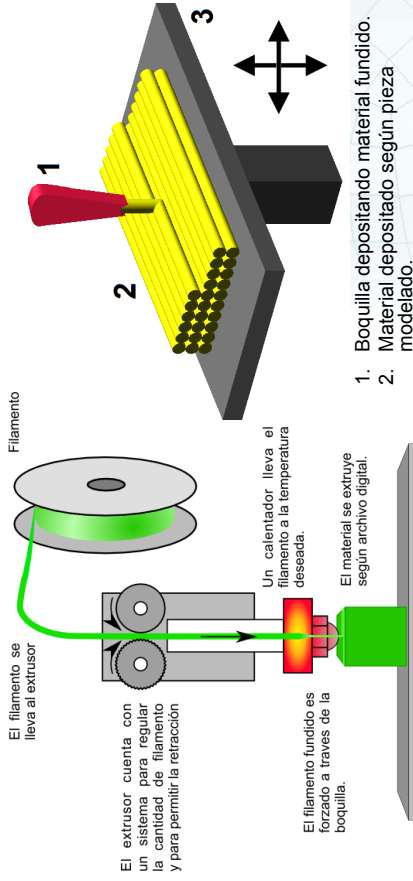


# Laboratorio 3D

de la Escuela Politécnica Superior

Wilco M.H. Verbeeten  
 Grupo de Integridad Estructural  
 Departamento de Ingeniería Civil  
 Área de Mecánica de Medios Continuos  
 y Teoría de Estructuras

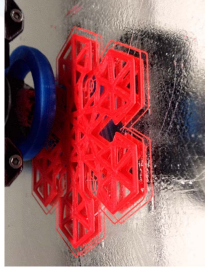
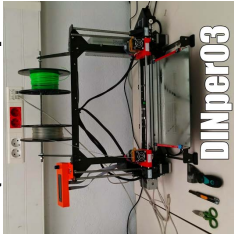
## Impresión 3D mediante FFF



# Laboratorio 3D

## Impresoras 3D:

- **Open-Source**
  - ▶ Acceso a componentes mecánicos.
  - ▶ Acceso a componentes electrónicos.
  - ▶ Acceso a firmware y componentes de control.
- **Fabricación con Filamento Fundido (FFF)**
  - ▶ también llamado Modelado por Extrusión Fundida (Fused Deposition Modeling/FDM™)



## Impresión 3D

### Características de la impresión 3D:

- ▶ **Versatilidad:** infinidad de productos con una misma máquina.
- ▶ **Flexibilidad y prototipado rápido:** imaginación, innovación, iteración para mejora del diseño.
- ▶ **Personalización.**
- ▶ **Reducción de costes:** producción en el lugar.
- ▶ **Herramienta de facilitación para el desarrollo sostenible.**
- ▶ **Series pequeñas.**
- ▶ **Vulneración de los derechos de autor.**
- ▶ **Disminución de puestos de trabajo** ↔ **Nueva industria y sector con nuevos puestos de trabajo.**

## Impresión 3D

### Aspectos ambientales de la impresión 3D:

- ▶ Producción local, a pequeña escala y a medida ↔ producción en masa y a distancia.
- ▶ Producción a demanda en poco tiempo ↔ Acumulación en stock (posible caducidad).
- ▶ Sustitución de piezas estropeadas (reparación) ↔ obsolescencia prematura (desechos).
- ▶ Consumo colaborativo (distribución por internet) ↔ dependencia de fabricantes y distribuidores.
- ▶ Alto consumo de energía por impresora ↔ optimización de producción en masa.
- ▶ Alto nivel contaminante de los materiales (plásticos) ↔ control de la contaminación en sistemas productivos.
- ▶ Dependencia de materiales plásticos (combustibles fósiles, impacto ambiental) ↔ variación de materiales.

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

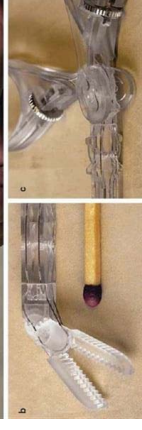
23/ mar/ 2017/ 5



## Aplicaciones Impresión 3D

### Sector salud:

- ▶ Utillajes médicos.
- ▶ Herramientas de cirugía.



Fuente: 3dprint.com

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

xxx

23/ mar/ 2017/ 6



Fuente: 3D Printing Industry

## Aplicaciones Impresión 3D

### Sector salud:

- ▶ Utillajes médicos.
- ▶ Herramientas de cirugía.
- ▶ Prótesis personalizado.
- ▶ Formación.



Fuente: Medical Daily



Fuente: Proyectos 3D

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

xxx

23/ mar/ 2017/ 7



## Aplicaciones Impresión 3D

### Sector aeronáutica:



Fuente: 3ders.org

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

xxx

23/ mar/ 2017/ 8



Fuente: 3ders.org



## Aplicaciones Impresión 3D

### Sector automoción:

- ▶ Prototipado rápido: acortar ciclos de desarrollo de componentes.
- ▶ Repuestos para modelos descatalogados.



Fuente: 3ders.org



Fuente: 3ders.org

xxx

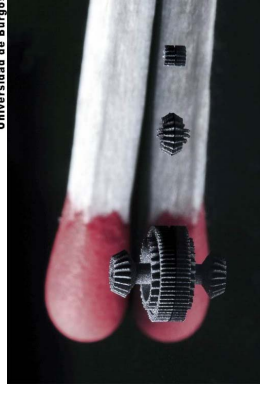
Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 9

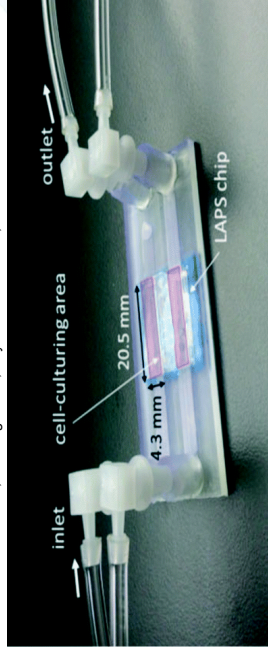


## Aplicaciones Impresión 3D

### Precisión y laboratorio:



Fuente: ResearchGate, Takenaga et al., Phys. Status Solidi A, 2015



Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 10

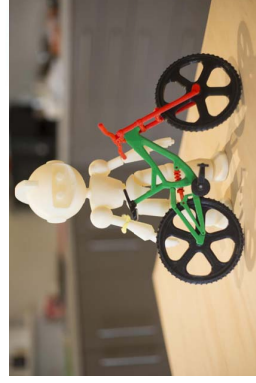
Fuente: 3ders.org

## Aplicaciones Impresión 3D

### Juguetes y artillugios:



Fuente: Thingiverse



xxx

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 11



## Laboratorio 3D

### Investigaciones en la Impresión 3D por FFF:



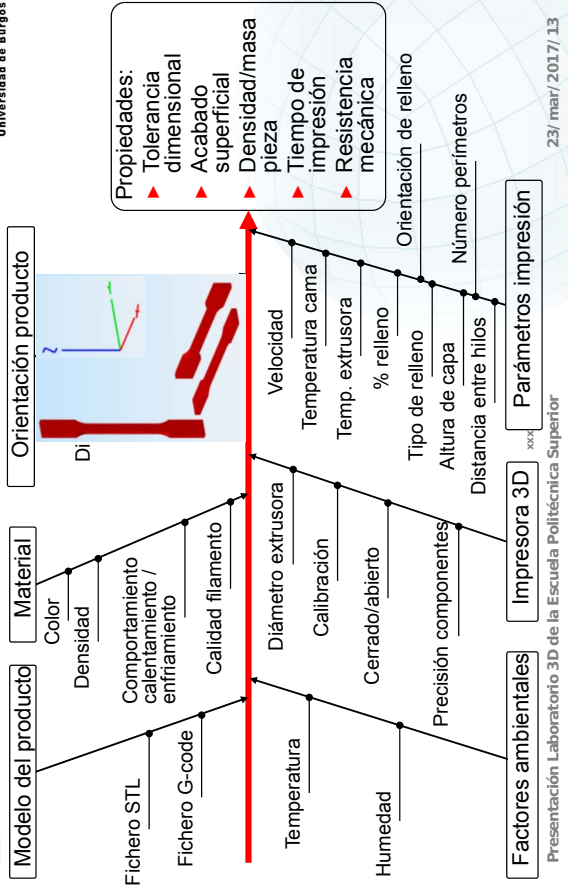
- **DINper: Diseño Inclusivo Personalizado**
  - ▶ Diseño de piezas para fines específicos (discapacidad, educación, salud, envejecimiento).
- **Propiedades del producto impreso**
  - ▶ relación material/proceso/propiedades
- **Control de la impresora y su entorno**
  - ▶ sensores, ajustes
- **Conversión de diseño al producto/proceso**
  - ▶ programación G-Code

xxx

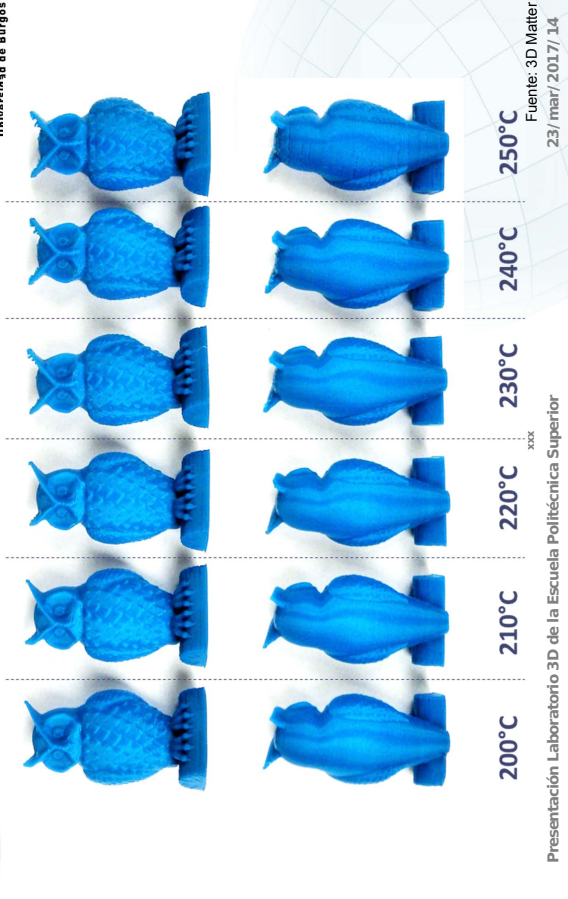
Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 12

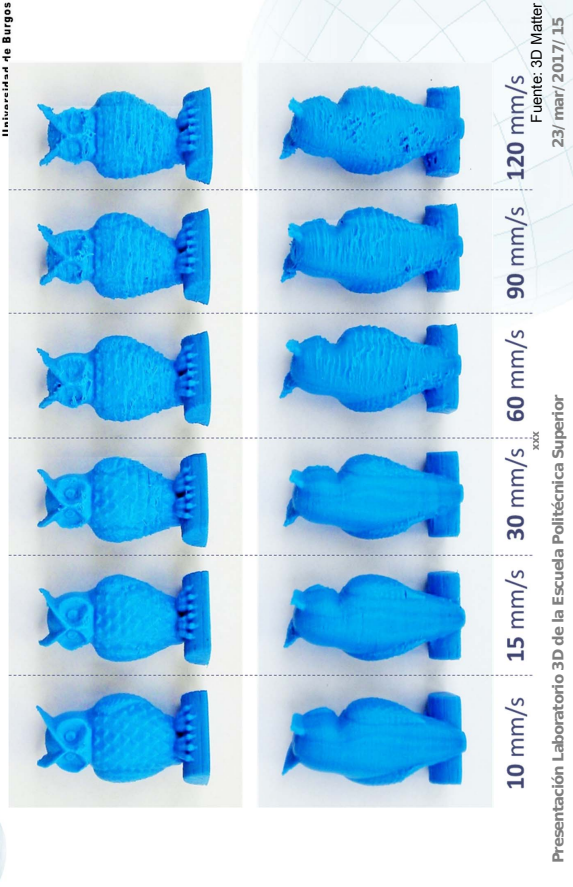
# Influencias Impresión 3D



# Influencias Impresión 3D



# Influencias Impresión 3D



# Comportamiento curioso de plásticos

**Monómero etileno**

C=C

**Molécula polietileno**

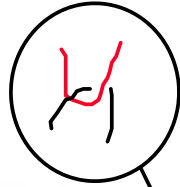
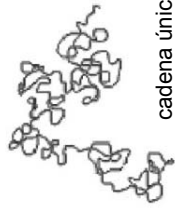
[-CH2-CH2-]\_n

Una molécula típica de polietileno tiene 10.000 átomos de carbono en su cadena principal

escala de longitud:  
1 átomo C = pelota de tenis  
polietileno ≈ 30 km  
ADN ≈ 60.000 km

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior  
xxx





cadenas enmarañadas



xxx

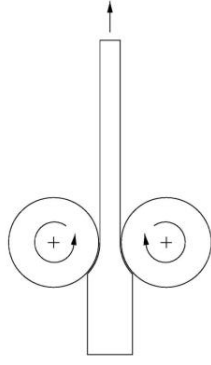
Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 17



pre-deformación por laminado

un ejemplo curioso



procedimiento:

- PS 30% reducción de espesor

Fuente: Govaert et al., 2003

poliestireno PS

xxx

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

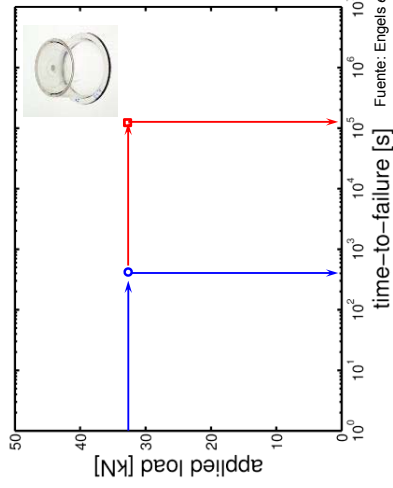
23/ mar/ 2017/ 18



Copa de policarbonato moldeada por inyección

Temperatura molde: 30°C

evaluación mecánica: carga de fuerza constante 33kN



Fuente: Engels et al., 2009

xxx

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

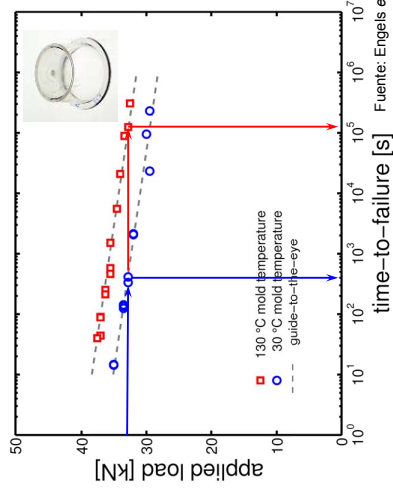
23/ mar/ 2017/ 19



Copa de policarbonato moldeada por inyección

Temperatura molde: 30°C

evaluación mecánica: carga de fuerza constante



Fuente: Engels et al., 2009

factor de diferencia en propiedades mecánicas: ±250

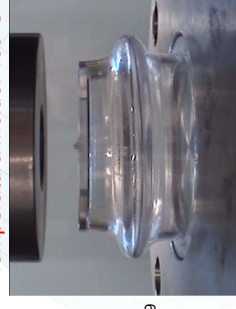
xxx

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 20

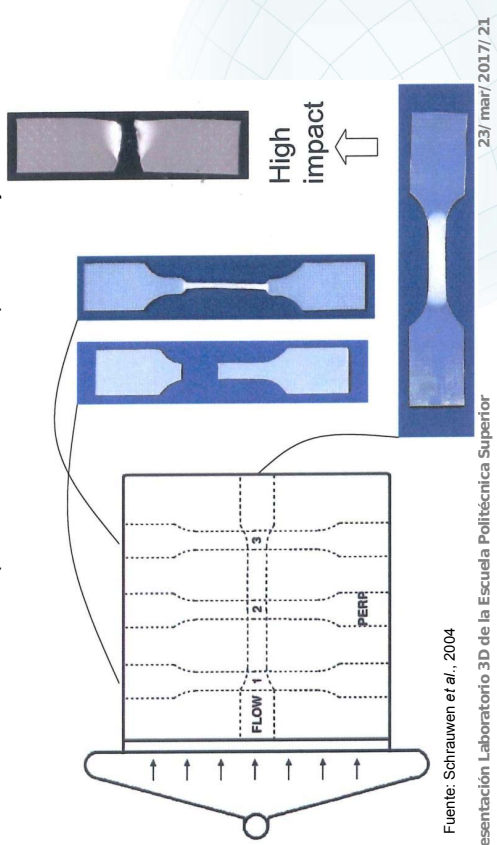


Temperatura molde: 130°C



Placa de polietileno moldeada por inyección

**evaluación mecánica:** comportamiento en diferentes posiciones y orientaciones



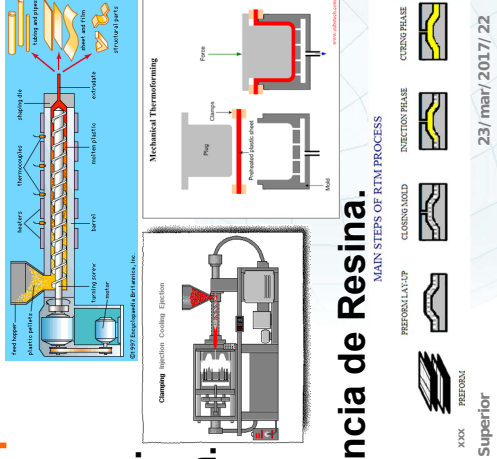
Fuente: Schrauwen et al., 2004

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 21

**Relación proceso-propiedades:**

- Impresión 3D.
- Moldeo por extrusión.
- Moldeo por inyección.
- Termo-conformado.
- Moldeo por Transferencia de Resina.
- Etc.



Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 22

**Laboratorio MMC**

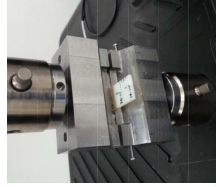
1) Herramientas experimentales  
 Compresión



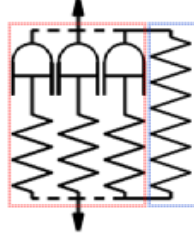
Tracción



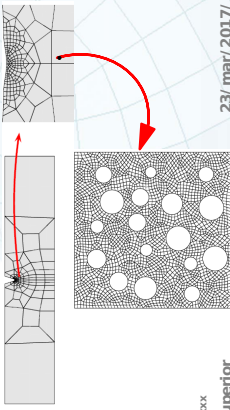
Compresión planar



2) Herramientas numéricas  
 Modelos numéricos



Simulaciones numéricas



xxx

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 23



**Profesores:**

- César Represa Pérez (Electrónica)
- José María Cámara Nebreda (Electrónica)
- Beatriz Núñez Angulo (Didáctica)
- Pedro Luis Sánchez Ortega (Electrónica)
- José Antonio Gómez Monedero (Didáctica)
- Rosa Santamaría Conde (Didáctica)
- Miriam Lorenzo Bañuelos (Mecánica)
- Wilco M.H. Verbeeten (MMC)

Presentación Laboratorio 3D de la Escuela Politécnica Superior

23/ mar/ 2017/ 24