

# Plásticos y Materiales Compuestos de Matriz Orgánica

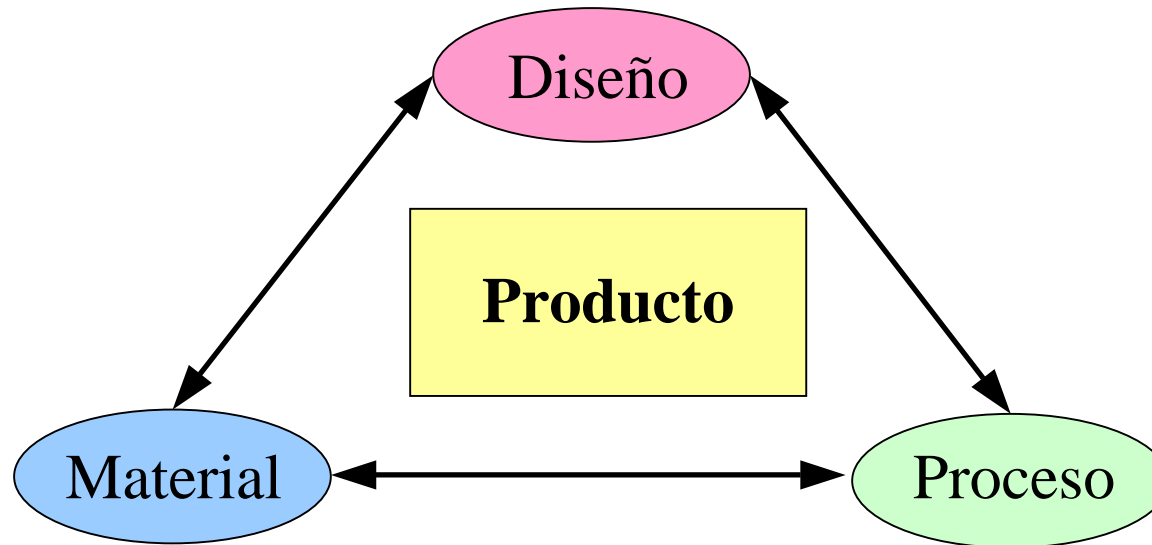
**Departamento de Mecánica**

Loramendi 4  
20500 Arrasate-Mondragón  
Guipúzcoa  
[www.mondragon.edu](http://www.mondragon.edu)

*Germán Castillo López*

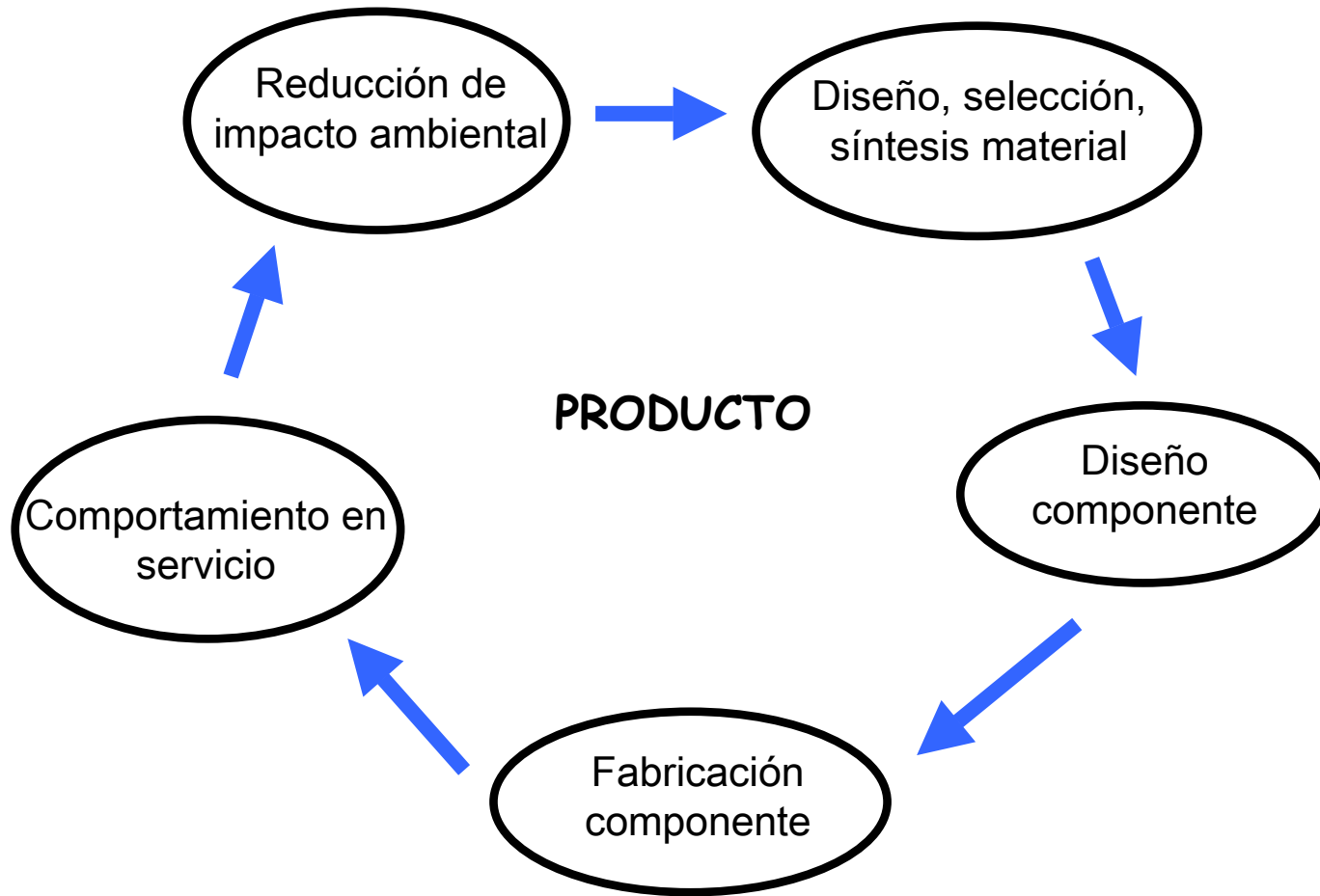
*[gcastillo@eps.mondragon.edu](mailto:gcastillo@eps.mondragon.edu)*

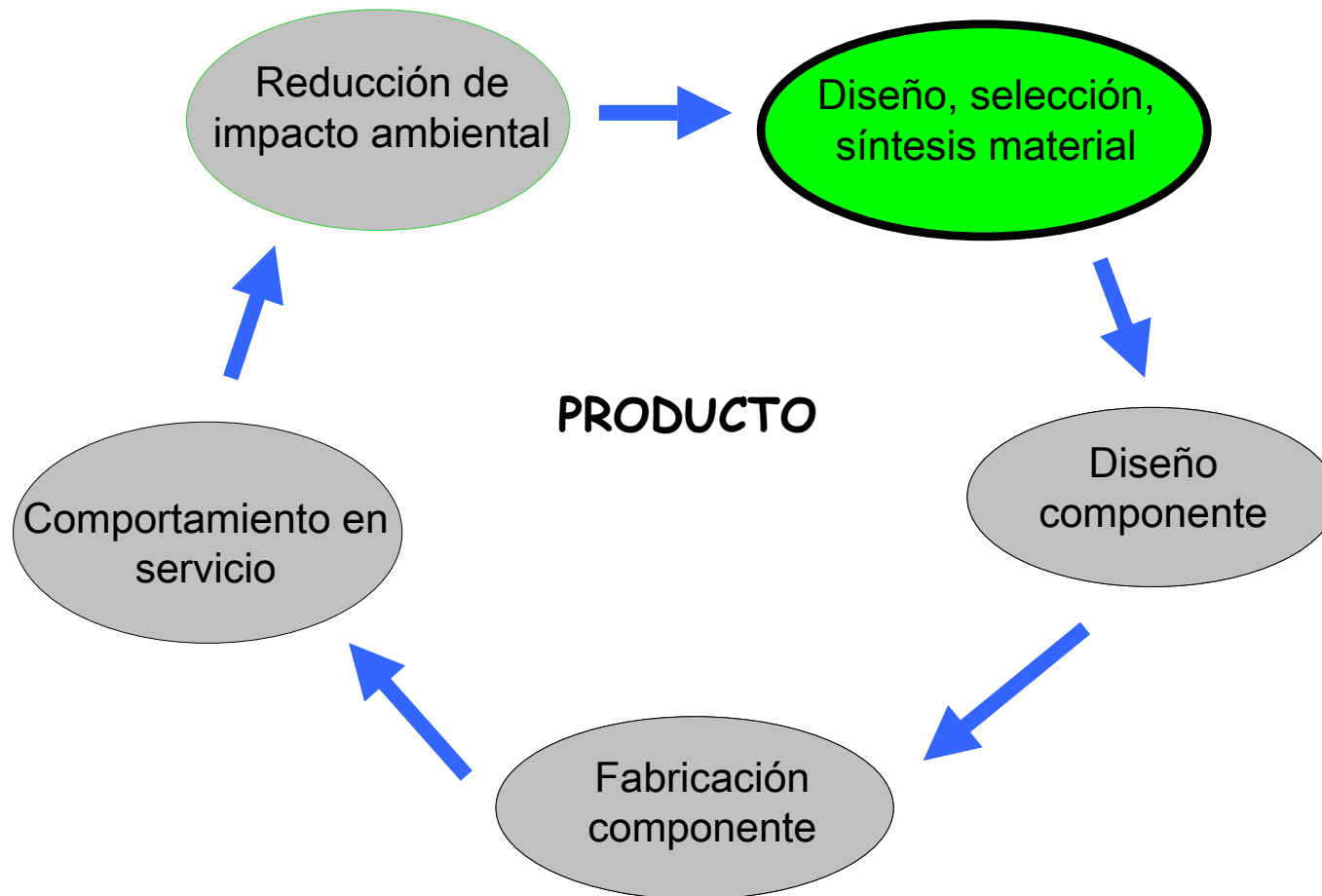
*15 Noviembre 2006*

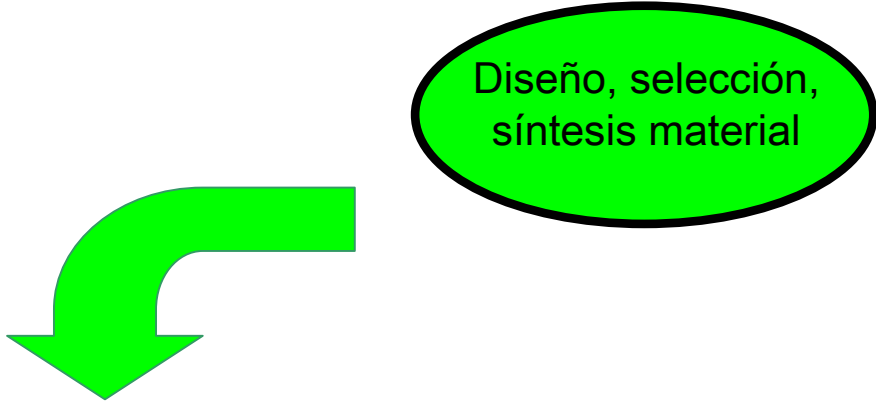


**Equipo pluridisciplinar trabajando desde 1994**  
5 doctores (2 químicos, 1 físico y 2 ingenieros)  
4 ingenieros  
4 doctorandos  
colaboradores (P.F.C.)

*Caracterización mecánica de materiales plásticos, compuestos y multi-material (materia prima y procesada), y concepción de piezas estructurales.*





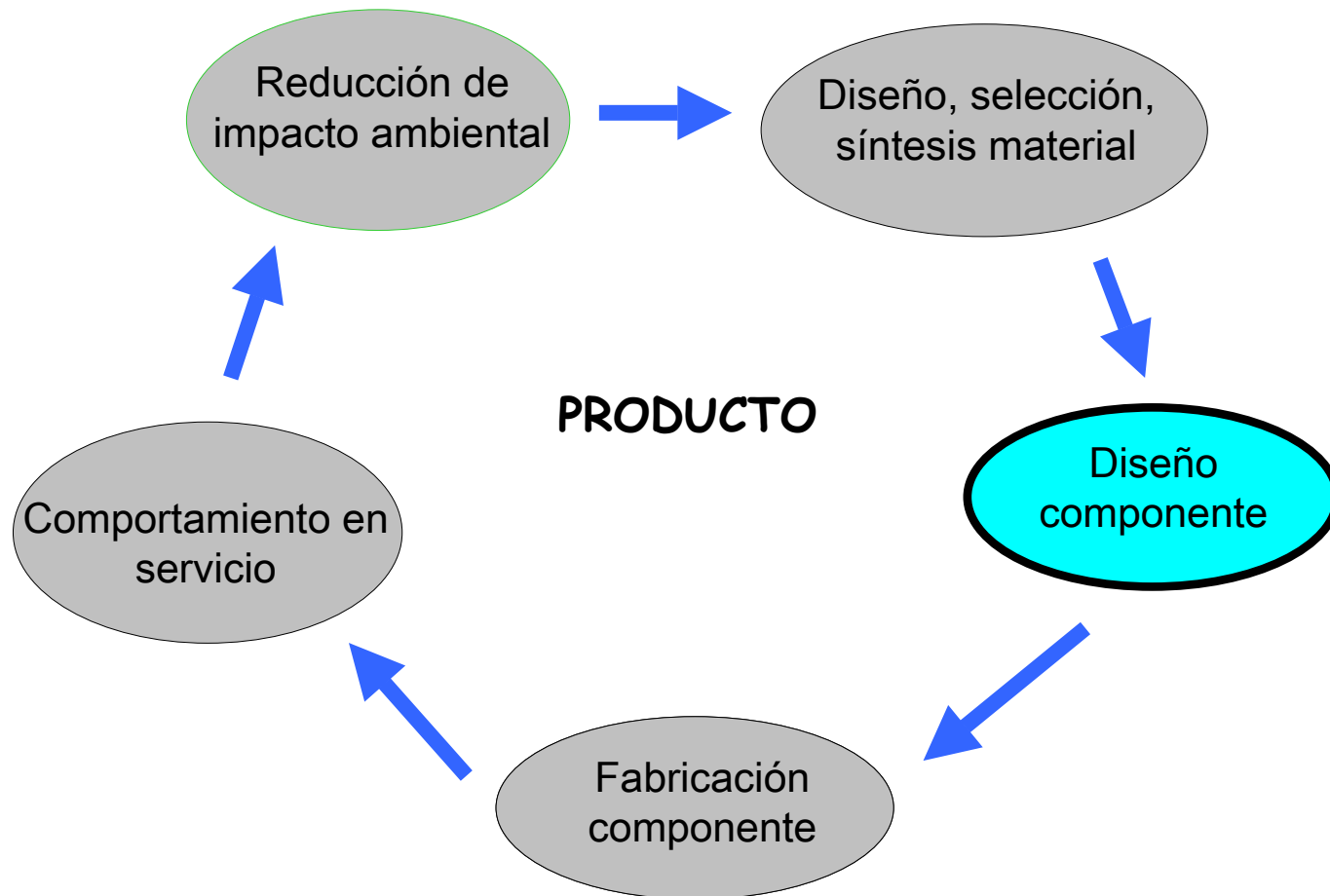


Diseño, selección,  
síntesis material

Diseño y selección de compuestos, multimateriales

Síntesis de materiales:

- Centre Català del Plàstic
- KULeuven
- Cidetec

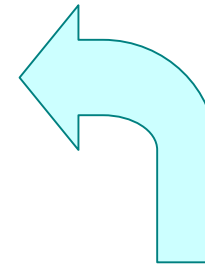


Búsqueda de nuevos mercados

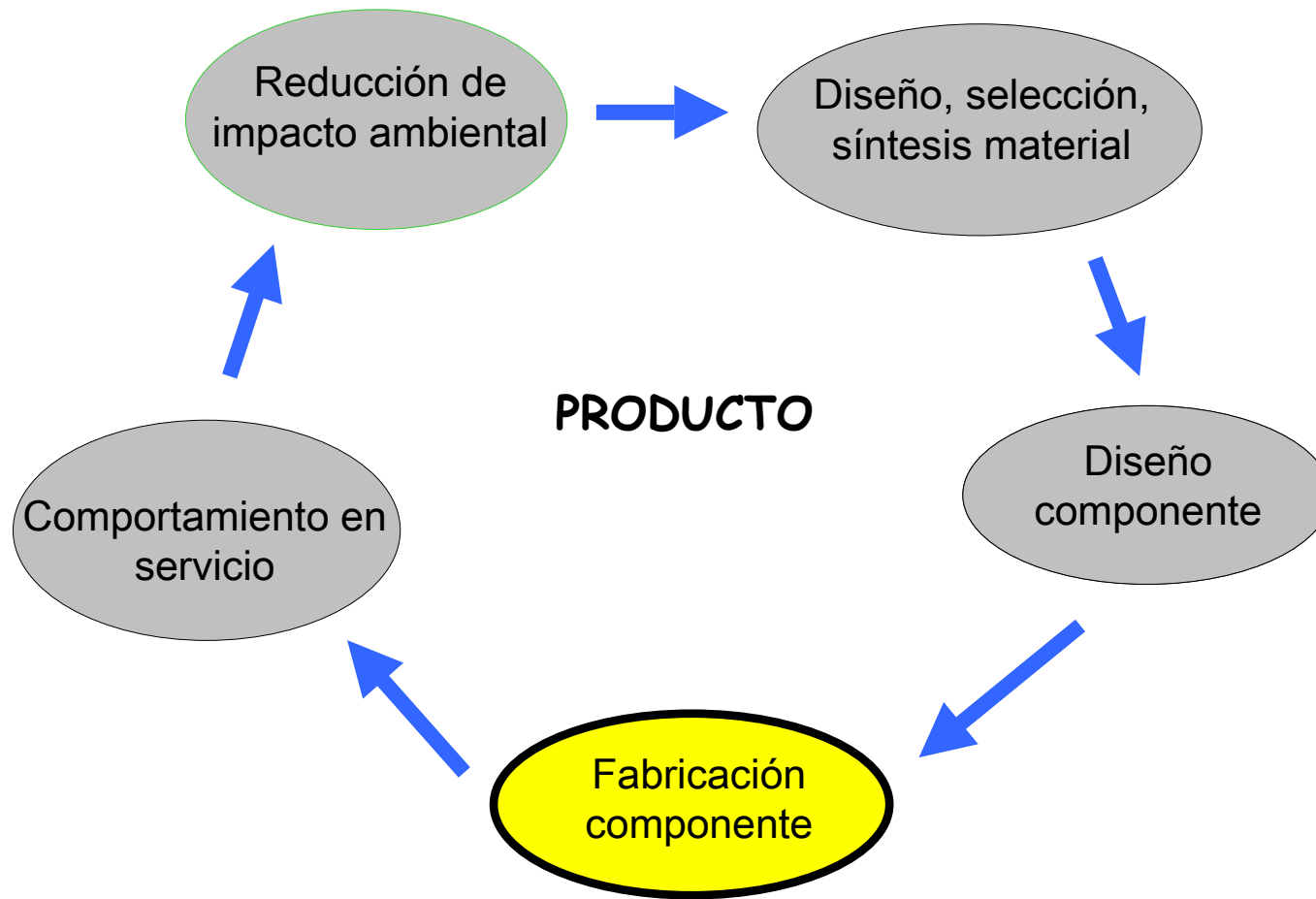
Modelizado (caracterización/leyes de comportamiento /simulación)

Aligeramiento y optimización de estructuras, fluencia, impacto, fatiga.

Desarrollo de estructuras multifuncionales



**Diseño  
componente**



Procesos tradicionales

Bolsa de vacío

RTM

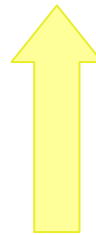
Pultrusión

F.W

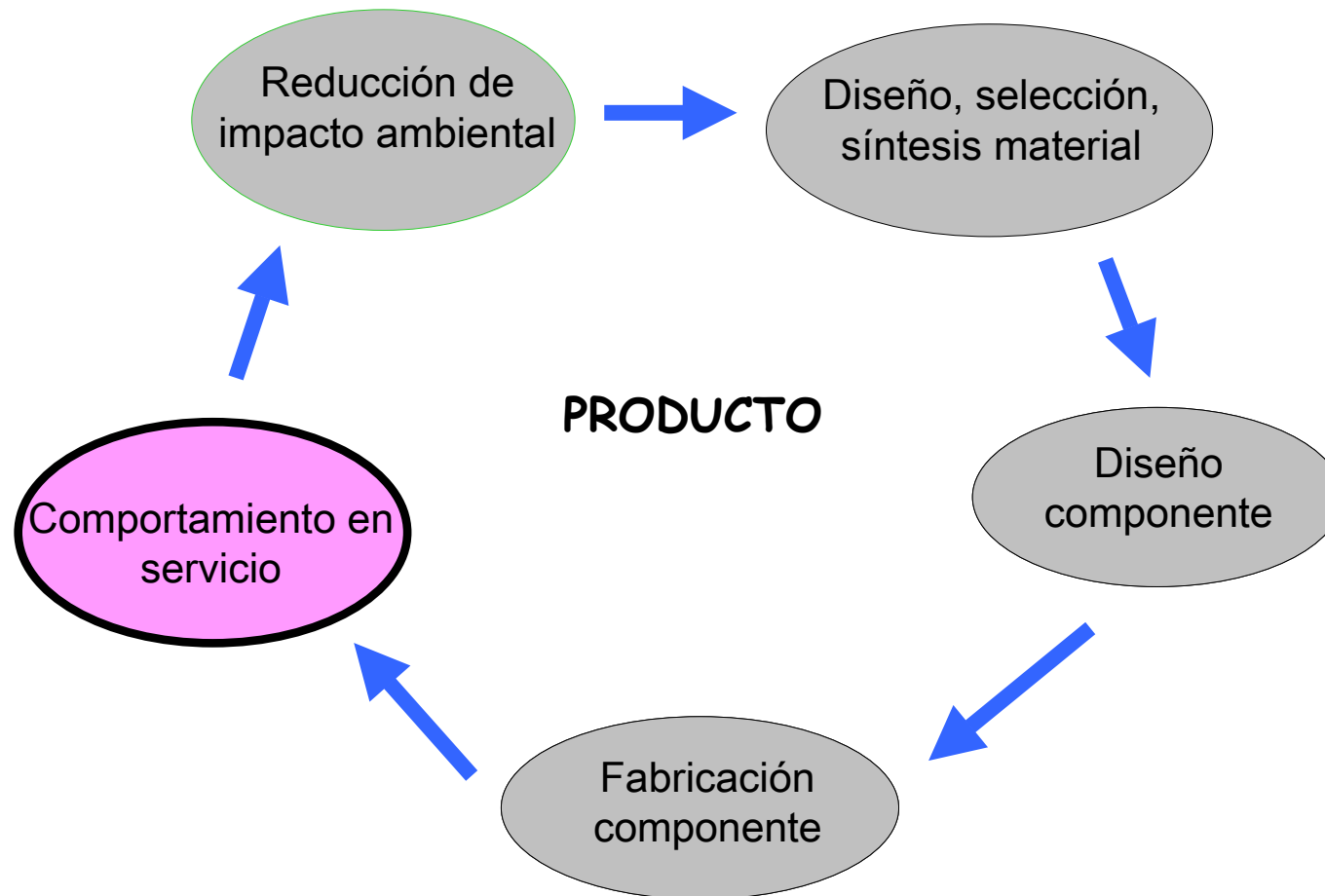
Procesos modificados → Evo-RTM

Relación parámetros de procesado-características

Desarrollo de maquinaria para la Automatización de procesos.



Fabricación  
componente

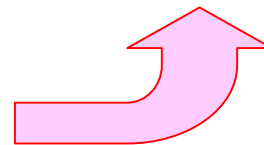
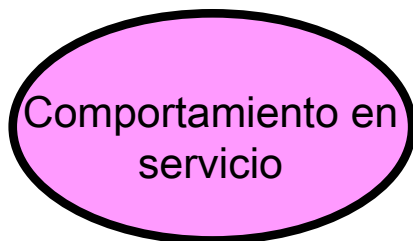


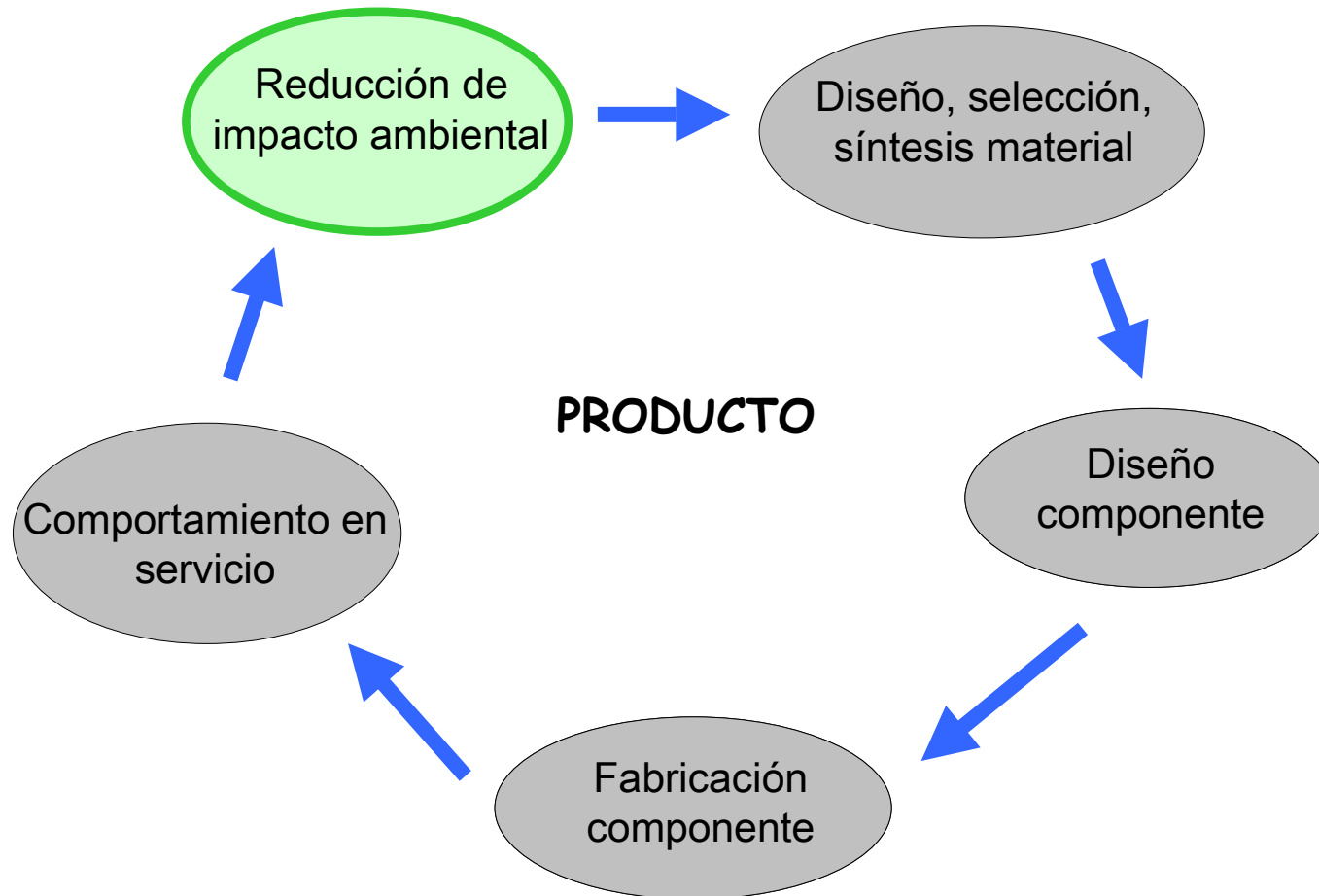
Caracterización del material

Monitorizado del comportamiento en servicio

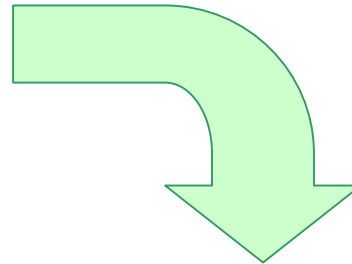
Modelizado y simulación del comportamiento

- impacto
- fluencia
- fatiga: KULeuven





Reducción de  
impacto ambiental



Procesos de reciclado por disolución (PP y ABS)

Revalorización de materiales en fin de vida de producto

\* PP reciclado

\* WPC

CCP/UPC  
UNIVERSITÉ DE BORDEUX (Francia)  
IDEKO  
IKERLAN  
GAIKER  
UPV/EHU  
CIDETEC  
KU Leuven  
LABPLAST (Universidade da Coruña)

Miembros de las siguientes asociaciones:

- AEMAC (Asociación Española de Materiales Compuestos)
- GEF (Grupo Español de Fractura)
- GEP (Grupo Especializado en Polímeros de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química)
- ASEFCA (Grupo Científico-Técnico Español sobre adhesión y adhesivos)

Miembro participante del Proyecto Materiales Inteligentes (ACTIMAT) del programa ETORTEK del G.V

Coordinador del subproyecto estratégico de Polímeros Emergentes (POLEMER) dentro del proyecto estratégico Materiales y Manufacturing del PCyT de MCC (05-08)

## PROYECTOS DE I+D+I

- Proyectos de I+D+I bajo contrato
- Proyectos enmarcados en Programas Nacionales, Europeos e internacionales de Investigación y Desarrollo

## FORMACIÓN Y DIFUSIÓN

- Cursos a medida del cliente
- Cursos estándares de formación
- Jornadas y seminarios

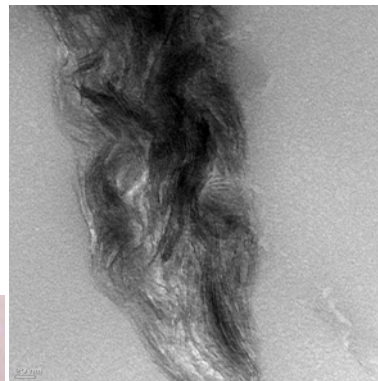
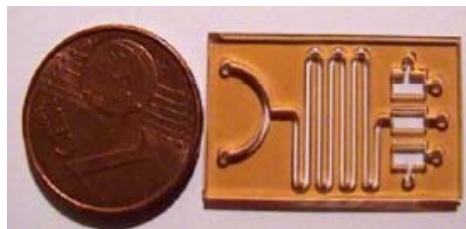
## ASISTENCIA TÉCNICA

- Caracterización física y mecánica de materiales
- Diseño y cálculo de piezas poliméricas y/o multifuncionales
- Ensayos de caracterización de demostradores

Diseño, selección,  
síntesis material

## Nanocomposites para microsistemas

**Objetivo:** desarrollo de nanocomposites basados en polimetacrilato de metilo (PMMA) y montmorillonita (aluminosilicato de estructura laminar y relación de aspecto 1:1000) para la microinyección de piezas (peso del orden de miligramos, dimensiones de tan sólo unos pocos milímetros y detalles en el rango de micras) de altas prestaciones mecánicas (elevado módulo elástico, tensión de rotura e impermeabilidad a los gases).



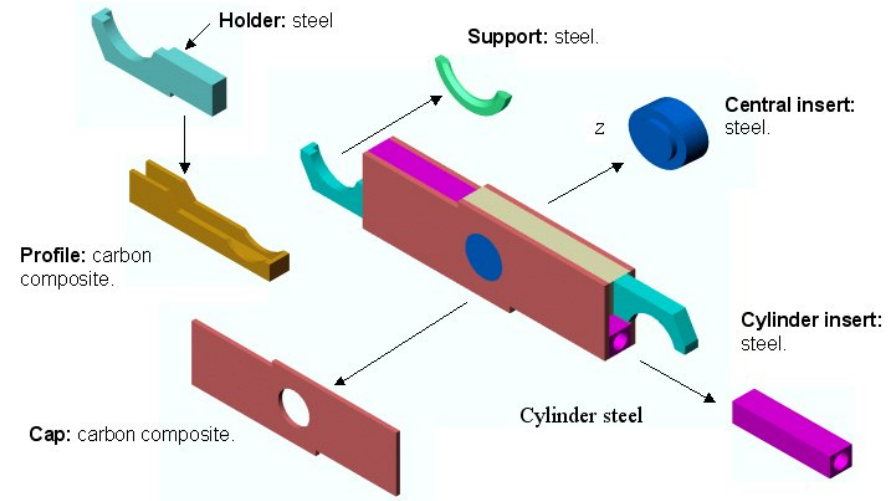
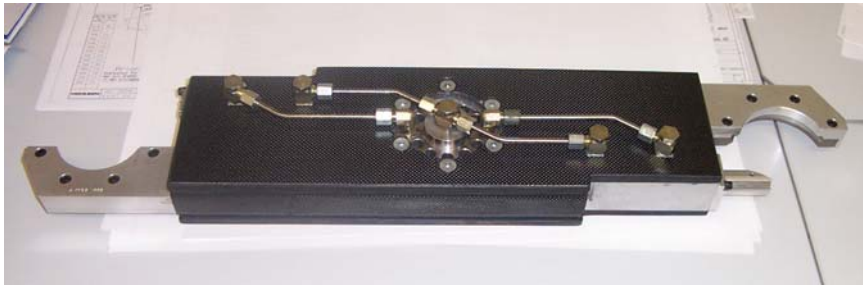
## Diseño componente

## Aplicación a Máquina Herramienta

Mejora de la productividad en  
Máquina Herramienta

Reducción del tiempo de mecanizado  
Reducción de tiempos improductivos

Optimización del diseño  
Disminución de inercias



Cambiador actual en acero 33.55 kg

Cambiador multimaterial 12.93 kg

Colaboración con el LGM<sup>2</sup>B  
de Université de Bordeaux I

Fabricación  
componente

## Materiales alternativos (matriz termoplástica)

Puesta a punto del proceso de RTM para termoplásticos (parámetros de procesamiento, cinéticas de polimerización...)

Comparación de propiedades CF-TP frente a CF-epoxy (propiedades estáticas, impacto, fatiga...)

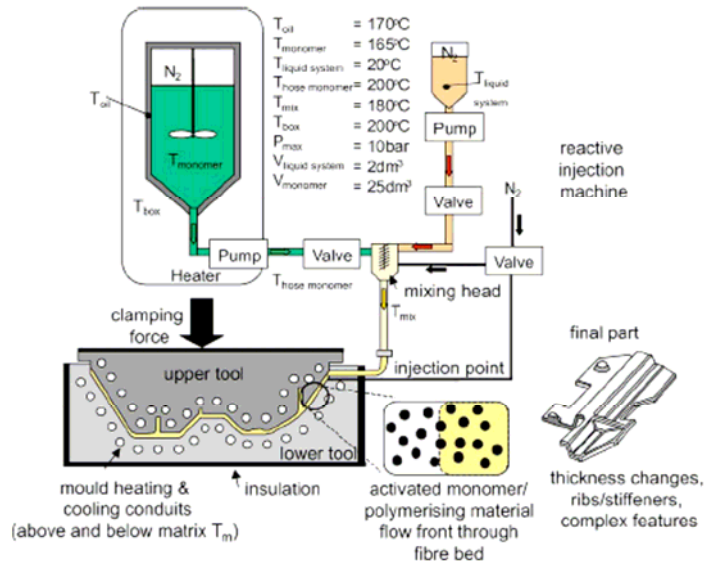
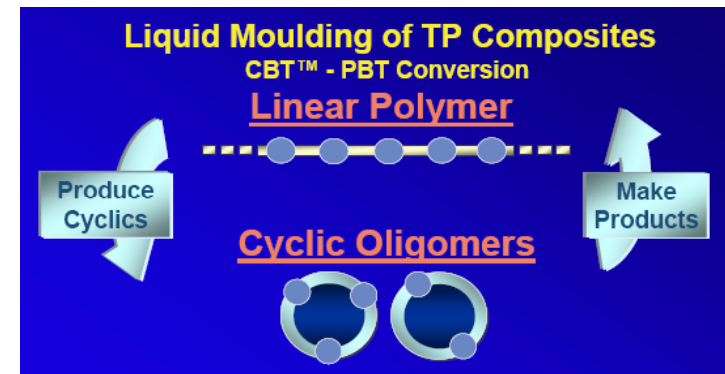


Fig. 3. Description of the resin transfer moulding injection unit for thermoplastic [28].

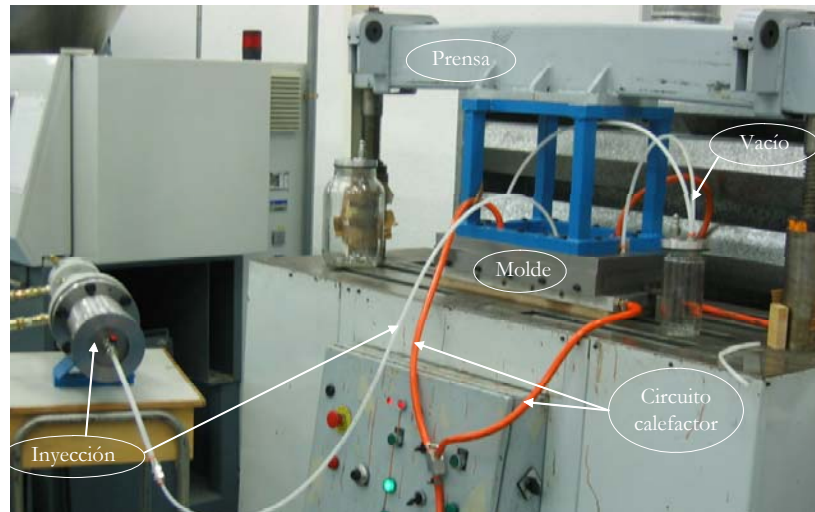
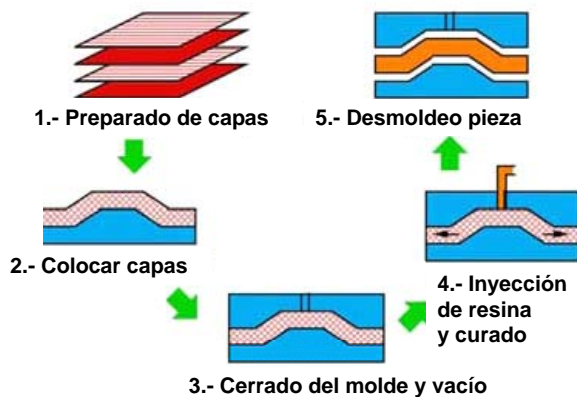


## Fabricación componente

### ➤ *evoRTM*

- Variante RTM
  - Vacío en molde ➔ Quitar burbujas
  - Pieza mayor % fibra ➔ Sobreabrir (2mm)
  - Compresión
- Facilitando llenado molde
- Conservando el vacío

### ➤ Proceso de fabricación



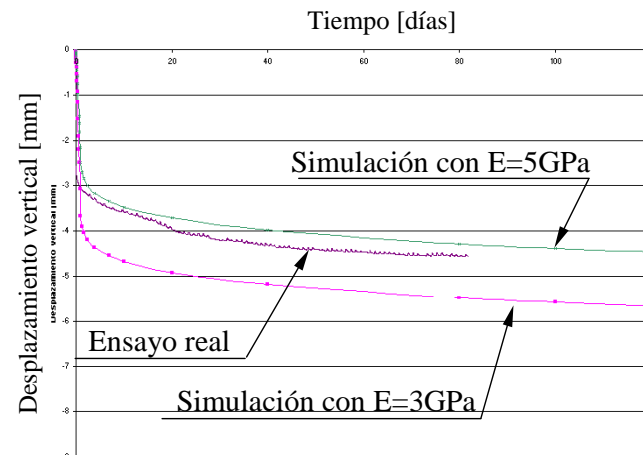
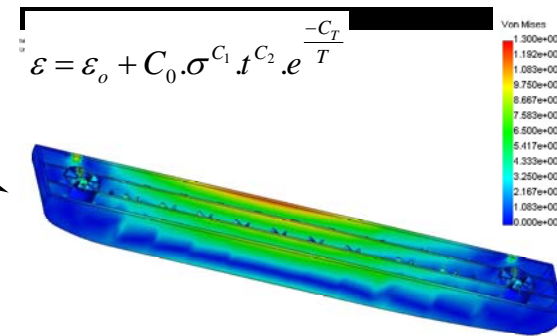
% volúmen: 58  
 $E_1 = 79,5 \text{ GPa}$   
 $X = 593 \text{ MPa}$

# LÍNEAS DE ACTUACIÓN

Comportamiento en servicio

## Diseño y cálculo de piezas estructurales de plástico a fluencia

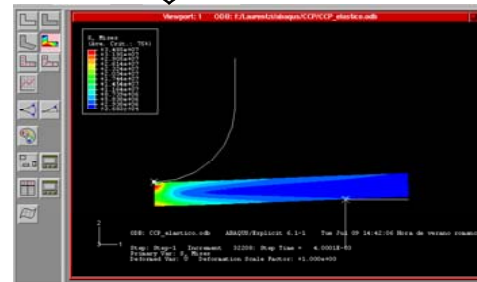
COMPARATIVA ANALISIS TEORICO  
con ENSAYO REAL



# LÍNEAS DE ACTUACIÓN

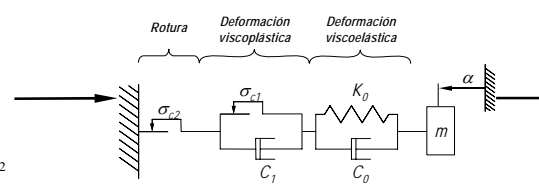
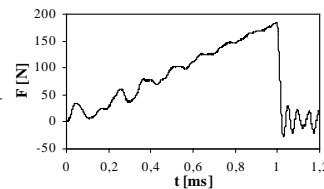
Comportamiento en servicio

## Fractura de materiales plásticos: Caracterización, modelización y simulación del comportamiento a impacto en servicio



Caracterización del material

Simulación del comportamiento a impacto

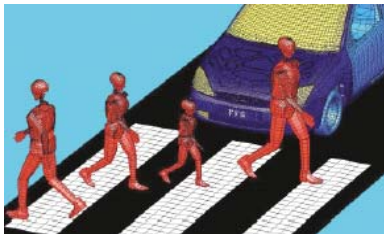


## Comportamiento en servicio

### Polímero/SMA

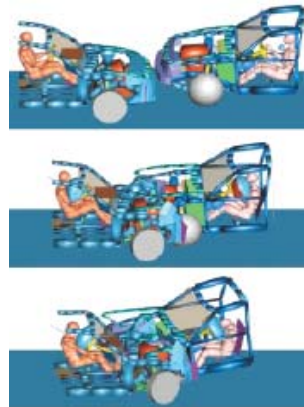
- ✓ Comportamiento adaptativo ante impacto
- ✓ Mayor absorción de energía de impacto
- ✓ Mayor tolerancia al daño

### *Desarrollo y caracterización del material inteligente*



### *Modelización de la estructura pasiva*

## Estructuras inteligentes ante impacto

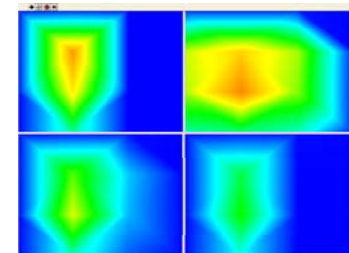


### *Modelización de la estructura inteligente*

## Comportamiento biomecánico



## Monitorizado del impacto mediante sensores de presión



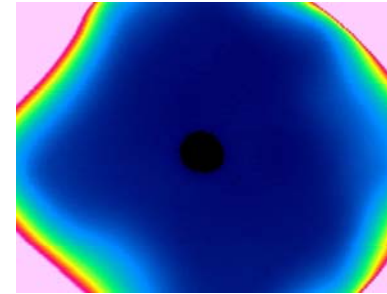
## Colaboraciones:

Universidad de Oviedo

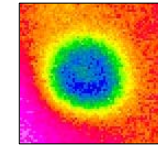
Comportamiento en servicio

## Monitorización del comportamiento

Detección del daño sufrido por impacto/fatiga mediante termografía IR

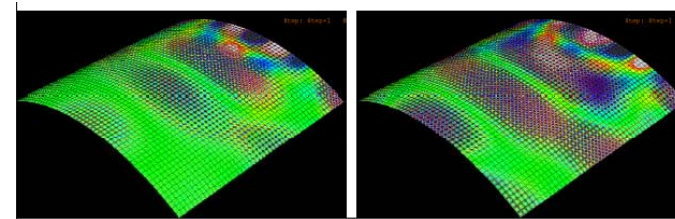


Detalle con mayor resolución de la zona dañada

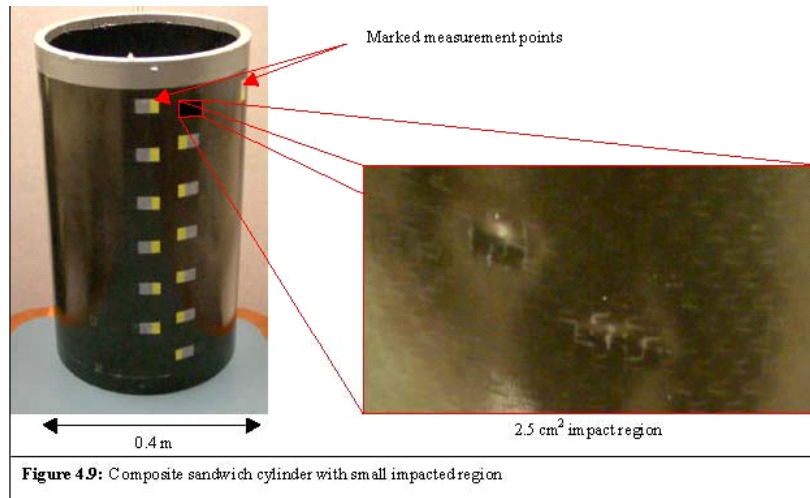
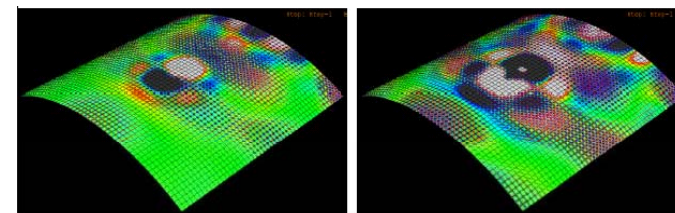


### Piezoeléctricos/comportamiento dinámico

Sin daño



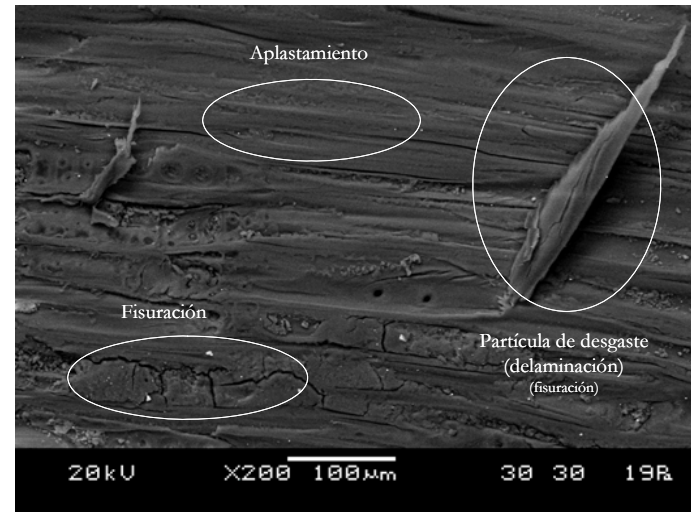
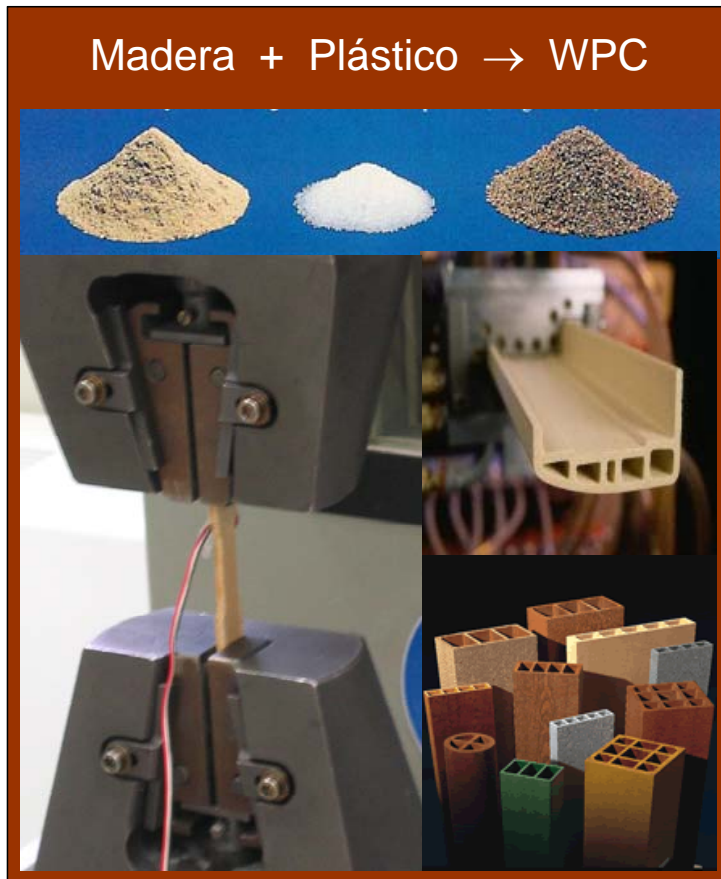
Con daño



Reducción de  
impacto ambiental

## Desarrollo de compuestos de plástico reforzados con madera

Desarrollar un compuesto PP + serrín de madera de pino (WPC) con altas propiedades mecánicas.



### Colaboración:

➤ Gaiker

- Síntesis de materiales
- Preparación de nanorefuerzos, compatibilización
- Fabricación de materiales inteligentes (SMA, piezocrómicos...)
- Fabricación de piezas (termoplástico, termoestable), especialmente a partir de ciertos tamaños
- Ensayo y simulación de fatiga
- Structural Health Monitoring

## Automoción

- Análisis del comportamiento ante impacto de piezas compuestas con fibra de vidrio.
- Aplicación de materiales híbridos con SMA para el comportamiento activo ante impacto (IC)
- Mejora de la seguridad pasiva ante impacto en automoción mediante el uso de materiales compuestos (PETRI)

## Construcción

- Análisis de la aplicabilidad de normativas de edificación a los materiales compuestos (URSSA-FIBERLINE)
- Materiales basados en fibra de madera

## Electrodomésticos

- Análisis de la reciclabilidad de frigoríficos (FAGOR, MMA)

## Máquina Herramienta

- Aplicabilidad de los materiales compuestos a máquina herramienta de elevadas prestaciones (V PM, Saiotek)

## Medicina

- Nanocomposites para aplicaciones médicas (Gemamedical)

***“Failure of multimaterial fusion bonding interface generated during over-injection molding/thermoforming hybrid process”***, Journal of Applied Polymer Science, **102**, 261-265 (2006)

***“Optimising the gas-injection moulding of an automobile plastic cover using an experimental design procedure”***, Journal of Materials Processing Technology, **178**, 369-378 (2006)

***“Comparison between the dynamical properties of polymer concrete and grey cast iron for machine tool applications”***, Materials and Design, aceptado marzo 2006

***“Effect of dissolution based recycling on the degradation and the mechanical properties of acrylonitrile-butadiene-styrene”***, Polymer Degradation & Stability, **91**, 2768-2774 (2006)

***“Characterisation of the impact behaviour of polymer thermoplastics”***, Polymer Testing, **24**, 145-151 (2005).

***“Recycling Study of End of Life Products Made of ABS Resin”***, Journal of Materials Science & Technology, **20** (Supl.), 125-128 (2004).

***“Effects of injection moulding induced morphology on the fracture behaviour of virgin and recycled polypropylene”***, Polymer, **44**, 6959-6964 (2003).

***“Heat Transfer for pultrusion of a modified acrylic/glass reinforced composites”***, Polymer Composites, **23**, 21-27 (2002).

***“Fracture behaviour of virgin and recycled isotactic polypropylene”***, Journal of Materials Science; **36**, 5073-5078 (2001).

***“Effects of recycling on the microstructure and the mechanical properties of isotactic polypropylene”***, Journal of Materials Science, **36**, 2607-2613 (2001).

## Nacional de Materiales

*“Fabricación de dispositivos poliméricos microfluídicos para aplicaciones biotecnológicas”, Vigo (2006)*

*“Comparación entre los resultados de anisotropía medida por microscopía y por microdurezas para compuestos PP-GF moldeados por inyección”, Vigo (2006)*

*“Obtención de piezas estructurales de plástico mediante un proceso híbrido termoconformado/sobreinyección”, Valencia (2004).*

*“La disolución como método alternativo para el reciclado del ABS”, Valencia (2004).*

## Congreso Nacional de Materiales Compuestos

*“Evaluación mediante termografía IR del daño inducido por impacto en compuestos fabricados por evoRTM”, Valencia (2005)*

*“Influencia de los parámetros del proceso de pultrusión sobre el grado de reticulación y las propiedades mecánicas de una resina acrílica reforzada con fibra de vidrio”, Zaragoza (2003).*

*“Reducción de vibraciones de máquina-herramienta mediante revestimiento de piezas estructurales con compuesto de fibra de carbono”, Zaragoza (2003)*

## Grupo Especializado de Polímeros

*“Efecto del reciclaje por disolución sobre las propiedades mecánicas del acrilonitrilo-butadieno-estireno”, O-5-4, Jaca (2005)*

*“Resistencia de la intercara de unión generada durante el proceso integrado termoconformado/sobreinyección (TINKO)”, O-5-3, Tarragona (2003).*

## Grupo Español de Fractura

*“Daño del polipropileno reforzado cn madera: fractografía y desgaste”, Albarracín (2006)*

*“Caracterización de materiales plásticos a altas velocidades de deformación: extrapolación de resultados de tracción frente a ensayos de impacto”, Almagro (2005)*

*“Caracterización a impacto de plásticos: Modelo con criterio de fallo”, Punta Umbría (2004)*

## **Advancing with Composites**

*“Development of composite machine-tool components. Application to a high speed milling machine transmission shaft”, Milán (2003).*

## **4th International Conference on Polymer Modification, Degradation and Stabilisation**

*“Dissolution-based recycling for acrylonitrile-butadiene-styrene effects on the mechanical properties”, San Sebastián (2006)*

## ✓ *Caracterización mecánica*

- *Tracción, compresión, flexión entre  $-70^{\circ}$  y  $+250^{\circ}\text{C}$*
- *Tribología y perfilometría sin contacto*
- *Impacto: Péndulo Charpy y sistema de impacto-tracción instrumentado (15J)*

## ✓ *Microscopía electrónica (SEM de vacío controlado)*

## ✓ *Microindentación Vickers desde 10 g*

## ✓ *Calorimetría diferencial*

- ✓ *Medida de tensiones y deformaciones sobre pieza*
- ✓ *Medida de tensiones residuales (Hole drilling)*
- ✓ *Análisis vibratorio y acústico*
  - *Sondas de intisimetría*
  - *Vibrómetro láser*
- ✓ *Simulación estructural y de procesado:*
  - *CATIA,UG*
  - *NASTRAN, Ideas ABAQUS, COSMOS, N-Code*
  - *MOLDFLOW*
- ✓ *Termografía IR*

## Laboratorio de procesos

- ✓ *Inyección de termoplásticos*
- ✓ *Termoconformado*
- ✓ *Pultrusión*
- ✓ *RTM – compresión*
- ✓ *Bolsa de vacío*
- ✓ *Contacto a mano*
- ✓ *Mesa vibratoria para llenado de moldes (reforzados de partículas)*