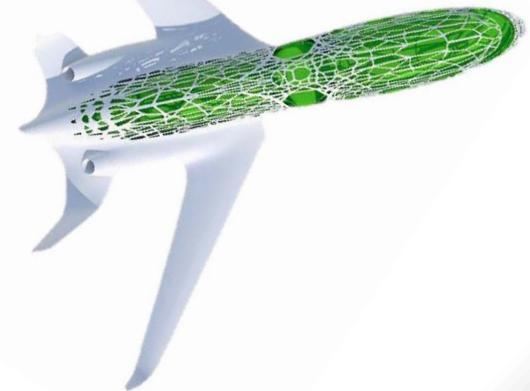
## Desarrollo Proyecto



## Resultados



## Conclusiones



# ÍNDICE

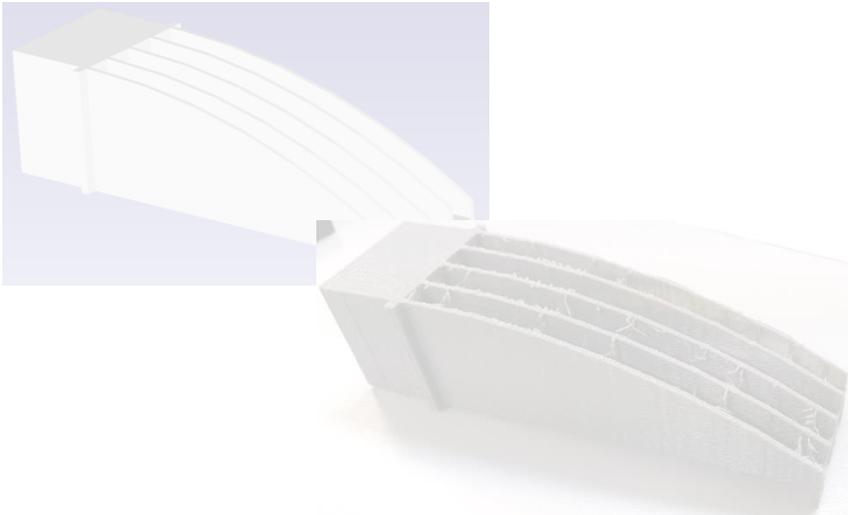
## Introducción



## Desarrollo Proyecto

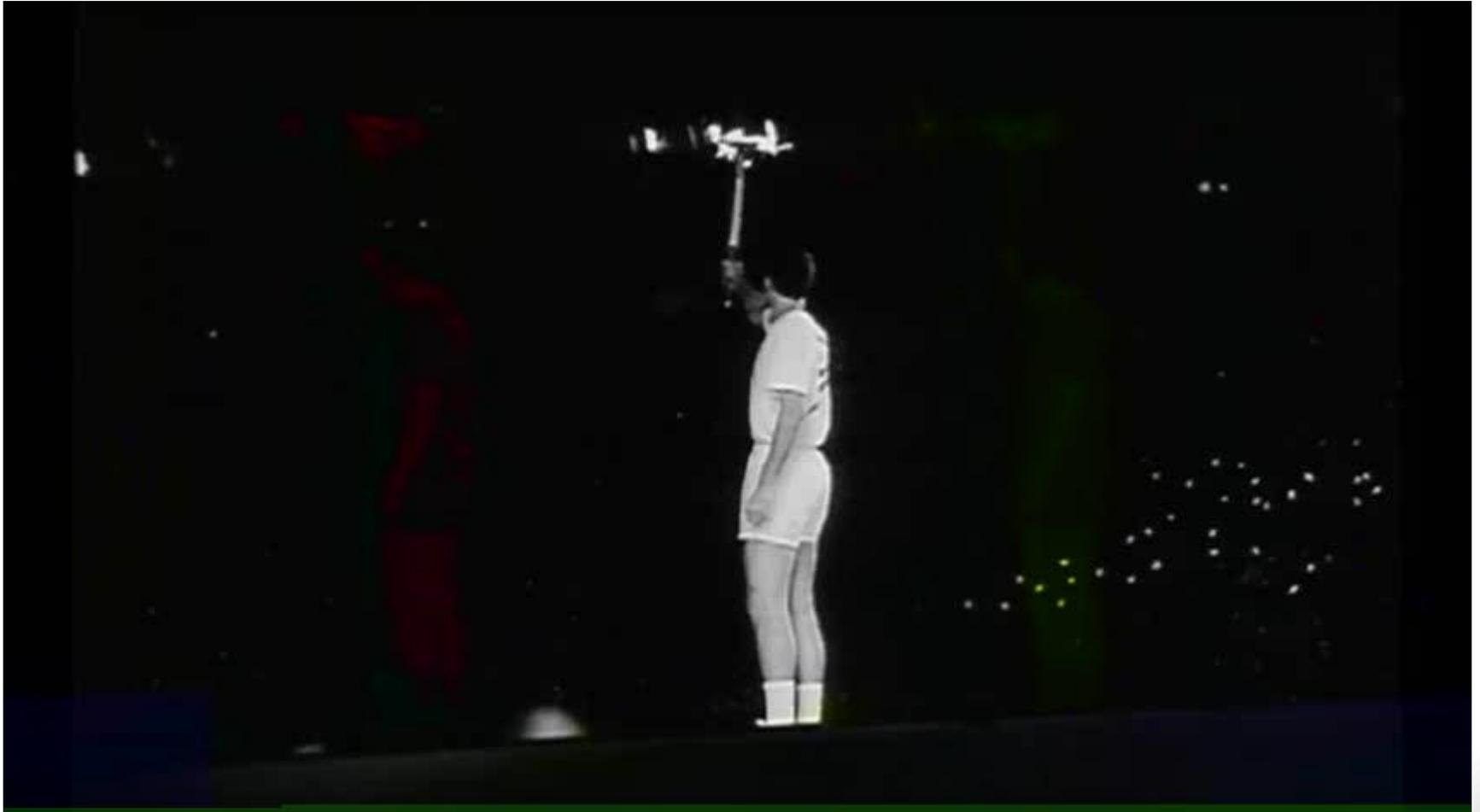


## Resultados



## Conclusiones





### Ecuación tiro parabólico

$$y = y_0 + v_{0y}t - 0,5 * g * t^2$$

### Balance energético

$$E_c = E_i$$

### Energía Elástica cuerda

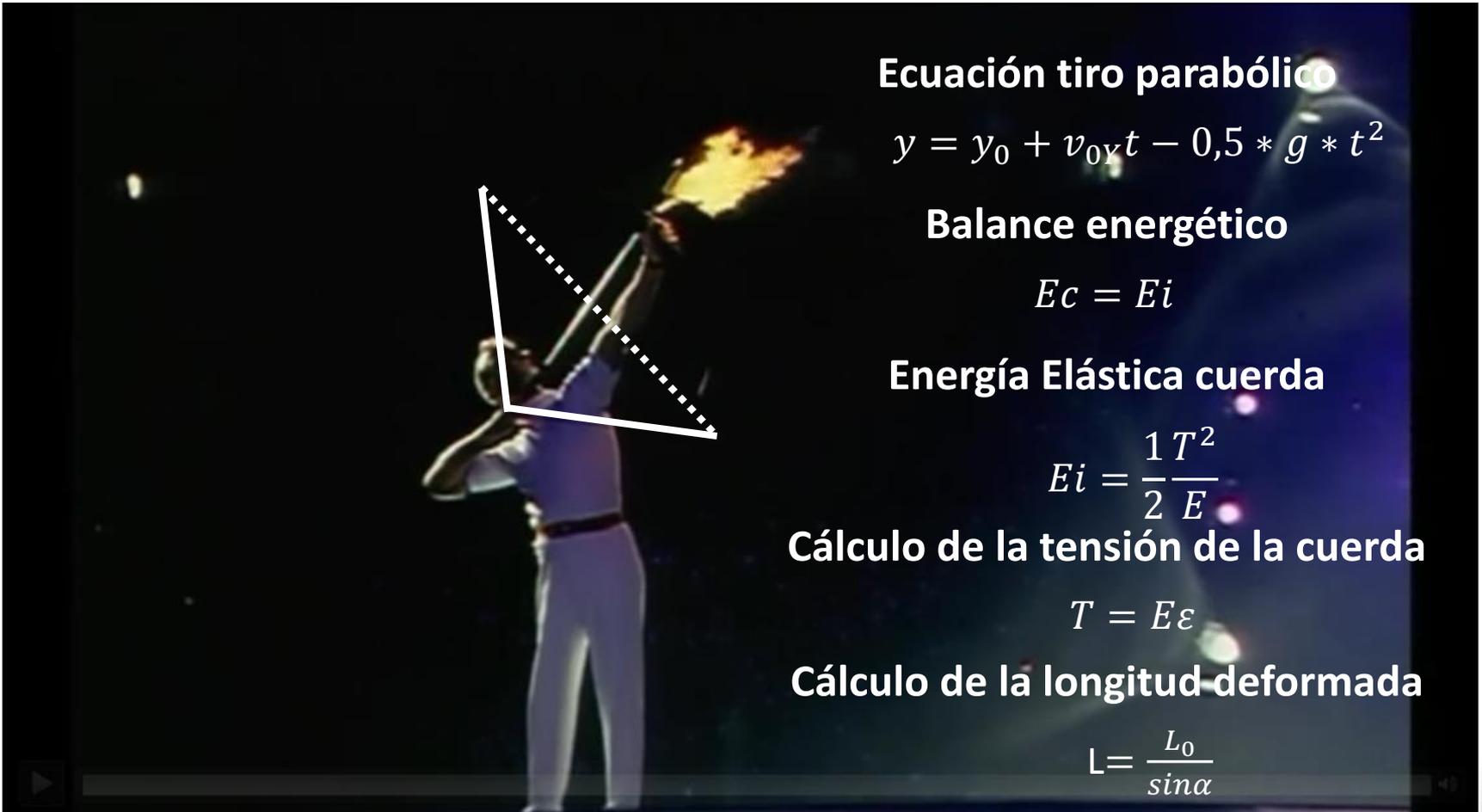
$$E_i = \frac{1}{2} \frac{T^2}{E}$$

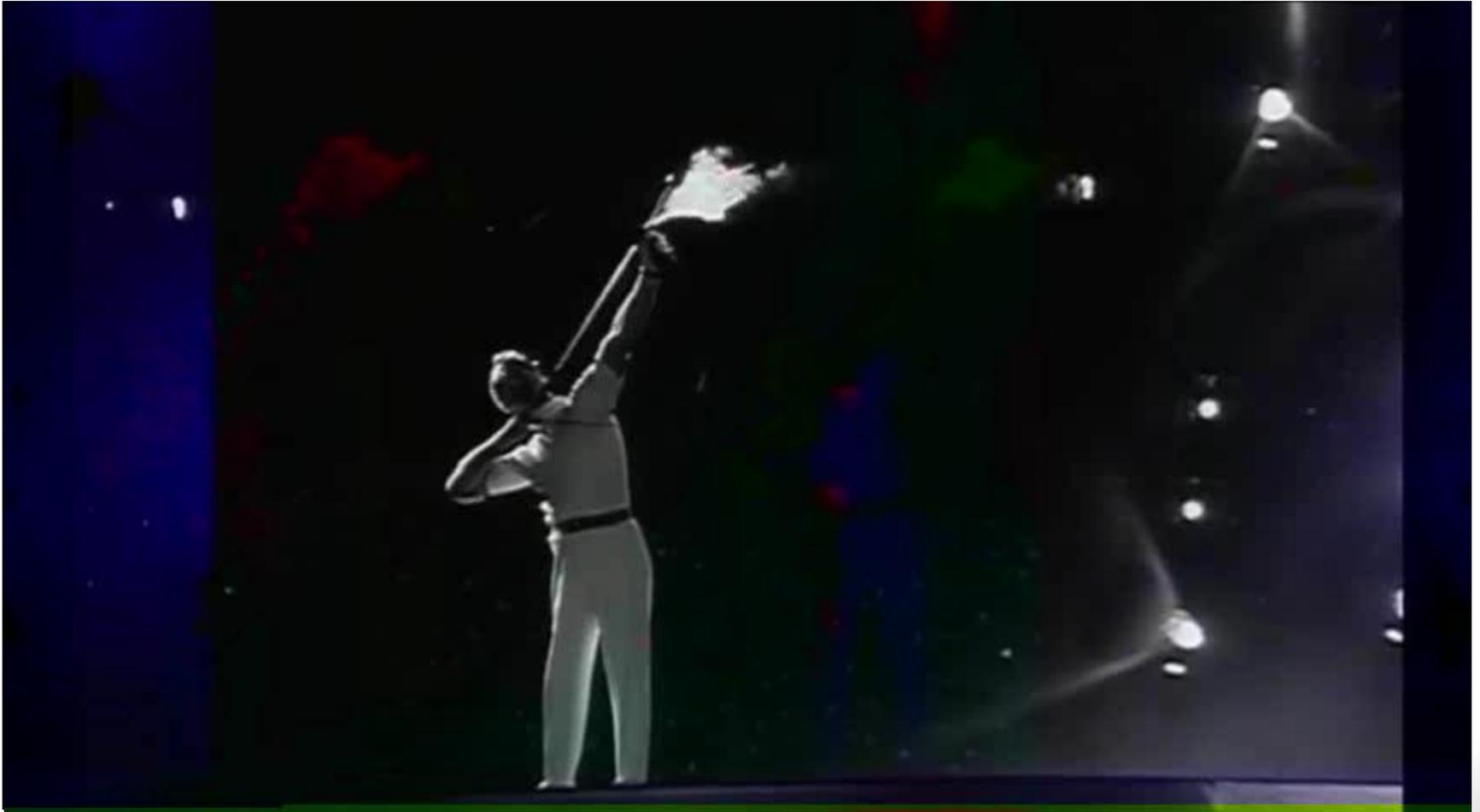
### Cálculo de la tensión de la cuerda

$$T = E\varepsilon$$

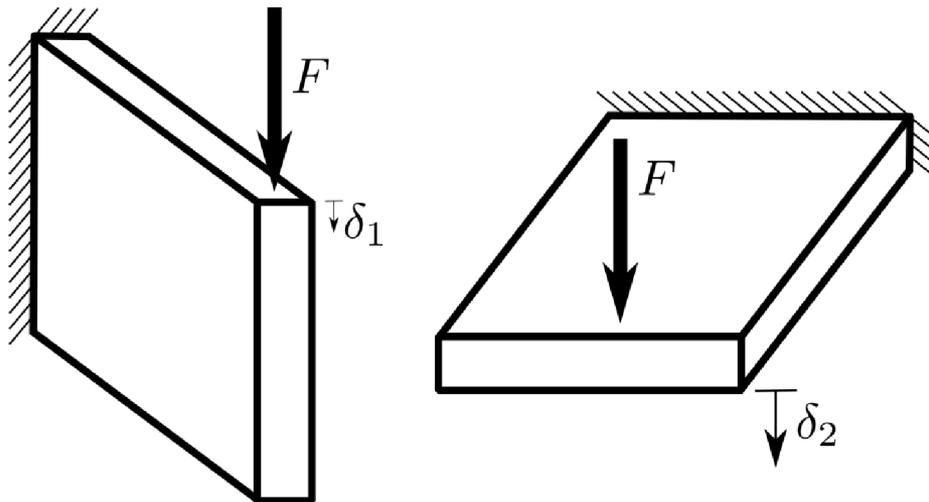
### Cálculo de la longitud deformada

$$L = \frac{L_0}{\sin\alpha}$$





“No basta haber estudiado las teorías resistentes y los procesos de desarrollo de sus cálculos; **es necesario lograr sentir como algo propio, natural y congénito cómo va a trabajar la estructura**, para que aparezca a sus ojos todo eso con la misma claridad y convicción con que prevé el impulso ineluctable que empuja la flecha al salir del arco de la ballesta” **Eduardo Torroja**, *Razón y ser de los tipos estructurales*, 1955.



$$\delta_1 \ll \delta_2$$

$$K_f = \frac{EI_z}{L}$$

$$I_{z1} \gg I_{z2}$$

## Aerospace structure

3º Aerospace engineering

- Vigas de pared delgada
- Teoría de placas
- Materiales compuestos



¿Cómo podemos estudiarlo experimentalmente?

## Impresión 3D

- Modelado por deposición fundida (FDM)

### Ventajas:

- Proceso de diseño rápido y fácil.
- “Sin límites” de diseño.
- Bajo coste.
- Diseño y producción “en directo”

### Ventajas innovación docente:

- Favorece la creatividad.
- Aumentan competencias digitales
- Atractivo e intuitivo
- Interactivo



## Objetivos

Estudio experimental de elementos estructurales fabricados por impresión 3D

- Potenciar la creatividad del alumnado y el autoaprendizaje
- Aumentar el interés por la asignatura mediante el uso de herramientas más atractivas
- Aumentar la formación digital y tecnológica.
- Fomentar la coordinación y el trabajo en equipo.

Y por supuesto...

- Aumentar el conocimiento de las estructuras aeronáuticas combinando los métodos de cálculo tradicionales con las técnicas experimentales.

# ÍNDICE

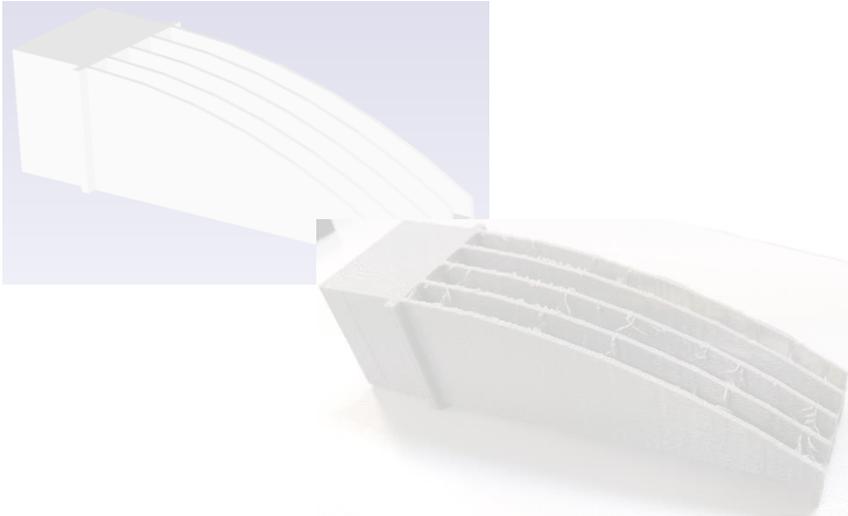
## Introducción



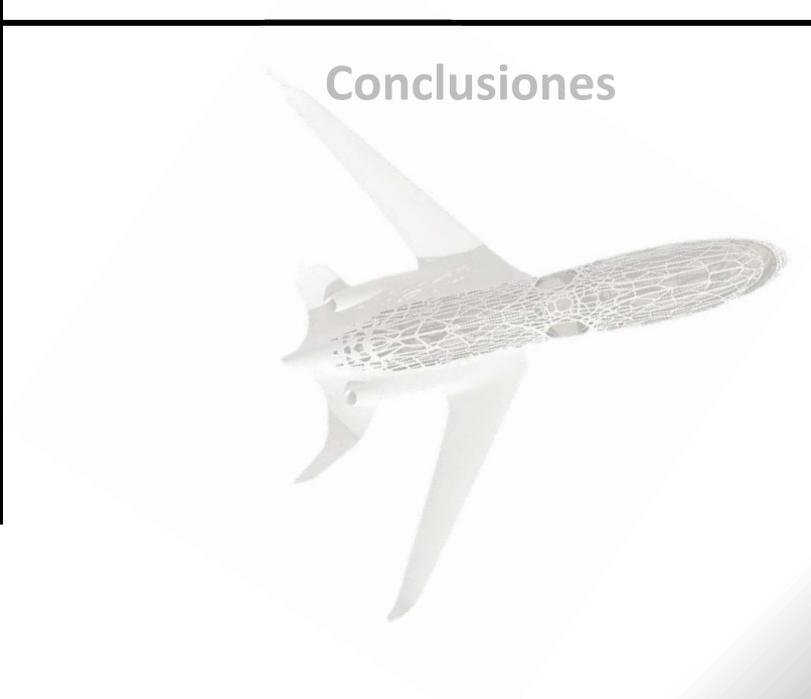
## Desarrollo Proyecto



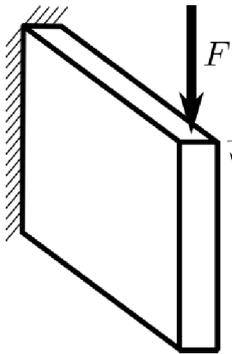
## Resultados



## Conclusiones



## Diseño elemento estructural



**F**  **FreeCAD**  
Open Source parametric 3D CAD modeler



## Generación Instrucciones Impresión 3d



## Test en el laboratorio



## Fabricación en 3D



## Se plantean dos tareas para los alumnos

Fabricación de la viga más eficiente  
en cuanto a relación rigidez-peso



Fabricación una viga que sea capaz  
de explicar un fenómeno interesante  
mediante su comportamiento



# ÍNDICE

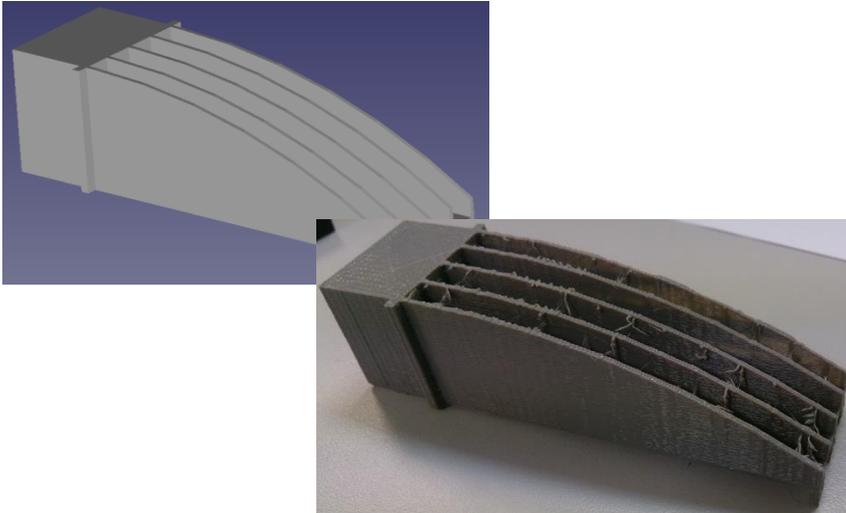
## Introducción



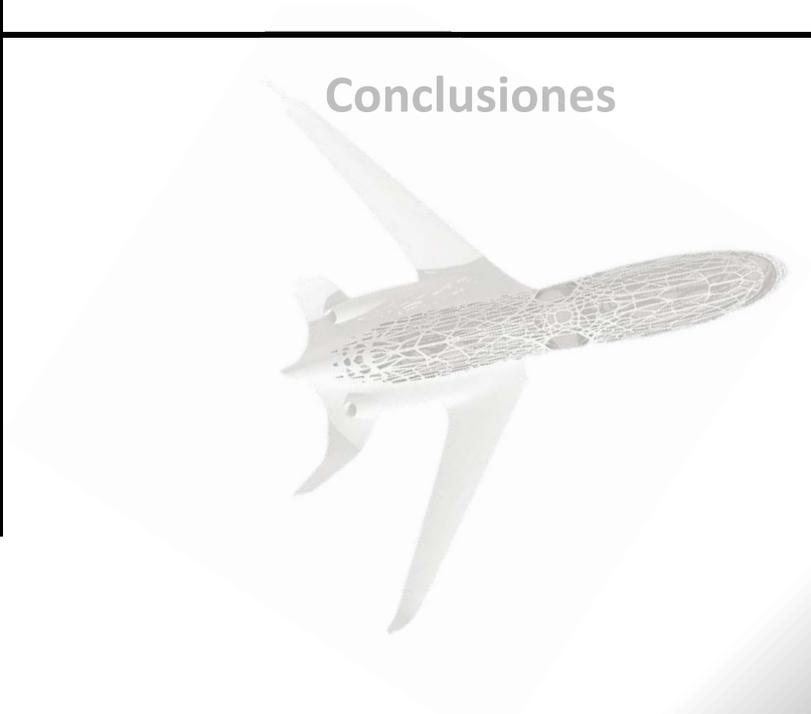
## Desarrollo Proyecto



## Resultados

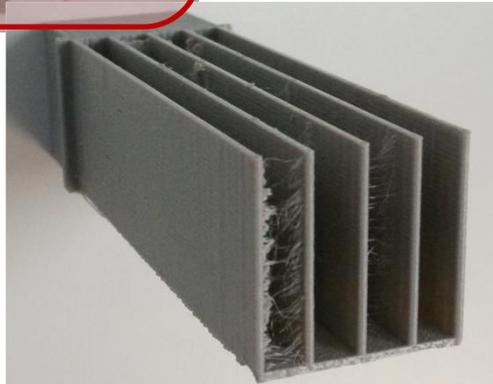
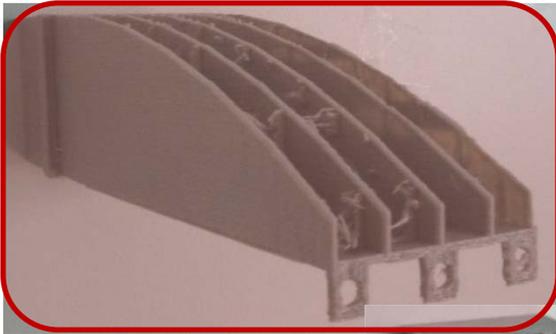


## Conclusiones

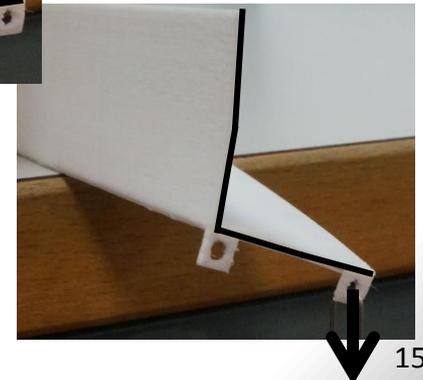
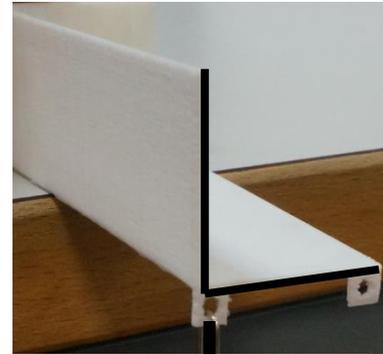


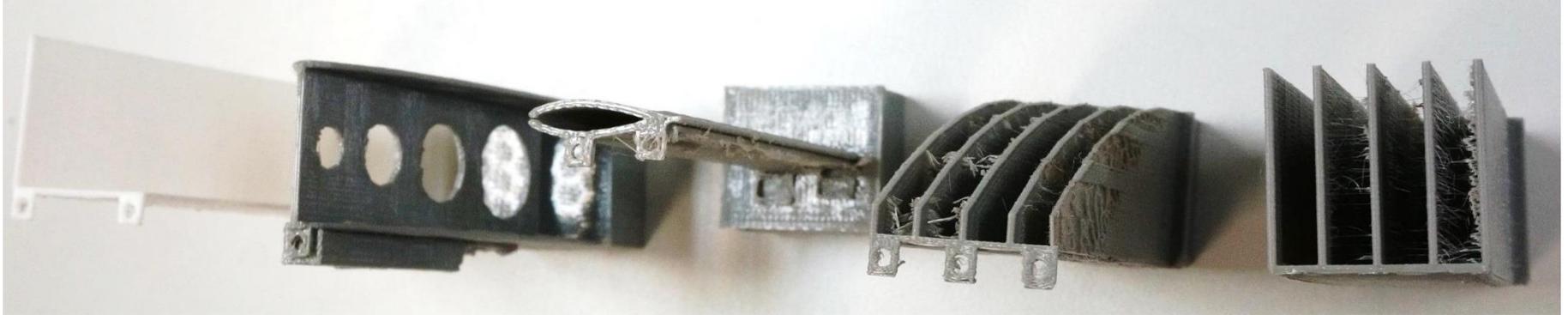
## Se plantean dos tareas para los alumnos

Fabricación de la viga más eficiente  
en cuanto a relación rigidez-peso



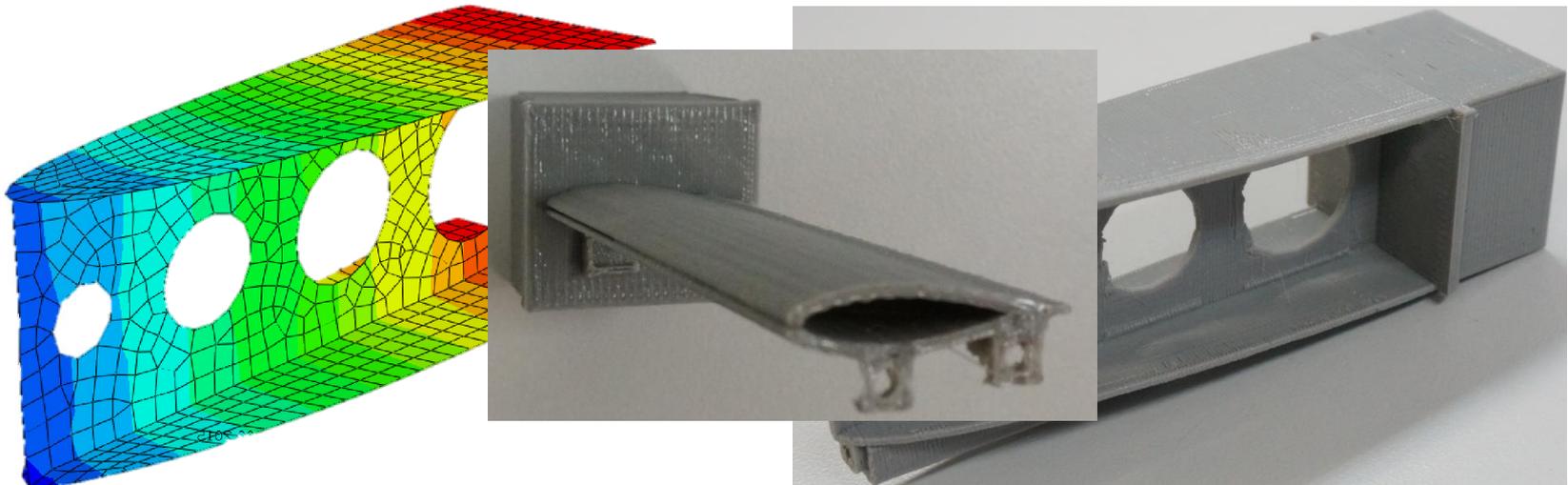
Fabricación una viga que sea capaz  
de explicar un fenómeno interesante  
mediante su comportamiento





- Mejoró la docencia de la primera parte de la asignatura (Vigas de pared delgada).
- Gran capacidad de aprendizaje de las herramientas tecnológicas relacionados con la impresión 3D.
- La asignatura ha sido evaluada de manera muy positiva (4.45/5).
- **Nota media participantes: 5.8 Nota media clase: 4.1**
- **La participación no fue la esperada.**

- Varios alumnos adquirieron impresoras 3D.
- Aumentó el interés por la asignatura y se hizo extensivo a las áreas de investigación del departamento.
- Una viga con perfil NACA
- Los alumnos buscaron maneras alternativas de resolver el problema, como por ejemplo el uso de herramientas numéricas (FEM)



# ÍNDICE

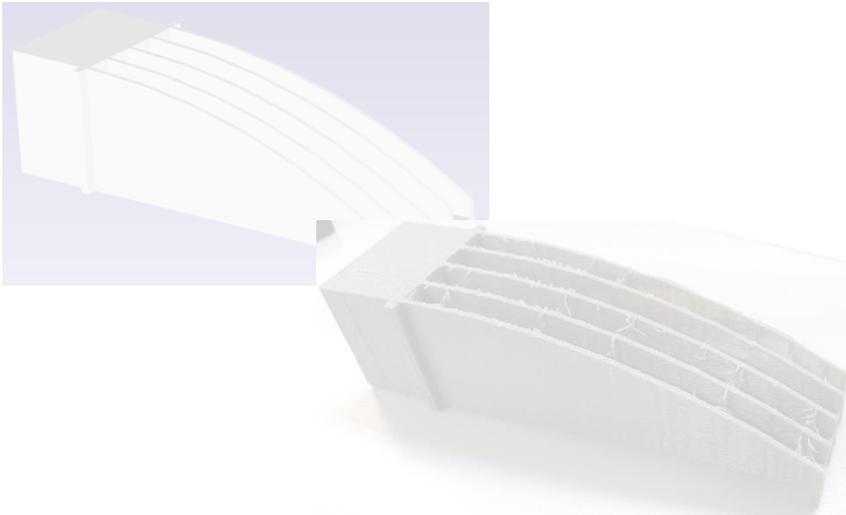
## Introducción



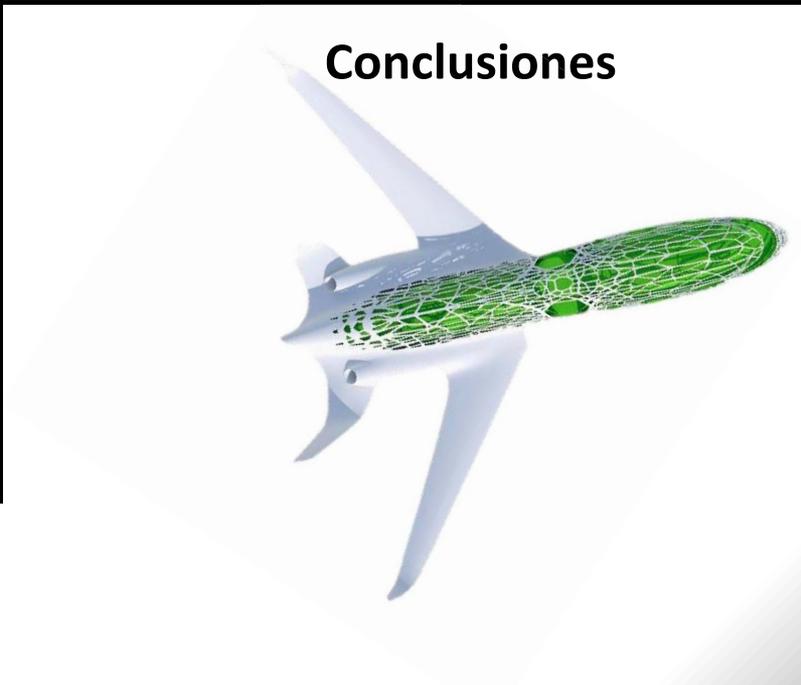
## Desarrollo Proyecto



## Resultados

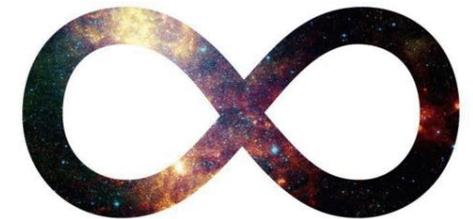
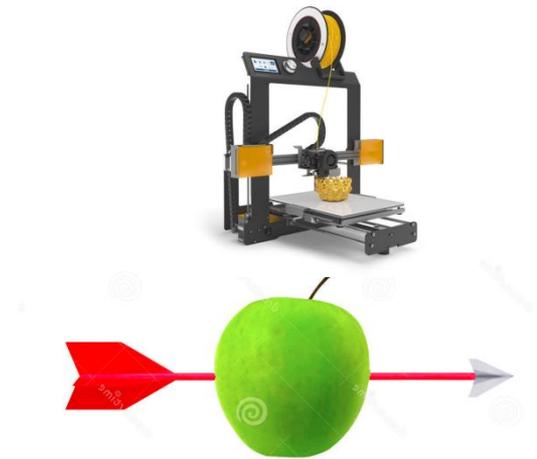


## Conclusiones



## Conclusiones

- Las herramientas de impresión 3D pueden suponer una gran ayuda docente para la mecánica de sólidos.
- Necesidad de combinar los métodos de cálculo con aprendizaje experimental e intuitivo.
- Cambiar el espacio puede suponer un cambio en el proceso educativo (Breaking the code).
- No hay que poner límites al potencial del alumno.



# Airbus presenta el primer avión impreso en 3D del mundo

El fabricante ha presentado la primera aeronave fabricada en una estructura impresa en 3D, que ya ha completado satisfactoriamente pruebas de vuelo





# ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE ESTRUCTURAS AEROESPACIALES FABRICADAS MEDIANTE IMPRESIÓN 3D

*J.A. Artero Guerrero, J. Pernas Sánchez, D. Varas, J. López Puente, C. Santiuste, E. Barbero*



Universidad  
Carlos III de Madrid

*Departamento de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de  
Estructuras*