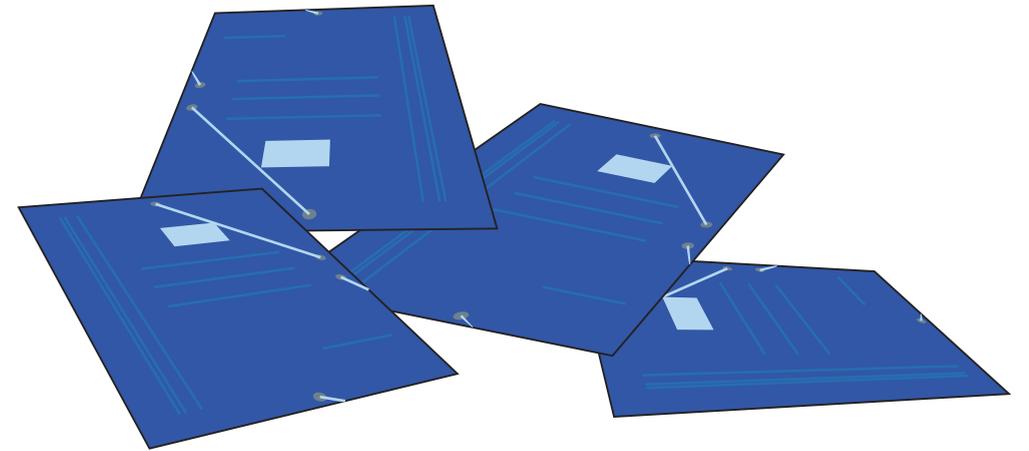


I Congreso I+D+i Campus de Alcoi: Creando Sinergias

# I Congreso I+D+i Campus de Alcoi



## Creando Sinergias





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# **I CONGRESO I+D+i CAMPUS DE ALCOI. CREANDO SINERGIAS**

---

**LIBRO DE RESUMENES**

---

**Escuela Politécnica Superior de Alcoy**

**Alcoy, 12 de noviembre de 2013**

Edita: Compobell, S.L.

ISBN: 978-84-941363-6-8

DEPÓSITO LEGAL: MU 1388-2013

IMPRESIÓN: Compobell, S.L.

**Nota editorial:** Este libro de resúmenes se ha realizado con las contribuciones de cada autor. Las modificaciones realizadas no han supuesto ningún cambio del contenido científico de las aportaciones.

## **Comité organizador**

---

María Angeles Bonet Aracil

Eva Bou Belda

Salvador C. Cardona Navarrete

Begoña Cantó Colomina

Jorge Jordán Núñez

José Angel Maestro Cano

Ramón Luna Molina

Elena Pérez Bernabeu

## **Comité Científico**

---

Eva Bou Belda

Rafael Cantó Colomina

Jorge Jordán Núñez

María Fernanda López Pérez

Ramón Luna Molina

Elena Pérez Bernabeu

Miguel Ángel Satorre Aznar

---

## Prologo

---

Este libro pretende ser un acercamiento de los diferentes grupos de investigación presentes en la Escuela Politécnica Superior de Alcoi para la creación de sinergias entre ellos, con el principal objetivo de aumentar y mejorar los resultados de investigación que se realizan.

En la primera parte del libro se presentan los diferentes grupos de investigación participantes en el I Congreso de I+D+i Campus de Alcoi celebrado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (12 de noviembre de 2013).

En la segunda parte se reúnen las contribuciones orales y posters que se presentaron relacionadas con las investigaciones que se llevan a cabo por los diferentes grupos de investigación.

.....*dedicado a Sorina Patirnac*

## INDICE

---

### CONFERENCIA PLENARIA

<b>CP1. Líneas de investigación relevantes en el estudio de Redes Colaborativas</b> <i>Beatriz Andrés</i> .....	3
--	---

### PRESENTACIONES GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

<b>PGI1. Caracterización de Materiales bajo condiciones extremas</b> <i>O. Gomis, R. Vilaplana, F.J. Manjón, J.A. Sans</i> .....	9
<b>PGI2. GIITEX: investigación en la industria textil</b> <i>M. Bonet, E. Bou-Belda, I. Montava, P. Díaz, P. Monllor</i> .....	13
<b>PGI 3. Caracterización de hielos de interés astrofísico.</b> <i>R. Luna, M. Á. Satorre, M. Domingo, C. Millán,</i> <i>C. Santonja, G. Blanes</i> .....	17
<b>PGI4. Análisis de aceros AHSS en el nuevo simulador de deformación plástica HSMFS</b> <i>M.A. Sellés, S. Sánchez-Caballero, R. Pla, M.J. Reig,</i> <i>V.J. Seguí, B. Eixeres, E. Pérez-Bernabeu</i> .....	21
<b>PGI5. Grupo de Análisis de Datos y Diseño de Experimentos</b> <i>P.Miró, S.Oltra, J.Jordán, B. Micó-Vicent</i> .....	25
<b>PGI6. ISIRYM. Líneas de investigación en Seguridad Industrial y Ambiental en el campus de Alcoy</b> <i>A. Abad, S.C. Cardona, J. Ferre, E. Gongga, V.G. Lo Iacono, F. López,</i> <i>J. Lora, J. Navarro-Laboulais, J.I. Torregrosa, A. Valor</i> .....	29
<b>PGI7. Líneas de investigación del Grupo de Investigación en Materiales Plásticos y Compuestos (GPMC)</b> <i>R. Balart, L. Sánchez-Nácher, T. Boronat, O. Fenollar,</i> <i>V. Fombuena, M.D. Samper, D. Garcia-Garcia,</i> <i>A. Carbonell, M. Monzó, J. Balart, D.Garcia-Sanoguera</i> .....	33

## COMUNICACIONES ORALES

- CO1. Efecto de los parámetros de plasma atmosférico sobre la superficie del ácido poliláctico.**  
*A. Jordá-Vilaplana, L. Sánchez-Nácher* .....39
- CO2. El puente de Sant Jordi. Un caso de modernidad para Alcoi.**  
*J. F. Picó Silvestre*.....43
- CO3. Tecnologías de la Internet del Futuro para el sector de la Fabricación. El Proyecto Europeo FITMAN.**  
*R. Sanchis, R. Poler*.....47
- CO4. Caracterización óptica y fisicoquímica de muestras de Polietileno de origen biodegradable con la incorporación de nanopigmentos.**  
*B. Micó-Vicent, E. Bana-Murillo, F. Martínez-Verdú,  
 E. Gilabert, R. Balart*.....51
- CO5. Modelos matemáticos en epidemiología. Parámetros significativos.**  
*B. Cantó, C. Coll, E. Sánchez*.....55
- CO6. Aplicación del álgebra matricial en el estudio de los sistemas de control de ciertos procesos agroforestales.**  
*R. Cantó, B. Ricarte, A. M. Urbano*.....59
- CO7. Estudio de las opciones de acabados para incrementar el UPF en productos textiles.**  
*J. Campos, P. Díaz, I. Montava, M. Bonet, P. Monllor*.....63
- CO8. Análisis morfológico de mezclas de materiales compuestos de matriz cementicia con aligerantes para la construcción.**  
*T. V. Esquerdo, A. V. Nadal, F. D Denia, J.E. Crespo, L. M. Pérez*.....67
- CO9. Determinación del índice de refracción de películas delgadas crecidas en condiciones crioscópicas por medio de la medida de reflectancia a un ángulo de incidencia.**  
*M. A. Satorre, R. Luna, C. Santonja, M. Domingo y C. Millán*.....71
- CO10. Cooperación Horizontal en Transporte por carretera: Un caso de varios almacenes demostrando ahorro en distancias y en emisión de contaminantes.**  
*E. Pérez-Bernabeu, A.J. Pérez, J. Faulín, M.A. Sellés*.....75
- CO11. Propiedades acústicas de compuestos de GTR y materiales lignocelulósicos.**  
*J. E. Crespo, S. Espinosa, F. José López,  
 A.V. Nadal, E. Juliá, J. Segura, J.M. Gadea* .....79

<b>CO12. Caracterización de resinas naturales procedentes de la explotación de pinares.</b>	
<i>M<sup>a</sup> Jimenez, S. Ferrandiz J. López.....</i>	83
<b>CO13. Ósmosis directa: Una alternativa de eficiencia energética en la depuración de aguas.</b>	
<i>E. Gongora, M. F. López-Pérez, J. Lora-García, A. Abad .....</i>	87
<b>CO14. Análisis de la evolución socio-económica de España.</b>	
<i>A. Brotons, J. Jordán.....</i>	91
<b>CO15. Influencia de la estructura de los tejidos de calada en su coeficiente de absorción acústica.</b>	
<i>M. P. Segura, M. A. Bonet, I. J. Montava, E. Juliá, J. G. Segura.....</i>	95
<b>CO16. Caracterización de estados prefebriles en pacientes con infecciones.</b>	
<i>J. Jordán, P. Miró-Martínez, D. Cuesta-Frau, M. Varela-Entrecanales, B. Vargas-Rojo.....</i>	99
<b>CO17. Eliminación de compuestos citostáticos en aguas residuales hospitalarias crudas mediante ozonización.</b>	
<i>J. Ferre-Aracil, Y. Valcárcel, S.C. Cardona, J. Navarro-Laboulais.....</i>	103

## COMUNICACIONES EN POSTER

- P1. El tratamiento con enzimas como método de erradicar la fibrilación del Lyocel.**  
*E. Bou-Belda, I. Montava, M. Bonet, P. Díaz.....*109
- P2. Estudio de compatibilización de las mezclas PET/HDPE.**  
*R. Navarro, F. Parres, A. Peydró, J.E. Crespo.....*113
- P3. Desviaciones de la idealidad del índice de refracción y densidad de mezclas de compuestos binarios en estado sólido.**  
*R. Luna, M.A. Satorre, M. Domingo, C. Millán, C. Santonja.....*117
- P4. Mejora de la resistencia al agua de composites basados en Posidonia Oceánica y gluten.**  
*D. García-García, M.D. Samper, A. Carbonell,  
 O. Fenollar, D. Garcia-Sanoguera.....*121
- P5. Compatibilización de mezclas de polietileno ecológico con almidón termoplástico para la fabricación de films para sector envase-embalaje.**  
*M.D. Samper, D. García-García, A. Carbonell, V. Fombuena, T. Boronat.....* 125
- P6. Propiedades acústicas de materiales reciclados a partir de triturado de GTR.**  
*J. E. Crespo, S. Espinosa, J. Belmonte, A. V. Nadal, F. Parres.....*129
- P7. Estudio de la Influencia de las Características Físicas de Residuos Provenientes de Neumáticos Reciclados en el Coeficiente de Absorción Acústica.**  
*A. Nadal, J.E. Crespo, M. Zamorano, E. Julia,  
 J.M. Gadea, J. Segura.....*133
- P8. Variación de la cromaticidad con la temperatura de unión en LEDS de alta potencia.**  
*S. Patirnac, M.A. Satorre, E. Gilabert.....*137
- P9. Comportamiento mecánico de material reciclado de GTR aglomerado con adhesivo 575.**  
*J. E. Crespo, S. Espinosa, J. Belmonte, A. V. Nadal, R. Navarro.....*141
- P10. Obtención de resinas epoxi de origen renovable a partir de aceite de semilla de algodón.**  
*A. Carbonell, M.D. Samper, D.Garcia-Garcia,  
 L.Sánchez-Nacher, R. Balart.....*145
- P11. Propiedades mecánicas y vibratorias de mortero de cemento con reciclado de neumático.**  
*A. Nadal, J.M. Gadea, F. Parres, E. Juliá,  
 J.E. Crespo, J. Segura, F. Salas.....*149

**P12. Color y música. Concordancia de la luminosidad del color con la intensidad de notas musicales.**

*J. Pérez-Fuster, E.J. Gilabert, F. Martínez-Verdú, P. Miró, J.M. Mateo.....153*

**P13. Estudio de la miscibilidad de polímeros a través del análisis de la fractura.**

*M.A. Peydró, F. Parres, R. Navarro, J. E. Crespo.....157*

**P14. Investigación de materiales compuestos de matriz elastomérica para su aplicación en muros contra impactos.**

*F. José López, S. Espinosa, A.V. Nadal, J. E. Crespo.....161*

**P15. Propiedades Acústicas de Láminas Multicapa a partir de Residuos de Neumático.**

*J. Segura, J.E. Crespo, E. Juliá, A. Nadal, J.M. Gadea, A. Delgado.....165*

---

## **CONFERENCIA PLENARIA**

---



## Líneas de investigación relevantes en el estudio de Redes Colaborativas

**B. Andrés, R. Poler**

*Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción.  
Universitat Politècnica de València, Plaza Ferràndiz y Carbonell, 2, 03801 Alcoy, España  
e-mail: {[beaanna](mailto:beaanna@cigip.upv.es), [rpoler](mailto:rpoler@cigip.upv.es)}@cigip.upv.es*

### RESUMEN

Un creciente interés en el estudio de redes colaborativas se ha observado en los últimos años debido a las ventajas que experimentan las empresas al establecer relaciones colaborativas entre socios de una misma red. El objetivo de esta investigación se centra en las redes de fabricación no-jerárquicas y en los procesos colaborativos establecidos entre los socios de dicha topología de red. Con el fin de proponer modelos, metodologías y herramientas que permitan mejorar el rendimiento de las empresas, así como el rendimiento de las redes.

### INTRODUCCIÓN

La industria europea está evolucionando de forma que las empresas se ven obligadas a cambiar el enfoque en la fabricación hacia la adopción de nuevas posturas colaborativas; debido a que la colaboración, entre socios de una misma red, tiene cada vez más influencia en la mejora de la competitividad y en el logro de ventajas que sin la colaboración no se obtendrían. Sin embargo, la integración de las empresas en redes colaborativas sigue siendo un gran desafío para los profesionales y los investigadores por la falta de recursos y capacidades asociadas a, especialmente, las pequeñas y medianas empresas (PYMEs). De esta forma, las líneas de investigación deben estar ligadas a la creación de mecanismos y herramientas con el fin de crear las condiciones adecuadas en las empresas para que éstas puedan iniciar su participación en los procesos de negocio de forma colaborativa [1]. Considerando esto, especial atención debe prestarse a la promoción de acciones para el establecimiento de procesos colaborativos, con el fin de apoyar la integración y la adaptación de las PYMEs a las nuevas necesidades que surgen, en la industria europea, para establecer relaciones colaborativas dentro de las redes de suministro.

Hoy en día, la competitividad de las industrias depende en gran medida de su evolución hacia sistemas innovadores y redes de empresas ágiles con el fin de hacer frente a las grandes empresas basadas en poderosas economías de gran escala. Las empresas, especialmente las PYMEs, pueden alcanzar estos sistemas innovadores y ágiles a través de su integración en Redes de Fabricación No-Jerárquicas (*Non-Hierarchical Networks*, NHN) caracterizadas por el establecimiento de procesos colaborativos y modelos de toma de decisión descentralizada [2].

## REDES DE FABRICACIÓN NO-JERÁRQUICAS (Non Hierarchical Networks, NHN)

Las cadena de suministro de configuración estable está evolucionando hacia topologías de cadenas de suministro más dinámicas como las redes de fabricación no-jerárquicas (*non-hierarchical networks*, NHN).

Para definir las NHN, es interesante considerar las tradicionales Redes de Fabricación Jerárquicas (*Hierarchical Networks*, HN) basadas en modelos centralizados (*centralised decision models*, CDM), las cuales únicamente tienen en cuenta los objetivos de los socios dominantes, sin tener en cuenta los de los nodos secundarios. Para redes de suministro como la del automóvil la topología jerárquica de red (HN) es eficiente puesto que los proveedores de primer nivel están totalmente dedicados al montaje de automóviles. Sin embargo, los CDM no son tan factibles en otras redes, como la textil, de componentes tecnológicos, azulejos, muebles, maquinaria y equipo, etc. debido a la falta de consideración de los nodos secundarios de la red, tanto en la toma de decisiones como en la definición de objetivos. Es aquí donde deben considerarse topologías de red no-jerárquica (NHN), basada en modelos descentralizados de toma de decisión (*decentralised decision models*, DDM) en los cuales existe más de un decisor, todos los socios participan en la identificación y definición de los problemas y sus soluciones, y en la gestión común de sus procesos de una manera colaborativa. La toma de decisiones descentralizada permite mejorar el compromiso de cada nodo en los objetivos generales de la red de empresas [3]. Los socios en una NHN tienen más de un proveedor o cliente, estableciéndose relaciones equitativas entre los miembros de la red, sin ningún tipo de imposición del poder jerárquico por cualquiera de los socios. En los DDM todos los socios participan en la toma de decisión y proporcionan en las NHN importantes beneficios, especialmente en la mejora del compromiso de cada nodo de red en lo que respecta al objetivo general de la red, mejorando la comunicación, la colaboración, el rendimiento, la fiabilidad, los recursos compartidos, los flujos, la competitividad, la capacidad de innovación, la adaptabilidad de los socios, la satisfacción de los consumidores y el establecimiento de procesos de forma eficiente [2].

### Motivación del estudio en redes de fabricación no-jerárquicas (NHN)

La investigación en las redes de fabricación no-jerárquicas colaborativas tiene su punto de partida en el *call* de la Comisión Europea, “FP7-NMP-2008-SMALL-2”, de forma específica el código de actividad “NMP-2008-3,3-1: Supply chain integration and real-time decision making in non-hierarchical manufacturing” [1]. La línea de investigación definida por NHN está, además, directamente relacionada con la iniciativa iNet-IMS “Intelligent Non-Hierarchical Manufacturing Networks” [2] una Iniciativa MTP (Manufacturing Technology Platform) del IMS (Intelligent Manufacturing Systems).

### LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN SEGUIDAS EN REDES DE FABRICACIÓN NO-JERÁRQUICAS (NHN)

La participación en redes colaborativas y la integración de los procesos de forma colaborativa son áreas de estudio que están siendo ampliamente examinadas, debido al creciente interés que surge en las empresas hacia la colaboración [3,4]. Por ello, en el contexto de NHN, debe considerarse la promoción de acciones para el establecimiento de **procesos colaborativos**, con el fin de apoyar la integración y la adaptación de las PYMEs a las nuevas necesidades que surgen para establecer

relaciones colaborativas dentro de las redes de suministro. De esta forma, las líneas de investigación han resultado en:

- Identificación del conjunto de procesos colaborativos relevantes que se establecen entre los socios de una red. De forma que se ofrezca a la comunidad de investigadores una visión del estado actual de la investigación en el área de procesos colaborativos [3].
- Identificar los procesos colaborativos que no han sido tratados en el contexto de NHN. A través del análisis para conocer en qué medida son estudiados dichos procesos colaborativos desde la perspectiva de NHN [3]. Esto es, teniendo en cuenta que la toma de decisiones es descentralizada y colaborativa.
- Una vez se conocen los procesos colaborativos, se identificarán los bloques constructivos que posteriormente pasarán a formar parte del **marco de colaboración**. Se prestará especial atención a aquellos procesos que no hayan sido objeto de estudio en la literatura y cuyas soluciones en la actualidad, no proporcionan un grado de cobertura satisfactorio en NHN, para posteriormente proporcionar un conjunto de soluciones aplicables al contexto de NHN [3].
- Hoja de Ruta (*NHNmap*) para dar soporte a los investigadores en el proceso de migración de las PYMEs hacia el establecimiento de relaciones colaborativas dentro de una NHN caracterizada por la toma de decisiones descentralizada. Al establecer procesos colaborativos aparecen una serie de barreras que las empresas debe hacer frente; especialmente las PYMEs ya que sus necesidades no se adaptan completamente a los requerimientos necesarios para participar en una NHN colaborativa [5].
- Propuesta de Soluciones. Propuesta de una metodología que, entre otras, ayudará a las PYMEs a establecer redes colaborativas más sostenibles y a superar las posibles barreras que las PYMEs se encuentran cuando estas deciden participar en NHN colaborativas (sección 4) [6].
- **Marco de Colaboración**, para la identificación del proceso colaborativo que se desea mejorar o iniciar de forma descentralizada. En el Marco de Colaboración el output vendrá dado por una serie de soluciones aplicables a las PYMEs para dar soporte a dicho proceso colaborativo que se desea establecer. En el marco se propondrán modelos, metodologías y herramientas para la solución de problemas en PYMEs integrantes de NHN.

## METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE PODER EN UNA RED DE SUMINISTRO

Actualmente, en los mercados altamente dinámicos, es importante tener en cuenta los objetivos tanto de los socios dominantes como de los socios secundarios (en cuanto al poder se refiere), ya que pueden pertenecer a diferentes redes. En redes reales colaborativas, existe asimetría en el poder de los socios de una red, ya que se encuentran miembros más “importantes” que otros, debido a su papel en la red, las actividades que desarrollan y los productos que fabrican, la restricción de la información para evitar conflictos de intereses, la dependencia entre tareas, etc.

Una metodología se propone, a través de la definición de una serie de medidas que deben ser cuantificadas por los expertos, con el fin de utilizar sus resultados en el cálculo de la distribución de poder entre los socios de una NHN [6]. Modelar y analizar el poder individual permitirá a los expertos identificar o predecir conflictos, seleccionar los miembros potenciales que mejor se ajusten a una red y establecer la correcta asignación de los socios colaborativos. Una metodología basada en *Cadenas de*

*Markov* se ha desarrollado para ayudar a los expertos en colaboración a estimar la distribución de poder dentro de una red. El empleo de *Cadenas de Markov* para el cálculo de la distribución de poder implica relacionar el nodo más poderoso con aquel que recibe más transacciones del resto de nodos de la red. La metodología proporcionada es una herramienta útil, para investigadores y profesionales, para establecer las decisiones relativas a la identificación de nuevos socios y más apropiados conectados con el fin de lograr un diseño óptimo de la red. Los resultados pueden ser utilizados para lograr redes equilibradas de poder y sostenibles a través de la selección de los socios más adecuados. El poder de cada miembro de la red influye en las decisiones asociadas, lo que hace interesante el estudio de la estimación de la distribución de poder entre los socios de una misma red. Las líneas futuras de investigación conducen a la validación de esta metodología en a través de estudios de caso en redes reales pertenecientes a diferentes sectores.

## CONCLUSIONES

La investigación en NHN es reciente por lo que queda un amplio camino por recorrer en líneas de investigación asociadas. La investigación se encuentra en etapa inicial de identificación de los procesos de colaborativos y potenciación de su establecimiento entre empresas de una misma red. El objetivo principal es mejorar la colaboración entre los socios a través del diseño de soluciones aplicables al contexto colaborativo y de toma de decisiones descentralizada de las NHN. El resultado, será un Marco de Colaboración para NHN que permitirá a los investigadores una herramienta útil para, una vez identificados los obstáculos en el proceso colaborativo entre PYMEs, superar las barreras que aparecen, a través de la aplicación de modelos, metodologías y herramientas proporcionadas. La investigación llevada a cabo inicia una serie de propuestas de soluciones para construir un marco de colaboración para NHN.

## REFERENCIAS

- [1] European Commission. *Work Programme. Cooperation Theme 4 Nanosciences, Nanotechnologies, Materials And New Production Technologies – NMP* (European Commission C (2007). (accessed 13 may 2013): available at <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/download?docId=22687>
- [2] Poler, R., Carneiro, L.M., Jasinski, T., Zolghadri, M., y Pedrazzoli, P. (2013). *Intelligent Non-hierarchical Manufacturing Networks*. Iste, Wisley. 448.
- [3] Andrés, B. y Poler, R., *Journal of Industrial Engineering and Management*, 6, 723-73 (2013).
- [4] Camarinha-Matos, L.M., Afsarmanesh, H., Galeano, N. y Molina, A., *Computers and Industrial Engineering*, 57, 46-60 (2009).
- [5] Andres, B. y Poler, R. "A Roadmap Focused on SMEs Decided to Participate in Collaborative Non-Hierarchical Networks", en *Collaborative Networks in the Internet of Services*. 13<sup>th</sup> IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2012. IFIP AICT. Volume 380 (Ed. Camarinha-Matos, L.M., Xu, L., Afsarmanesh, H.) pp. 397–407. Springer Heidelberg Dordrecht London NewYork (2012).
- [6] Andres, B. y Poler, R. "Method to Quantify the Power Distribution in Collaborative Non-hierarchical Networks", en *Collaborative Systems for Reindustrialisation*. 14th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2013. Volume 408 (Camarinha-Matos, L.M. and Scherer R.J.) pp. 660-669. Springer Heidelberg NewYork Dordrecht London (2013).

---

## **PRESENTACIÓN GRUPOS DE INVESTIGACIÓN**

---



## Caracterización de Materiales bajo condiciones extremas

O. Gomis<sup>(1)</sup>, R. Vilaplana<sup>(1)</sup>, F. J. Manjón<sup>(2)</sup>, J. A. Sans<sup>(2)</sup>

(1) Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica  
MALTA Consolider Team

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n ,46022 València (Spain)

(2) Instituto de Diseño para la Fabricación y Producción Automatizada  
MALTA Consolider Team

Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 València (Spain)

### RESUMEN

En este trabajo presentamos el trabajo de investigación que llevamos a cabo en el campo del estudio de las propiedades de los materiales bajo condiciones extremas, esto es, baja o alta presión y/o temperatura. Los firmantes del trabajo realizan su investigación en esta área científica trabajando en esta materia multidisciplinar en colaboración con otros grupos de investigación españoles. Presentaremos en qué consiste nuestro trabajo, los proyectos de investigación en los que estamos involucrados, los equipos experimentales que utilizamos y algunos de los resultados que hemos obtenido.

### INTRODUCCIÓN

Somos un grupo de investigación centrado en el estudio de las propiedades de los materiales en condiciones extremas de presión y/o temperatura. Por condiciones extremas de presión y/o temperatura entendemos mediciones a baja o alta presión y/o temperatura, es decir, no realizadas simultáneamente a presión y temperatura ambiente. En general nos centramos más en medidas bajo alta presión llevadas a cabo a temperatura ambiente. Por alta presión entendemos presiones superiores a 1 kbar = 0.1 GPa.

El tipo de materiales que estudiamos son principalmente semiconductores. Las propiedades en las que estamos interesados son las siguientes: estructurales (caracterizadas por difracción de rayos X (XRD) con muestras en polvo o en monocristal), eléctricas y electrónicas (caracterizadas por medidas de resistividad eléctrica y medidas de transporte), térmicas y vibracionales (caracterizadas principalmente por espectroscopía Raman e Infrarroja), ópticas (caracterizadas por experimentos de absorción y reflectividad óptica) y magnéticas (caracterizadas por difracción de neutrones y medidas de susceptibilidad magnética).

Actualmente tenemos vigente un proyecto coordinado del Ministerio de Ciencia e Innovación del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 con título: "Synthesis and characterization of novel materials and nanomaterials under extreme conditions of pressure and temperature: a theoretical and experimental study". Este proyecto involucra a 4 grupos de investigación diferentes. Uno es el nuestro de la Universitat Politècnica de València (UPV) y los otros 3 son 1 grupo experimental de la Universidad de Valencia y un grupo experimental y otro teórico de la Universidad de La Laguna. Otro proyecto vigente que tenemos es un primer proyecto de investigación de la UPV con título "Estudio de propiedades estructurales, vibracionales y ópticas de semiconductores del tipo  $A^II B_2^{III} X_4^{VI}$  y  $B_2^{III} X_3^{VI}$  bajo presión". Por último, hemos formado

parte de un proyecto Consolider-Ingenio de acrónimo MALTA con título “Materia a altas presiones” que ha estado vigente desde 2007 hasta 2013. En este proyecto Consolider-Ingenio han participado 11 grupos de investigación y alrededor de 80 investigadores siendo ampliamente multidisciplinar. La página web del proyecto MALTA (<http://www.malta-consolider.com/>) dispone de información detallada del campo de la alta presión y es una buena referencia para entender en qué trabajamos. Seguidamente vamos a explicar el interés de estudiar los materiales en condiciones extremas, en concreto a alta presión. La presión es un parámetro termodinámico importante ya que permite un incremento en la densidad de la materia al reducir el volumen. La reducción del volumen conduce a una disminución de las distancias interatómicas que permite explorar con detalle las interacciones atómicas y moleculares. La comprensión de las propiedades de la materia bajo tensión y compresión está relacionada con nuestra experiencia diaria (construcción, transportes, procesado de alimentos, etc.). Uno de los intereses de la ciencia de la alta presión es sintetizar materiales con propiedades nuevas o exóticas no presentes en los materiales cristalizados a presión y temperatura ambiente. El ejemplo más remarcable es la síntesis del diamante en el laboratorio. También se trabaja en la síntesis de materiales ultraduros como por ejemplo PtN o PtN<sub>2</sub> y materiales del tipo M<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (M= C, Si, Ge, Sn, Ti, Zr, Hf).

## EXPERIMENTAL

Las medidas bajo alta presión se realizan mediante las celdas de yunques de diamante (DAC). En la actualidad disponemos de varias celdas de diamantes de tipo membrana, Merrill-Bassett modificada y Böhler-Almax. La figura 1 muestra algunas de nuestras celdas y en la figura 2 se muestra una DAC de tipo membrana junto con el equipo para generar la alta presión. El material bajo estudio se introduce dentro de una junta de acero perforada y pre-indentada que se coloca entre los dos diamantes. La junta tiene un agujero en su centro que se realiza con una máquina de electroerosión. Dentro de la junta se coloca la muestra junto con el medio transmisor de presión y una bolita de rubí. Los experimentos se realizan en condiciones de presión hidrostáticas o quasi-hidrostáticas. Para ello seleccionamos el medio transmisor de presión adecuado en cada caso particular (e.g. metanol-etanol-agua en muchos casos). La medida de la presión la obtenemos a partir de la fotoluminiscencia del rubí. Con las celdas de presión de que disponemos se pueden llegar a presiones de hasta 40 GPa lo que nos permite llegar a ver la primera o incluso segunda transición de fase inducida por presión en muchos materiales.

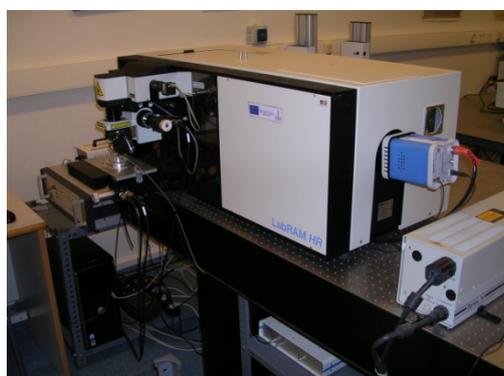


**Figura 1.** Celdas de yunques de diamante.



**Figura 2.** Celda de yunques de diamante de tipo membrana.

Disponemos de un microespectrómetro Raman (Horiba Jobin Yvon LabRAM HR UV) que consta de un espectrómetro simple de 800 mm de focal con una CCD refrigerada termoeléctricamente y que tiene un microscopio acoplado. Con el equipo podemos caracterizar las propiedades vibracionales de las muestras a estudiar tanto a presión ambiente como a altas presiones en el rango UV-NIR ya que disponemos de cuatro láseres (HeCd, 325 nm; DPSS, 532 nm; HeNe, 633 nm; y diodo láser, 785 nm). La Figura 3 muestra el equipo Raman. En cuanto a las medidas de transmisión, absorción y reflectividad óptica, actualmente disponemos de un sistema de microscopía óptica por medio de fibra óptica que nos permite realizar este tipo de medidas dentro del rango del UV-VIS-IR en condiciones de alta presión.



**Figura 3.** Microespectrómetro Raman (Horiba Jobin Yvon LabRAM HR UV).

También tenemos acceso a un equipo de difracción de rayos X, a un espectrómetro de IR y a un clúster de computación con software de cálculos *ab initio*, todos ellos como equipos de investigación dentro del proyecto MALTA-Consolider. Por otra parte, algunas de las medidas en condiciones extremas las llevamos a cabo en las fuentes de luz de haz de radiación sincrotrón tales como ALBA en Barcelona (línea MSPD) y DIAMOND en Reino Unido (línea I15).

## RESULTADOS

Hemos estudiado las propiedades estructurales, vibracionales y ópticas bajo presión de compuestos del tipo  $AB_2X_4$  con estructura de tipo calcopirita defectuosa. Este tipo de compuestos tienen vacantes estequiométricas y diversas aplicaciones

principalmente en óptica no lineal. Como ejemplo, para el caso del  $\text{HgGa}_2\text{Se}_4$  hemos estudiado su evolución estructural bajo presión resolviendo la fase de alta presión [1]. Se ha encontrado una fase metaestable del tipo blenda de zinc desordenada al bajar la presión hasta 2.1 GPa [1]. Las propiedades estructurales y elásticas de la fase de baja presión del  $\text{HgGa}_2\text{Se}_4$  han sido determinadas [2]. El estudio de las propiedades vibracionales del  $\text{HgGa}_2\text{Se}_4$  bajo presión mediante espectroscopía Raman ha mostrado que el compuesto se descompone bajo la excitación del láser HeNe con un flujo de  $100 \text{ W/mm}^2$  a 19 GPa [3]. Otra familia de compuestos que hemos estudiado bajo presión han sido los aislantes topológicos del tipo  $\text{A}_2\text{X}_3$ . En particular hemos estudiado las propiedades vibracionales bajo presión del  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  y  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  [4-6] Nuestras medidas Raman bajo presión han confirmado la secuencia de transiciones de fase encontradas a partir de experimentos de XRD bajo presión para el caso del  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . Los aislantes topológicos constituyen hoy en día un “hot topic” en la física.

## CONCLUSIONES

En esta comunicación hemos presentado nuestro grupo de investigación y el campo en el que trabajamos junto con las técnicas empleadas, materiales estudiados y algunos de los resultados obtenidos. El campo de la alta presión es un área multidisciplinar con amplias aplicaciones prácticas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la financiación por parte del gobierno Español bajo el proyecto MAT2010-21270-C04-04 y el proyecto MALTA Consolider Ingenio 2010 (CSD2007-00045), por la Generalitat Valenciana (GVA-ACOMP-2013-1012), y por el Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo de la Universitat Politècnica de València (UPV2011-0914 PAID-05-11 y UPV2011-0966 PAID-06-11). Los autores agradecen la colaboración en su investigación a: D. Errandonea, A. Segura, J. González, D. Santamaría-Pérez, A. Muñoz, P. Rodríguez-Hernández, V.V. Ursaki y I.M. Tiginyanu.

## REFERENCIAS

- [1] Gomis, O.; Vilaplana, R.; Manjón, F.J.; Santamaría-Pérez, D.; Errandonea, D.; Pérez-González, E.; López-Solano, J.; Rodríguez-Hernández, P.; Muñoz, A.; Tiginyanu, I.M. y Ursaki V.V., *Mat. Res. Bull.* 48, 2128-2133 (2013).
- [2] Gomis, O.; Vilaplana, R.; Manjón, F.J.; Santamaría-Pérez, D.; Errandonea, D.; Pérez-González, E.; López-Solano, J.; Rodríguez-Hernández, P.; Muñoz, A.; Tiginyanu, I.M. y Ursaki V.V., *J. Appl. Phys.* 113, 073510-1--073510-10 (2013).
- [3] Vilaplana, R.; Gomis, O.; Pérez-González, E.; Ortiz, H.M.; Manjón, F.J.; Rodríguez-Hernández, P.; Muñoz, A.; Alonso-Gutiérrez, P.; Sanjuán, M.L.; Ursaki V.V. y Tiginyanu, I.M., *J. Phys. Chem. C* 117, 15773-15781 (2013).
- [4] Vilaplana, R.; Gomis, O.; Manjón, F.J.; Segura, A.; Pérez-González, E.; Rodríguez-Hernández, P.; Muñoz, A.; González, J.; Marín-Borrás, V.; Muñoz-Sanjosé, V.; Drasar, C. y Kucek, V., *Phys. Rev. B* 84, 104112-1--104112-13 (2011).
- [5] Vilaplana, R.; Santamaría-Pérez, D.; Gomis, O.; Manjón, F.J.; González, J.; Segura, A.; Muñoz, A.; Rodríguez-Hernández, P.; Pérez-González, E.; Marín-Borrás, V.; Muñoz-Sanjosé, V.; Drasar, C. y Kucek, V., *Phys. Rev. B* 84, 184110-1--184110-15 (2011).
- [6] Gomis, O.; Vilaplana, R.; Manjón, F.J.; Rodríguez-Hernández, P.; Pérez-González, E.; Muñoz, A.; Drasar, C. y Kucek, V., *Phys. Rev. B* 84, 174305-1--174305-12 (2011).

## GIITEX: INVESTIGACIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL

**M. Bonet, E. Bou-Belda, I. Montava, P. Díaz, P. Monllor**

*Departamento de Ingeniería Textil y Papelera*

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia*

*Plaza Ferrandiz y Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante)*

*e-mail: maboar@txp.upv.es*

### RESUMEN

El GIITEX es un grupo de investigación de la Universidad Politécnica de Valencia. Centra su labor investigación en todas aquellas investigaciones que están relacionadas con el sector textil. En la actualidad el GIITEX trabaja en las líneas de investigación siguientes: adaptación de nuevas tecnologías a procesos productivos textiles; biomateriales y procesos biotecnológicos de aplicación textil; análisis de la capacidad de cosido de un hilo; funcionalización de textiles mediante la adición de micropartículas nanopartículas y/o sensores; sistema de indicadores para la gestión en empresas textiles; desarrollo y caracterización de microcápsulas.

### INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación GIITEX, uno de los tres grupos de investigación del Departamento de Ingeniería Textil y Papelera de la Universidad Politécnica de Valencia, está coordinado por la profesora Ma Ángeles Bonet Aracil. Este grupo ha participado en proyectos subvencionados en convocatorias públicas dentro de los distintos programas del Instituto IMPIVA., del Ministerio de Educación Y Ciencia y del Ministerio de Ciencia e Innovación entre otros. Los resultados de estos proyectos se han difundido a través de diversos congresos y publicaciones. El grupo ha publicado numerosos artículos en revistas científicas con factor de impacto así como en otras revistas de divulgación.

Cada resultado nace de una línea de investigación en la que trabaja el GIITEX. Dichas líneas son consecuencia del trabajo continuado en un mismo campo o línea de actuación. A continuación se detalla cada una de las líneas en que trabaja el GIITEX.

### **FUNCIONALIZACION DE TEXTILES MEDIANTE LA ADICIÓN DE MICROPARTÍCULAS NANOPARTÍCULAS Y/O SENSORES**

Los textiles Inteligentes se definen como todo aquel textil al que se le aplica una modificación de modo que es capaz de reaccionar frente a un estímulo. Se pueden clasificar como textiles inteligentes pasivos, activos o muy activos, en función del tipo de respuesta que ofrece. Con objeto de obtener dichas respuestas se debe incorporar a los textiles distintos compuestos bien en forma de partícula sólida que puede ser de tamaño micro o nanométrico o bien mediante la incorporación de distintos sensores.

El GIITEX tiene experiencia en la aplicación de partículas sólidas sobre la superficie de los textiles. En este aspecto se pueden establecer dos grandes líneas de actuación, cuando el sustrato textil (fibra) y la partícula tienen afinidad, es decir cuando existe la posibilidad de establecer una reacción entre ambos formando una unión mediante enlaces covalentes, o cuando no existe dicha afinidad siendo en este caso cuando se

debe recurrir a la incorporación al proceso de aplicación de elementos que actúen como ligante. En ocasiones es importante incrementar la reactividad del sustrato y se puede recurrir a técnicas de tratamiento superficial como el plasma. El GIITEX ha trabajado en el estudio de los procesos de aplicación, así como en la caracterización de los textiles tras diversas condiciones de envejecimiento así como evaluando la efectividad de los ligantes utilizados y optimizando las variables que intervienen en la aplicación de partículas [1-8].

### **ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE COSIDO DE UN HILO.**

El proceso de confección recurre a hilos de distinta composición para coser tejidos de distintos gramajes y con distintos espesores o capas.

El GIITEX ha desarrollado un sistema de evaluación que permite conocer o predecir el comportamiento de un hilo en el proceso de confección en función de las distintas variables que intervienen en el proceso.

Dentro de esta línea se ha trabajado con distintos tipos de máquinas así como con hilos de características diferentes evaluando el comportamiento de los mismos frente a las diferentes exigencias del proceso de cosido.

### **BIOMATERIALES Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS DE APLICACIÓN TEXTIL**

Los biomateriales han cobrado importancia en los últimos años como consecuencia de la mayor concienciación hacia el desarrollo sostenible. Los biomateriales se basan en productos naturales, bien como materias primas (biopolímeros/biofibras) o bien como productos de acabado.

La utilización de estos productos permite obtener procesos de acabado basados en biomateriales que incorporan propiedades nuevas a los textiles o productos textiles de elevada biodegradabilidad.

En la actualidad se está trabajando en la caracterización de diversas fibras de procedencia muy variada. En función de las características de la fibra se puede contemplar su aplicación a sectores tradicionales como la indumentaria o el textil-hogar, o bien derivarlas al uso para textiles técnicos o materiales de refuerzo.

Paralelamente se estudia la posibilidad de obtener productos de ligado mediante distintos reticulantes que no contengan productos tóxicos o potencialmente cancerígenos y su influencia en el tratamiento sobre las fibras.

Además se evalúa la posibilidad de incrementar las prestaciones de los artículos textiles gracias a la incorporación de principios activos procedentes de extractos naturales a diversos textiles.

## **ADAPTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS A PROCESOS PRODUCTIVOS TEXTILES**

El sector textil se divide en distintos subsectores. Cada uno de ellos se caracteriza por tener procesos productivos específicos. Las tecnologías implicadas en cada uno de ellos son específicas aunque en ocasiones el desarrollo de un nuevo producto implica la adaptación o incorporación de una nueva tecnología a alguna de las partes de la cadena de producción.

El GIITEX ha desarrollado mecanismos específicos de automatización en los sistemas de almacenamiento así como en los procesos productivos textiles.[9]

Las actuaciones que derivan de los procesos productivos se han centrado principalmente en la adaptación al proceso productivo de la empresa de dispositivos que permiten la incorporación de partículas o productos de acabado con la consiguiente eliminación de uno o varios tratamientos posteriores.

## **SISITEMA DE INDICADORES PARA LA GESTIÓN EN EMPRESAS TEXTILES**

El sector textil se divide en distintos subsectores. Cada uno de ellos se caracteriza por tener procesos productivos específicos. Los indicadores de gestión se dividen en distintas perspectivas: Financiera, proceso, Innovación, cliente y formación y crecimiento.

El GIITEX ha desarrollado indicadores para cada una de las perspectivas las cuales se han caracterizado por incluir un número de indicadores que sea operativo para la empresa y por estar adaptados a las características propias de cada subsector. Se han desarrollado indicadores para los subsectores de hilatura, tisaje de calada y punto, no tejidos, ennoblecimiento y confección.

## **DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE MICROCÁPSULAS**

Las **microcápsulas** de aplicación textil se han extendido en los últimos años. Cada vez son más las empresas que muestran la inquietud de poder caracterizar sus productos textiles una vez incorporadas las microcápsulas o incluso en desarrollar sus propias microcápsulas.

Debido a la disparidad de productos existentes en el mercado y a la poca información que se obtiene por parte del proveedor de este tipo de producto, El GIITEX, ha desarrollado un sistema de caracterización y cuantificación de las microcápsulas. Proceso que también se puede aplicar a la caracterización sobre los textiles u otras superficies. Para poder desarrollar dicho sistema de caracterización el GIITEX precisa conocer con exactitud los compuestos que componen el producto y es por ello que nace la línea centrada en los sistemas de producción de microcápsulas con distintos principios activos y membranas.

## REFERENCIAS

- [1] P. Monllor et al. *Textil Research Journal* 79:4 365-380 (2009).
- [2] P. Monllor et al. *European Polymer Journal* 43 2481–2490 (2007)
- [3] J. Gisbert et al. *Journal of Applied Polymer Science* 113 2282–2286 (2009)
- [4] P. Monllor et al. *Textile Research Journal*. 80:7 631-635 (2010)
- [5] M. Bonet et al. *DYNA*. 88 :1 114-119 (2013)
- [6] J. Gisbert et al. *International Journal Of Clothing Science And Technology* 24:4 211-220 (2012)
- [7] M. Bonet et al. *Journal of the Textile Institute* 13:6 629-635 (2012)
- [8] P. Monllor et al. *European Polymer Journal* 43 248-2490 (2007)
- [9] ES2325759 Dispositivo De Carga Y Descarga Selectiva De Elementos Individuales De Un Contenedor
- [10] R. García et al. *Total Quality Management & Business Excellence* 21:1 1-9 (2010)

## Caracterización de hielos de interés astrofísico.

**R. Luna, M. Á. Satorre, M. Domingo, C. Millán, C. Santonja, G. Blanes**

*Centro de tecnologías Físicas. Universitat Politècnica de València. 46022 València. Spain.  
e-mail: ralunam@fis.upv.es*

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es mostrar el equipamiento experimental que dispone nuestro grupo de investigación sobre hielos de interés astrofísico en Alcoi. Dicho equipo experimental está diseñado para intentar reproducir las condiciones en las que se encuentran los hielos en diferentes entornos astrofísicos: bajas temperaturas (del orden de las decenas de K) y bajas presiones (alrededor de  $10^{-7}$  mbar, denominado como alto vacío). Sin embargo la versatilidad de nuestro equipo experimental permite adaptarlo a diferentes condiciones de trabajo para realizar otro tipo de estudios.

### INTRODUCCIÓN

El estudio de los procesos fisicoquímicos, de las superficies heladas del Sistema Solar, del medio interestelar y del medio circunestelar, ha cobrado cada vez más importancia debido a su relevante papel en la formación de moléculas complejas.

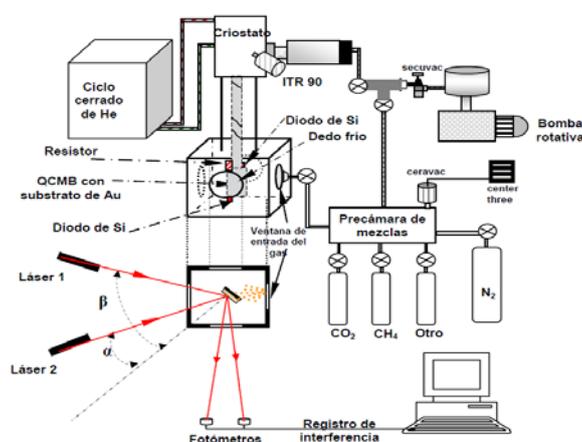
La importancia del estudio de los hielos es grande debido principalmente a dos razones: 1) en ellos se producen una gran variedad de fenómenos fisicoquímicos; 2) es el estado de agregación en el que son formadas nuevas moléculas.

El H<sub>2</sub>O es la especie química más abundante en fase sólida, pero también presentan una abundancia relevante hielos como CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, etc. Por tanto, podemos concluir que el estudio experimental de las características de estos hielos es necesario para entender cómo se producen los procesos fisicoquímicos en los que están involucradas las distintas moléculas presentes en los diferentes ambientes astrofísicos mencionados.

En nuestro laboratorio, se están llevando a cabo una serie de experimentos sobre las propiedades físicas de estos hielos cuya presencia ha sido confirmada en distintos ambientes astrofísicos. Para ello se han estudiado en el laboratorio hielos de H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> y sus mezclas, usando el equipo experimental que se describe a continuación, en las condiciones presentes en los ambientes donde son relevantes: baja temperatura (10 K) y alto vacío ( $10^{-7}$  mbar).

### EXPERIMENTAL

El equipo experimental ha sido diseñado para estudiar principalmente hielos en condiciones similares a las de los entornos astrofísicos. Dicho equipo (Figura 1) está formado principalmente por:



**Figura 1.** Equipo experimental.

-1. Cámara de alto vacío: Consta de un cilindro hueco de alrededor de 1 L de capacidad. Para conseguir el vacío en su interior, se usan bombas moleculares (LEYBOLD Turbovac 50) respaldadas por bombas rotativas (LEYBOLD TRIVAC 1.6B) cuyo conjunto es capaz de proporcionar al sistema un vacío de alrededor de  $10^{-7}$  mbar. La presión en la cámara es controlada por el sensor LEYBOLD ITR90 IONIVAC Transmitter.

-2. Criostato más un controlador de temperatura: Con este conjunto podemos tener en el portamuestras una temperatura fija (en el intervalo 10 - 300 K) o una rampa de temperaturas necesaria para el experimento. El criostato es de helio comprimido (Leybold Vakuum GmbH Coolpak 4000) y está basado en dos etapas. El controlador de temperatura (Oxford Instruments 503S, ITC), enviando corriente a una resistencia, puede fijar una temperatura en el portamuestras (con una precisión de al menos 0,5 K) o puede producir una rampa de temperaturas de velocidad constante (por ejemplo  $1 \text{ K mi}^{-1}$ ).

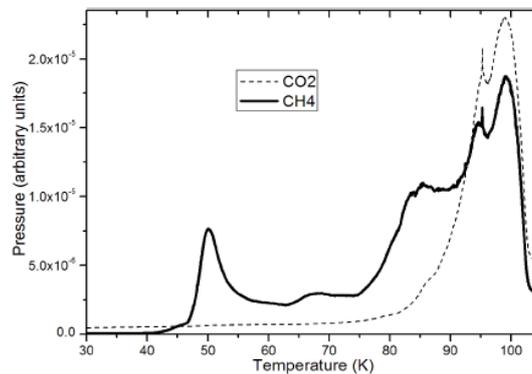
-3. Precámara de mezcla de gases: En ella se inserta previamente el gas que se vaya a estudiar o se realiza la mezcla de los gases que se vayan a estudiar en la proporción adecuada. Dicha proporción está basada en las presiones parciales de los gases. La presión es medida con un sensor CERAVAC con una precisión del 0,2 %. Los gases entran en la cámara por una válvula de aguja (Leybold variable leak valve) cuya apertura (dependiendo además de la presión de la precámara) controla la velocidad de entrada a la cámara. Los gases son suministrados a la precámara desde botellas comerciales (con pureza > 99,99 %) que disponen de válvulas dosificadoras (Pfeiffer EVN 116).

-4. Microbalanza de cuarzo: Está situada en el portamuestras, localizado al final de la segunda etapa del criostato. Consiste en un cristal de cuarzo que actúa como oscilador. Tiene una frecuencia propia de oscilación (alrededor de los 5 MHz) y a partir de la Ecuación de Sauerbrey ( $\Delta f = -S \cdot \Delta m$ ) podemos calcular la masa depositada sobre ella durante un experimento. La tasa de crecimiento que suele usarse en nuestros experimentos es de alrededor de  $1 \mu\text{m h}^{-1}$ , con una precisión del orden de  $1 \text{ ng Hz}^{-1}$ .

-5. Doble láser: Este dispositivo está formado por dos láseres ( $\lambda = 632.8 \text{ nm}$  y potencia = 0,5 mW), cuyos haces inciden sobre el portamuestras, dispuestos con diferentes

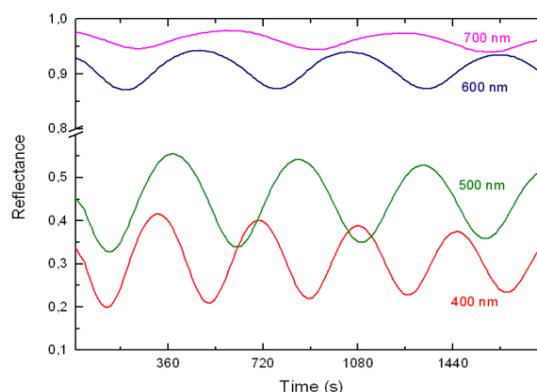
ángulos de incidencia. La señal, se refleja en el portamuestras y es recogida por dos fotodiodos (BPW21). La técnica experimental utilizada se denomina interferometría en películas delgadas mediante doble láser.

-6. Espectrómetro de masas de cuadrupolo: Está acoplado en la parte inferior de la cámara de vacío. El modelo es el AccuQuad RGA 100 (QMS), trabaja a presiones inferiores a  $10^{-4}$  mbar. Es capaz de monitorizar especies cuya masa esté comprendida en el rango de 1 – 100 uma, con una resolución de 0.5 uma. Este dispositivo nos permite monitorizar la composición y presión parcial de los gases presentes en la cámara de vacío (Fig. 2).



**Figura 2.** Presión parcial durante la desorción de una mezcla.

-7. Espectrómetro UV-visible: El modelo usado es el EPP2000C StellarNet. Usa una Lámpara de Halógeno-deuterio, cuyo rango es 200 – 700 nm, con una precisión de 1 nm. Con este dispositivo es posible realizar experimentos similares a los del doble láser pero permite analizar la variación del índice de refracción en el intervalo de longitud de onda mencionado (Fig. 3).



**Figura 3.** Interferograma del láser UV-visible.

-8. Lámpara de irradiación UV: Con dicha lámpara se irradia la muestra con fotones de energía comprendida en el intervalo 7.3 – 10.5 eV y con un flujo de unos  $5 \cdot 10^{14}$  fotón  $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

-9. Espectrómetro infrarrojo (Fast Fourier Bruker IFS 66v/S): Dicho instrumento abarca el rango correspondiente al infrarrojo medio y lejano (2.5 – 1000  $\mu\text{m}$ ). Usa un Interferómetro Michelson, cuya resolución es 0.25  $\text{cm}^{-1}$ . La presión de trabajo del equipo óptico es de 0.1 mbar. Las lámparas disponibles son Globar (para el MIR) y Hg-Arc (para el FIR) y los detectores son DTGS (MIR y FIR). En el caso de trabajar en el rango 15 – 1000  $\mu\text{m}$ , se usa un bolómetro de silicio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando las técnicas anteriormente mencionadas podemos abordar distintos tipos de estudios:

- Espesor de la capa de hielo depositada sobre el portamuestras [1].
- Densidad de hielos puros y mezclas [2, 3, 4]. Dicho valor es fundamental para estimar la composición de los hielos a partir de las absorbancias integradas que dependen de dicho parámetro y que hasta ahora se ha tomado como densidad de cualquier hielo  $1\text{g cm}^{-3}$ , lo cual ha llevado a errores en la estimación de la abundancia que pueden estar por encima del 50 %.
- Variación del índice de refracción de hielos puros y mezclas [2, 3, 4] con la longitud de onda y con la temperatura.
- Energía de sublimación [5]. Este parámetro es imprescindible en los modelos dinámicos de superficies heladas susceptibles de sublimar por algún tipo de aporte energético.
- Estimación de la porosidad y capacidad de adsorción de algunos hielos [6]. Lo cual podría explicar la presencia de determinadas especies a pesar de que una superficie helada haya superado la temperatura de sublimación de dicho hielo.
- Formación de sustancias nuevas tras irradiar una mezcla de hielo con radiación ultravioleta.
- Estudio del cambio en la estructura de un hielo con la variación de la temperatura.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha recibido la ayuda del Ministerio de Educación y ciencia (cofinanciado por fondos FEDER) AYA 2009-12974

## REFERENCIAS

- [1] Luna, R. et al., *Vacuum*, 83, 942-948 (2009).
- [2] Satorre, M. Á, et al., *Planetary and Space Science*, 56, 1748-1752 (2008).
- [3] Luna, R., et al., *Icarus*, 221, 186-191 (2012).
- [4] Satorre, M. Á, et al., *Icarus*, 225, 703-708 (2013).
- [5] Luna, R. et al., *Vacuum*, 86, 1969-1973 (2012).
- [6] Luna, R. et al., *Planetary and Space Science*, 314, 113-119 (2008).

## **Análisis de aceros AHSS en el nuevo simulador de deformación plástica HSMFS**

**M. A. Sellés<sup>(1)</sup>, S. Sánchez-Caballero<sup>(1)</sup>, R. Pla<sup>(1)</sup>, M.J. Reig<sup>(1)</sup>, V.J. Seguí<sup>(1)</sup>, B. Eixeres<sup>(1)</sup>, E. Pérez-Bernabeu<sup>(2)</sup>**

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

*(2) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad  
Universitat Politècnica de València  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

### **RESUMEN**

El presente documento muestra las capacidades del nuevo simulador de deformación plástica, de reciente construcción, y capaz de realizar ensayos en cualquier tipo de material, hasta una fuerza de 10 kN. Además, se exponen otras líneas de investigación del grupo.

### **EL SIMULADOR DE DEFORMACIÓN PLÁSTICA**

Los nuevos aceros TWIP (del inglés TWinning Induced Plasticity) nacieron en 2005 para responder a las expectativas de los constructores que estaban siempre en busca de soluciones de aligeramiento. Estos aceros constituyen un nuevo paso en la seguridad de los vehículos y aeronaves, entre otras aplicaciones. Tienen una gran capacidad de alargamiento y de resistencia.

Si se utilizasen en el sector del transporte, sería posible disminuir el peso de un automóvil o aeronave sin renunciar a su resistencia, y obtener formas mucho más complejas que las que se obtienen con los aceros convencionales. No obstante, el conformado de los aceros TWIP es actualmente la mayor problemática a la hora de decidir su implantación, por si el cambio puede dar buenos resultados, sobre todo al fabricar piezas complejas, por el desconocimiento de características importantes, como el comportamiento de fricción de este material. Se ha constatado las mejoras alcanzadas desde los costes, ligereza y alta resistencia; pero hay que recalcar que estos aceros poseen también unas características mecánicas diferentes a las convencionales que se traducen en un desconocimiento por parte las empresas a la hora de trabajar con ellos.

Con el simulador de deformación plástica se podrían determinar las propiedades tribológicas y de fricción de estos aceros en operaciones de conformado industrial, bajo todo tipo de condiciones y factores. Dadas las excepcionales características de este material, se propone su implantación en la industria aeronáutica y de automoción. Con el posible uso de los aceros TWIP como elemento estructural básico en las carrocerías permitiría un ahorro energético considerable, pues al ser más livianos que los aceros convencionales, el consumo del vehículo o aeronave sería menor. Además, dada la enorme elongación que tienen los TWIP, los vehículos serían más seguros al

poder absorber más energía en un hipotético impacto. Mediante la utilización de los aceros TWIP se puede por tanto ahorrar peso, incrementar la carga útil y reducir los costes de fabricación. Algunos ejemplos de aplicaciones en segmentos son: industria aeroespacial, vehículos de pasajeros, ferrocarriles, grúas y equipos de elevación, remolques, tubos y perfiles, volquetes, equipos agrícolas, etc.



**Figura 1.** Simulador de deformación plástica situado en Edificio Viaducto

El objetivo general del grupo de investigación es la determinación de las características tribológicas y de fricción de los aceros TWIP para obtener los parámetros óptimos de procesabilidad en las operaciones de conformado industrial. Estos parámetros serán esenciales para poder configurar el software de simulación en las situaciones en las que existan grandes deformaciones. En estos casos, el cálculo del coeficiente de rozamiento de Coulomb (método de cálculo utilizado por el software de simulación) no es válido por no contemplar estas zonas de extrema deformación.

Las tareas que se van a llevar a cabo son:

1. Estudiar las diferentes posibilidades y ámbitos de aplicación de los aceros TWIP en el sector del transporte.
2. En base a los resultados obtenidos de los experimentos, determinar las características tribológicas y de fricción que influyen en la conformabilidad de los aceros TWIP.
3. Aplicar diferentes modelos matemáticos para el cálculo de los puntos de máxima conformabilidad y construir la curva FLC (Forming Limit Curve).

4. Simular el conformado de los aceros TWIP mediante una técnica FEM a partir de los resultados experimentales obtenidos y extrapolar los datos a geometrías complejas (figura 1).
5. Comparar los métodos teóricos y experimentales en la obtención de las curvas FLC y estudiar de la validez de las curvas FLC en aceros TWIP.
6. Determinar el LDR (Limit Drawing Ratio) en aceros TWIP y estudiar la influencia de la anisotropía plástica en la determinación del LDR.

## BANCO DE ENSAYOS

El grupo también posee en el edificio del Viaducto de un banco de ensayos universal, completamente sensorizado (figura 2).



**Figura 2.** Banco de ensayos.

## PRENSADO DE MATERIALES RECICLADOS

En el edificio de Ferrándiz de la EPSA, se dispone también de una prensa para estudiar el comportamiento de las propiedades a la compresión hidrostática de residuos de envases recuperados.

Esta prensa se puede utilizar para múltiples propósitos, diferentes al mencionado anteriormente. Dispone de sensores y está controlada por ordenador. En las figuras 3 y 4 se puede ver su funcionamiento.



**Figura 3.** El material, antes de someterlo a la prensa.



**Figura 4.** El material, tras someterlo a la prensa.

## Grupo de Análisis de Datos y Diseño de Experimentos

**P. Miró, S. Oltra, J. Jordán, B. Micó-Vicent**

*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad*

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante)*

*e-mail: jorjornu@eio.upv.es*

### RESUMEN

Somos un grupo multidisciplinar que se dedica al tratamiento de datos e interpretación de resultados mediante la aplicación de técnicas estadística.

### LOS INTEGRANTES Y NUESTROS PERFILES

El grupo está compuesto por cuatro personas. El Investigador principal del grupo es Pau Miró i Martínez, doctor por la Universitat Politècnica de València y licenciado en Ciencias y Técnicas Estadísticas por la Universidad Miguel Hernández de Elche. Sandra Oltra Crespo, doctora por la Universitat Politècnica de València y licenciada en Matemáticas por la Univesitat de València. Jorge Jordán Núñez, estudiante de doctorado e Ingeniero de Materiales por la Universitat Politècnica de València. Y por último, Bàrbara Micó Vicent, estudiante de doctorado e Ingeniera de Materiales por la Universitat Politècnica de València. Todos los miembros del grupo son profesores de la Escuela politécnica superior de Alcoy, imparten asignaturas de estadística y matemáticas en los departamentos de Estadística y Matemáticas de la EPSA.

### ¿EN QUE TE PODEMOS AYUDAR?

Los datos, su manejo, análisis e interpretación son cada vez más necesarios en numerosos campos, desde los procesos industriales a la investigación básica. Los trabajos e investigaciones con fundamentación estadística son más consistentes, y un buen análisis los dota de mayor calidad y credibilidad. Nuestro equipo de trabajo está especializado en desarrollar, asesorar, y apoyar estudios y proyectos que quieran introducir la componente estadística. Los principales campos de trabajo son el "Tratamiento de datos", y el "Diseño de Experimentos".

### TRATAMIENTO DE DATOS

Desde el grupo, estructuramos el tratamiento de datos en tres etapas secuenciadas. La primera etapa del tratamiento de datos es el análisis exploratorio. Esta etapa consiste en realizar análisis univariantes para obtener los estadísticos descriptivos (media, mediana, moda, varianza, desviación típica, mínimo, máximo, rango), así como algunos gráficos como el gráfico de cajas y bigotes, y el histograma. Todo con el objetivo de detectar posibles anomalías y describir las variables.

La segunda etapa es el análisis bivariante. En esta etapa, vemos la relación entre las variables dos a dos, para analizar las relaciones de dependencia, medir el nivel de correlación, y modelizar las relaciones entre variables.

Por último la tercera etapa, es el análisis multivariante. En esta etapa, se aplican las técnicas estadísticas oportunas según las características de las variables anteriormente observadas en las dos etapas anteriores, para obtener modelados que permitan la predicción en condiciones similares a las que se han calculado con cierta confianza. La clave de esta tercera etapa radica en la selección de la técnica, la verificación de las hipótesis, y la interpretación de los modelados.

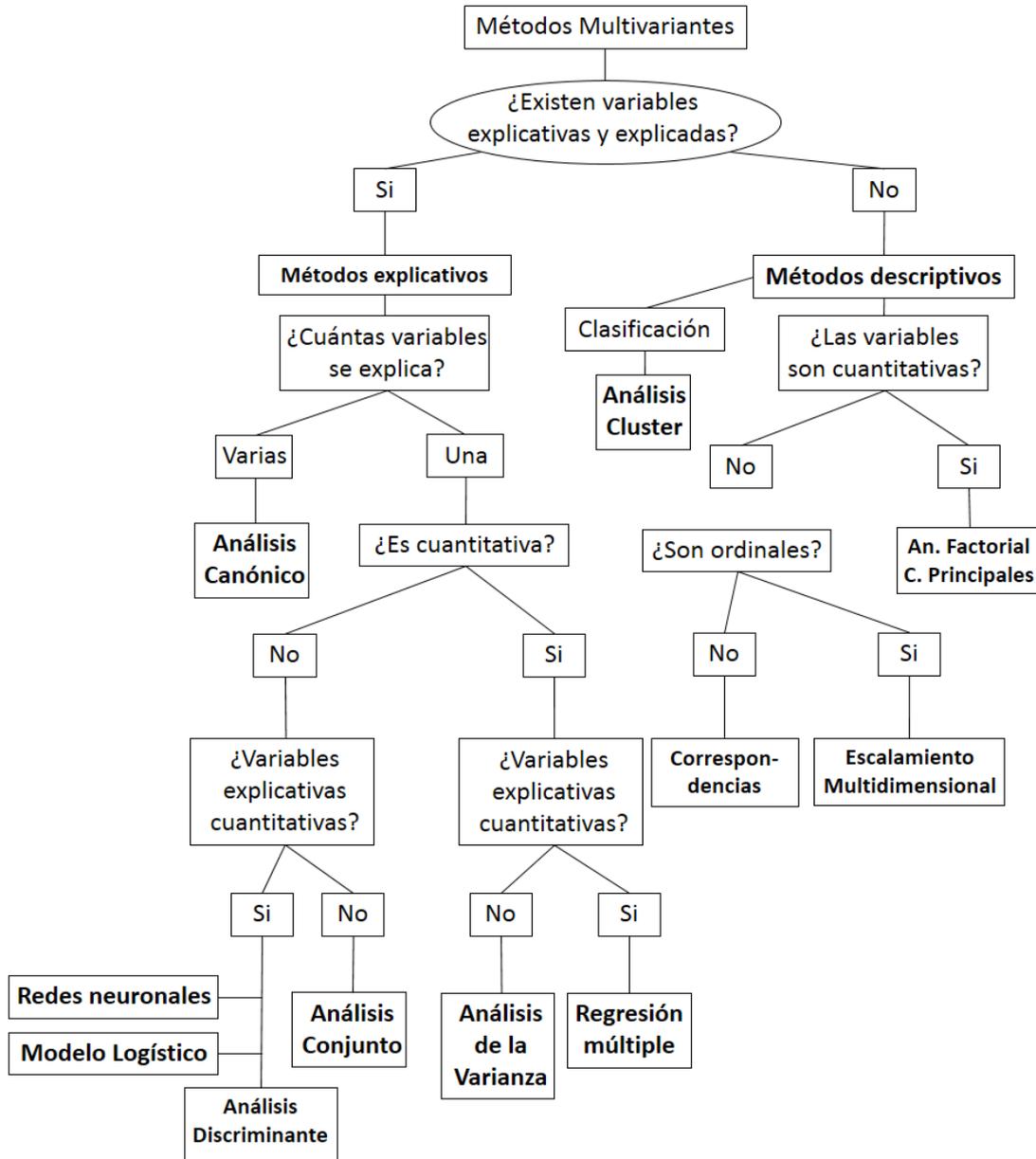


Figura 1. Árbol clasificador de técnicas de análisis multivariantes.

## DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Tratamos de adaptar el diseño de experimentos a cualquier tipo de investigación, teniendo mucha aplicación en ámbitos de laboratorio. Los diseños que proponemos van en función de las necesidades de la investigación, siendo los más comunes los diseños Factoriales, los diseños de mezclas, los diseños Taguchi, y los diseños D-Optimos.

## SOFTWARE

Para los cálculos y representaciones gráficas, usamos software específicos en estadística y matemáticas. En concreto el SPSS, Statgraphics, Matlab, y Microsoft Excel con licencias privadas, y el software R de uso libre.



Figura 2. Logos de software para tratamiento estadístico.

## ESTAMOS TRABAJANDO EN...

Líneas muy diferentes son las que abarca el grupo, a continuación se enuncian las más relevantes.

- Tratamiento de datos biológicos. Siendo el tema central de una tesis doctoral, en la que se colabora con el departamento informático de la EPSA, y con médicos del Hospital Universitario de Móstoles.
- Optimización de propiedades ópticas en nanopigmentos, en el que colaboramos con el grupo de visión y color de la Universidad de Alicante.
- Identificación de partes fraudulentos del automóvil para empresas aseguradoras.
- Estudio sobre la fidelización de clientes para empresas aseguradoras.
- Métodos de imputación de datos faltantes, para completar bases de datos.
- Optimización de materiales para aislamiento acústico, en el que colaboramos con el departamento de materiales de la EPSA.

## CONTACTO

Se puede contactar con nosotros a través de nuestras cuentas de correo electrónico:

- Pau Miró ([pamimar@eio.upv.es](mailto:pamimar@eio.upv.es))
- Sandra Oltra ([soltra@mat.upv.es](mailto:soltra@mat.upv.es))
- Jorge Jordán ([jorjornu@eio.upv.es](mailto:jorjornu@eio.upv.es))
- Bàrbara Micó ([barmivi@eio.upv.es](mailto:barmivi@eio.upv.es))

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- [1] D. Peña. Análisis de datos multivariantes. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2002. isbn: 9788448136109.
- [2] C.P. López. Técnicas de análisis multivariante de datos: aplicaciones con SPSS. Fuera de colección Out of series. Pearson Educación, 2004. isbn:9788420541044.
- [3] R.E. Tatham R.L. Black W.C Hair J.F. Anderson. Análisis multivariante de datos. Fuera de colección Out of series. Pearson Prentice Hall, 1999. isbn: 9788483220351.
- [4] D.C. Montgomery. Diseño y análisis de experimentos. Ed Limusa,S.A., 2002. Isbn:968-18-6156-6.

## ISIRYM. Líneas de investigación en Seguridad Industrial y Ambiental en el campus de Alcoy

**A. Abad, S.C. Cardona, J. Ferre, E. Gongga, V.G. Lo Iacono, M.F. López-Pérez, J. Lora-García, J. Navarro-Laboulais, J.I. Torregrosa, A. Valor**

*Departamento de Ingeniería Química y Nuclear  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València (UPV)  
Plaza Ferrandiz i Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: jlora@iqn.upv.es*

### RESUMEN

El presente trabajo describe las actividades de investigación que actualmente desarrolla el Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) en el Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València. Dichas actividades se centran en el desarrollo de líneas de investigación en las áreas de seguridad industrial y medioambiental por parte del grupo de profesores del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la UPV que están adscritos al ISIRYM en el campus de Alcoy. De acuerdo con la estructura orgánica del Instituto se describen los diferentes objetivos, capacidades y recursos de los grupos: Laboratorio de Reactores Gas-Líquido-Sólido (GL2S) y PROMETEO (Procesos de Membrana, Tratamiento de Efluentes Líquidos y Optimización).

### INTRODUCCIÓN

El Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) es un centro de I+D cuyo objetivo es el fomento y desarrollo de la investigación científico-técnica, la transferencia de tecnología, el asesoramiento técnico a empresas del sector y la formación de personal cualificado en sus áreas tecnológicas de actuación.

- Seguridad Industrial: tecnología de membranas, electroquímica y corrosión, control de sistemas e instrumentación, generación de hidrógeno, pilas de combustible.
- Seguridad Radiofísica: calidad de equipos rayos-x, imagen radiológica, seguridad en centrales nucleares.
- Seguridad Ambiental: tratamiento de efluentes industriales, desalación y acondicionamiento del agua, energías renovables.

ISIRYM inicia su actividad el año 2004, con emplazamiento en los Campus de Vera y Alcoy de la Universitat Politècnica de València. Este centro cuenta con más de 70 profesionales organizados en 4 grupos de investigación de larga trayectoria [1]:

- IEC: Ingeniería Electroquímica y Corrosión
- SENUBIO: Seguridad Nuclear y Bioingeniería de la Radiación Ionizante
- PROMETEO: Procesos de Membrana, Tratamiento de Efluentes Líquidos y Optimización
- GL2S: Laboratorio de reactores gas-líquido-sólido.

En el campus de Alcoy la actividad del ISIRYM la desarrollan los grupos GL2S y PROMETEO coordinados por los profesores Javier Navarro-Laboulais y Jaime Lora

respectivamente, contando con otros 4 profesores, 3 becarios y un técnico de laboratorio que participan en las líneas de investigación de ambos grupos. A continuación, se resumen las características más relevantes de cada uno de ellos.

## GRUPO LABORATORIO DE REACTORES GAS-LÍQUIDO-SÓLIDO (GL2S)

### Objetivos

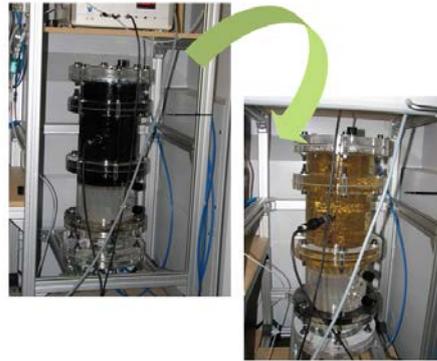
Desarrollo de instrumentación y herramientas de análisis de datos que permitan optimizar los procesos de depuración de aguas, analizando el problema desde el nivel más fundamental hasta el más aplicado.

### Líneas de trabajo.

- Estudio de la transferencia gas-líquido + reacción en reactores biológicos, de ozonización y en procesos avanzados de oxidación (AOP).
- Diseño de procesos y desarrollo de la instrumentación para su monitorización y control.
- Modelado y simulación de reactores heterogéneos.

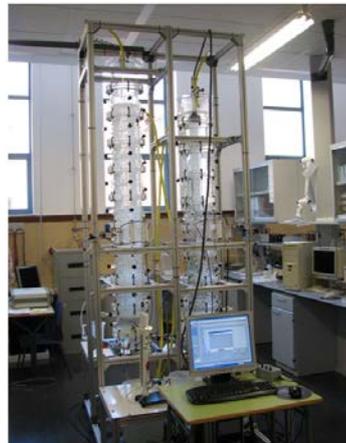
En dichas líneas se pueden destacar las capacidades mostradas en las Figuras 1 y 2.

- Ozonización de colorantes textiles en aguas.
- Reducción de la coloración de efluentes de una EDAR.
- Eliminación de contaminantes emergentes en aguas residuales hospitalarias.
- Interacción O<sub>2</sub>-biomasa-contaminante en reactores biológicos.
- Control de la formación de biofilms.



**Figura 1.** Capacidades en transferencia G-L + reacción en reactores.

- Generación automática de modelos a partir de matrices estequiométricas asociadas a mecanismos de reacción.
- Análisis de sensibilidad de parámetros de modelos cinéticos.
- Análisis de modelos (identificabilidad estructural y práctica) para identificar las constantes accesibles en función de los datos experimentales disponibles.
- Métodos de optimización por técnicas convencionales y redes neuronales para estimación de parámetros.
- Simulación de procesos químicos.



**Figura 2.** Capacidades en modelado y simulación de reactores heterogéneos.

Además, con carácter más transversal, se dispone de capacidades en análisis y gestión ambiental, destacando las siguientes:

- Modelado del flujo de información ambiental en organizaciones complejas mediante modelos basados en agentes.
- Estudio desde el punto de vista del Análisis del Ciclo de Vida del uso de la Huella de Carbono y la Huella Ecológica en Universidades.
- Predicción mediante el uso del análisis de componentes y redes neuronales de indicadores de calidad ambiental en el bosque mediterráneo.

## GRUPO PROMETEO (PROCESOS DE MEMBRANA, TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS Y OPTIMIZACIÓN)

### Objetivos.

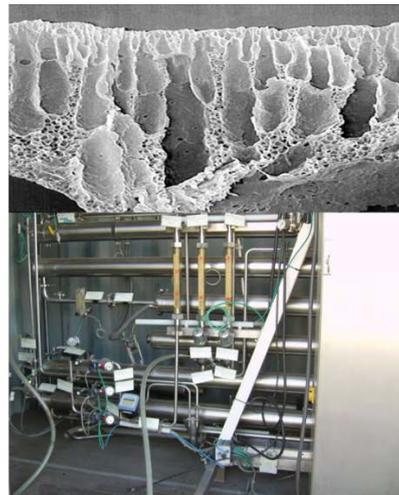
Diseño y desarrollo de diferentes soluciones al tratamiento de efluentes líquidos basadas principalmente en el empleo de la tecnología de membrana.

### Líneas de trabajo.

- Modificación por tratamiento con plasma de la superficie activa de membranas de ultrafiltración aplicadas en MBR.
- Osmosis Directa aplicada a la regeneración de aguas residuales.
- Fabricación de membranas sintéticas para procesos de separación.

En dichas líneas se pueden destacar las capacidades mostradas en la Figura 3:

- Investigación aplicada de las técnicas de membrana en procesos productivos industriales, su combinación con otros procesos de depuración, y el modelado y simulación de procesos.
- Análisis de los fenómenos de ensuciamiento y la regeneración de las membranas.
- Gestión de las corrientes concentradas.
- Desarrollo de nuevos prototipos de instalaciones de membranas, y la realización de diseños de carácter industrial.



**Figura 3.** Capacidades en tecnología de separación por membranas.

## RECURSOS MATERIALES

Para el desarrollo de las investigaciones el ISIRYM en el campus de Alcoy dispone de una serie de instalaciones, la mayoría de diseño propio, entre las que cabe destacar:

- Planta piloto de ozonización totalmente automatizada, con 2 generadores de ozono de producción máxima 20 g/h y 80 g/m<sup>3</sup> O<sub>3</sub>, y detectores de ozono en fase gas y líquida
- Reactores biológicos: 2 Sequential Batch Reactors (SBR) totalmente automatizados (10 L) con medida de T, pH, O<sub>2</sub> disuelto, y seguimiento de

amonio, nitratos y nitritos (electrodos ISE de CRISON GLP 22) así como un respirómetro híbrido.

- Equipamiento para ensayos de biodegradabilidad.
- Espectrofotómetros UV-Vis + sondas ópticas
- Microscopio de contraste de fases (VWR microscope TR400-SW) para recuento de especies
- Planta piloto de ultrafiltración.
- Planta piloto de osmosis directa.
- Planta piloto de osmosis inversa.
- Equipamiento para la fabricación de membranas sintéticas semipermeables.

## **CAPACIDAD FORMATIVA.**

La formación ofertada por el ISIRYM puede dividirse en dos grupos: Formación postgrado específica (títulos propios y cursos para empresas), y Estudios de Master y Doctorado [2].

## **CONCLUSIONES**

La creación del ISIRYM surge como una apuesta firme para consolidar la evolución de la destacable actividad investigadora y de transferencia de tecnología de los grupos implicados, potenciando el desarrollo social e industrial tanto de la Comunidad Valenciana como de su entorno nacional e internacional. El carácter multidisciplinar de este centro permite acometer con éxito numerosos proyectos tecnológicos y de I+D de gran envergadura tal como se recoge en su memoria anual de resultados [3].

Desde el punto de vista de transferencia de resultados cabe destacar una amplia relación con entidades y empresas de diferentes sectores productivos entre los que se incluyen el textil, curtidos, petroquímico, metalúrgico, cerámico y agroalimentario, así como con distintas entidades vinculadas con el mercado del agua. En los últimos años, se han desarrollado además varios proyectos de cooperación al desarrollo en países como Ecuador y Mozambique en temas relacionados con la potabilización de agua en zonas rurales.

## **REFERENCIAS**

- [1] WEB del Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental  
<http://www.upv.es/isiryim/index.html>
- [2] Formación específica de posgrado y doctorado del ISIRYM  
<http://www.upv.es/isiryim/formacion.html>
- [3] Memoria de Actividades de I+D+i, RTD Activities Report 2005/2009  
[http://www.upv.es/isiryim/assets/memoria\\_2005-2009\\_DEF.pdf](http://www.upv.es/isiryim/assets/memoria_2005-2009_DEF.pdf)

## Líneas de investigación del Grupo de Investigación en Materiales Plásticos y Compuestos (GPMC)

R. Balart, L. Sánchez-Nácher, T. Boronat, O. Fenollar, V. Fombuena, M.D. Samper, D. Garcia-Garcia, A. Carbonell, M. Monzó, J. Balart, D. Garcia-Sanoguera\*

*Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)  
Universidad Politécnica de Valencia, campus de Alcoy  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, sn  
e-mail: dagarsa@dimmm.upv.es*

### 1. COMPONENTES DEL GRUPO

El grupo de investigación en polímeros y materiales compuestos del Instituto de Tecnología de Materiales (ITM) está integrado por investigadores del Área de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería de los Procesos de Fabricación y esta constituido por un total de 13 personas:

- Dr. Rafael Antonio Balart Gimeno (PDI-Titular de Universidad)
- Dra. Lourdes Sánchez Nácher (PDI-Titular de Universidad)
- Dr. David García Sanoguera (PDI-Titular de Universidad)
- Dr. Teodomiro Boronat Vitoria (PDI-Contratado Doctor)
- Dr. Octavio Fenollar Gimeno (PDI-Profesor Asociado/Técnico Superior Investigación)
- Dr. Vicent Fombuena Borrás (PDI-Profesor Asociado/Técnico Superior Investigación)
- Dña. María Dolores Samper Madrigal (Becaria FPI-UPV)
- D. Daniel García García (Técnico Superior de Investigación)
- D. Alfredo Carbonell Verdú (Técnico Superior de Investigación)
- D. Matías Monzó Pérez (PAS-Técnico Superior Laboratorio)
- D. Javier Balart Gimeno (PAS-Técnico Superior Laboratorio)
- Dña. Bárbara Llinares Mira (Becaria de colaboración)
- Dña. Sandra Colomina Peidro (Becaria de colaboración)

### 2. LÍNEAS DE TRABAJO

Las líneas de trabajo del grupo se centran en el desarrollo y optimización de formulaciones de materiales poliméricos y la fabricación de materiales compuestos, todo ello, bajo un marcado enfoque medioambiental con el fin de contribuir al desarrollo de materiales sostenibles. Las diferentes investigaciones que desarrolla el personal del grupo, se pueden resumir en las siguientes:

#### I. OPTIMIZACIÓN DE FORMULACIONES DE MATERIALES PLÁSTICOS PARA INGENIERÍA

En esta línea de trabajo, el grupo ha centrado su actividad en el desarrollo de formulaciones de materiales plásticos con aditivos de origen renovable y de bajo impacto medioambiental entre los que destacan el empleo de antioxidantes (tipo timol, carvacrol, vitamina E), protectores UV (flavonoides), plastificantes (aceites

epoxidados), antibacterianos,... entre otros. En esta misma línea de trabajo, el grupo ha desarrollado investigaciones que han permitido incorporar nanopartículas (nanoarcillas, nanotubos de carbono, nanoplata,...) a matrices poliméricas con el fin de ofrecer diversas funcionalidades.

En esta línea de trabajo, el grupo ofrece experiencia en el empleo de plásticos biodegradables como el ácido poliláctico (PLA), polihidroxialcanoatos (PHAs), almidones termoplásticos, estructuras proteicas, poliuretanos de origen renovable, ... Bajo este marco, se ha trabajado en la caracterización reológica, transiciones térmicas, incorporación de aditivos para ofrecer productos con interés industrial.

## **II. DESARROLLO DE PANELES AGLOMERADOS CON ELEVADO CONTENIDO DE MATERIALES RENOVABLES**

Bajo el marco de esta línea de trabajo, el grupo ha desarrollado diversos tipos de paneles de material compuesto, basados en la aglomeración de partículas de tipo lignocelulósico con diferentes tipos de ligantes de origen renovable como son las estructuras proteicas, aceites vegetales epoxidados y acrilados, ... Se ha trabajado en el desarrollo de compuestos mediante técnicas de termo-compresión y se ha evaluado la utilidad de diferentes tipos de residuos agroforestales y de diferentes ligantes de origen renovable en la fabricación de paneles con propiedades mecánicas interesantes y con buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico capaces de ofrecer confort.

## **III. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN PROCESOS DE MODIFICACIÓN DE SUPERFICIES**

En este campo, el grupo dispone de amplia experiencia en el empleo de tecnologías de plasma (corona, baja presión, atmosférico) para la mejora de las propiedades adhesivas de sustratos de tipo polimérico y compuesto. Ha trabajado en la mejora de la humectabilidad de materiales altamente hidrofóbicos y, junto con las técnicas de plasma, también dispone de experiencia en el empleo de procesos de fotopolimerización de injerto para la modificación de las propiedades superficiales de sustratos poliméricos y ofrecer superficies funcionales (hidrofílicas, superhidrofóbicas, autolimpiables, antibacterianas,...)

## **IV. INVESTIGACIÓN EN MATERIALES COMPUESTOS ECOLÓGICOS**

El grupo dispone de experiencia en la fabricación de materiales compuestos con resinas convencionales, derivadas del petróleo (epoxi, poliéster, fenólicas, ...) con fibras de vidrio, aramiditas, basalto, ... Por otro lado, en los últimos años ha centrado su actividad, dentro de esta línea, en el desarrollo de paneles compuestos con elevado contenido en materiales renovables, tanto a nivel de resinas (aceites epoxidados, fenoles naturales, poliésteres con alto contenido renovable, ...) como a nivel de elementos de refuerzo, disponiendo de experiencia en el empleo de fibras naturales (lino, yute, cáñamo, kenaf, ...) y los tratamientos superficiales necesarios para la mejora de los fenómenos de entrecara (tratamientos plasma, fotopolimerización, agentes de acoplamiento, ...).

### 3. EQUIPAMIENTO DE LABORATORIOS

A continuación se muestra un listado con los equipos disponibles en los diferentes laboratorios

- Equipo universal de ensayos 5 Tn.
- Lupas ampliación x40.
- Durómetros.
- Horno Mufla.
- Equipo para la adquisición de curvas de enfriamiento.
- Estufas.
- Equipo de mini-Inyección.
- Soporte fotográfico.
- Molino triturador.
- Equipo para medición de propiedades eléctricas.
- Cámara termográfica (TI) para inspección no destructiva.
- Cromatógrafo de gases-Espectrómetro de masas.
- Equipo de análisis por infrarrojos.
- Equipo de análisis por termogravimetría (TGA).
- Equipo de análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC).
- Equipo de análisis reología plato-plato.
- Equipo de análisis dinámico-mecánico (DMA).
- Equipo del estudio del curado de resinas GELNORM
- Microscopio electrónico de barrido
- Equipo Vicat y HDT. Estaciones de trabajo Vicat y Flexión Térmica.
- Equipo de índice de fluidez.
- Equipo de resiliencia tipo Charpy.
- Microdurómetro.
- Cámara de envejecimiento UV (XENOTERM).
- Colorímetro.
- Viscosímetro Brookfield
- Mezcladora de Palas.
- Goniómetro.
- Equipo de tratamiento superficial mediante plasma atmosférico.
- Equipo de tratamiento superficial mediante fotopolimerización UV.
- Máquina de extrusión de doble husillo co-rotante.
- Prensa de platos calientes.
- Mezcladora de rodillos.

### 4. Publicaciones recientes

A continuación se muestran las publicaciones del grupo en revistas listadas en el SCI en los dos últimos años

- Octavio Fenollar, David Garcia-Sanoguera, Lourdes Sanchez-Nacher, Teodomiro Boronat, Juan López, Rafael Balart; "Mechanical and Thermal Properties of Polyvinyl Chloride Plasticized with Natural Fatty Acid Esters" POLYMER-PLASTICS TECHNOLOGY AND ENGINEERING 52: 761-767 (2013)

- Vicent Fombuena, Sánchez-Nácher L., Samper M.D., Juárez D., Balart, R.; “Study of the Properties of Thermoset Materials Derived from Epoxidized Soybean Oil and Protein Fillers” J AM OIL CHEM SOC 90: 449–457 (2013)
- V. Fombuena, J. Balart, T. Boronat, L. Sánchez-Nácher, D. García-Sanoguera; “Improving mechanical performance of thermoplastic adhesion joints by atmospheric plasma” MATERIAL AND DESIGN 47: 49– 56 (2013)
- David Juárez, David García-Sanoguera, Santiago Ferrándiz, Miguel Ángel Peydró, Rafael Balart “Study, Mechanical Characterization and Mathematical Modeling of Compatible SEBS Blends for Industrial Applications in Orthopedics and Childcare” POLYMER-PLASTICS TECHNOLOGY AND ENGINEERING 52: 862- 868 (2013)
- J.M. España, T. Boronat, D. García-Sanoguera, J. López, R. Balart; “Use of atmospheric plasma treatment to improve adhesion properties of sodium ionomer sheets” SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY 218: 1– 6 (2013)
- O. Fenollar;D. García-Sanoguera;L. Sánchez-Nácher;J. López;R. Balart; “Characterization of the Curing Process of Vinyl Plastisols with Epoxidized Linseed Oil as a Natural-Based Plasticizer” JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE 124: 2550 - 2557 (2012)
- J. Balart;V. Fombuena;J.M. España;L. Sánchez-Nácher;R. Balart; “Improvement of adhesion properties of polypropylene substrates by methyl methacrylate UV photografting surface treatment” MATERIALS & DESIGN 33: 1 – 10 (2012)
- D. Juárez;S. Ferrándiz;R. Balart;M.J. Reig;M.A. Peydró; “Rheological characterization and mathematical modeling of a SEBS blend for industrial applications where nowadays liquid silicone rubber is used” KEY ENGINEERING MATERIALS 502: 109 – 114 (2012)
- J. Pascual;F. Peris;T. Boronat;O. Fenollar;R. Balart; “Study of the Effects of Multi-Walled Carbon Nanotubes on Mechanical Performance and Thermal Stability of Polypropylene” POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE 52: 733 - 740 (2012)
- J. Balart;V. Fombuena;T. Boronat;M.J. Reig;R. Balart; “Surface modification of polypropylene substrates by UV photografting of methyl methacrylate (MMA) for improved surface wettability” JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 47: 2375 – 2383 (2012)
- D. Bertomeu;D. García-Sanoguera;O. Fenollar;T. Boronat;R. Balart; “Use of Eco-Friendly Epoxy Resins From Renewable Resources as Potential Substitutes of Petrochemical Epoxy Resins for Ambient Cured Composites With Flax Reinforcements” POLYMER COMPOSITES 33: 683 – 692 (2012)
- Eduardo Fages; Sagrario Gironés; Lourdes Sánchez-Nacher; David García-Sanoguera; Rafael Balart; “Use of Wet-Laid Techniques to Form Flax-Polypropylene Nonwovens as Base Substrates for Eco-Friendly Composites by Using Hot-Press Molding” POLYMER COMPOSITES 33: 253 – 261 (2012)

---

## **COMUNICACIONES ORALES**

---



## Efecto de los parámetros de plasma atmosférico sobre la superficie del ácido poliláctico

A. Jordá-Vilaplana<sup>(a)</sup> L. Sánchez-Nácher<sup>(b)</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Gráfica (DIG) Teléfono:+34966528451 amjorvi@upv.es  
Universitat Politècnica de València (UPV), 03801, Alcoy (Spain)

<sup>b</sup> Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)  
Universitat Politècnica de València (UPV), 03801, Alcoy (Spain)

### RESUMEN

El presente trabajo pretende mejorar la humectabilidad de polímeros biodegradables mediante la utilización del tratamiento de plasma atmosférico. Debido al gran interés y concienciación por respetar el medio ambiente que ha surgido en las últimas décadas, el polímero utilizado es el ácido poliláctico PLA, el cual es tratado mediante plasma atmosférico, obteniendo resultados de mejora de humectabilidad debido al aumento de energías superficiales, determinando los rangos de trabajo óptimos de aplicación del plasma atmosférico. Para ello se ha utilizado este tratamiento de modificación superficial con la variación de parámetros de procesado: velocidad de pasada del plasma y altura boquilla/substrato. La evaluación de los efectos de este tratamiento superficial sobre el PLA se realiza de forma experimental mediante medida de ángulos de contacto, cálculo de energías superficiales, junto con técnicas de estudio de los mecanismos de modificación superficial del plasma.

### INTRODUCCION

En la sociedad consumista actual en la que vivimos, marcada por la Cultura del usar y tirar y el consumismo incontrolado, está provocando graves consecuencias en el ecosistema y en el medioambiente. Por este motivo los gobiernos de los países desarrollados están creando legislaciones y compromisos por tal de minimizar estas graves consecuencias. Concretamente, se han creado las políticas para el desarrollo sostenible desde el punto de vista medioambiental UE:COM 2005-658 "estrategia para el desarrollo sostenible". Dentro de este marco de acción general, presentan especial relevancia las políticas en gestión de residuos, puesto que su crecimiento exponencial es directamente proporcional al crecimiento económico de la sociedad.

Actualmente se están generando 3000 millones de toneladas de residuos al año, unas 6 toneladas por persona en la Unión Europea. En 2020 se prevé un aumento del 45%. Actualmente se reciclan 1,21 millones de toneladas de envases al año, unos 81000 millones de envases, de los cuales el 68, 9% de total es gestionado por Ecoembes. Las principales características de estos envases son las siguientes; tiene un ciclo de vida corto, son productos de usar y tirar, es el sector que más residuos genera, la materia prima es de naturaleza petroquímica, no es biodegradable, y se produce una inadecuada utilización de materiales poliméricos. Es por ello que aparece la necesidad de sustituir los polímeros convencionales por polímeros biodegradables, respetuosos con el medioambiente.

En el presente trabajo se ha utilizado el ácido poliláctico (PLA), por ser un biopolímero obtenido por la fermentación microbiana de materias naturales ricas en azúcares, celulosa y almidón, mediante la polimerización. Sus principales características son las siguientes; es un termoplástico transparente, incoloro, estable a los rayos ultravioleta, con estructura amorfa y/o semicristalina, es frágil y tiene buena resistencia y rigidez.

Además si se comparan sus propiedades mecánicas con las de otro polímero convencional como el polietileno o polipropileno, se llega a la conclusión que el ácido poliláctico puede ser un gran sustitutivo de los plásticos convencionales.

Las principales aplicaciones es en el sector envase y embalaje, a la hora de diseñar un envase, uno de los problemas típicos de los polímeros es la baja adhesión, debido a su carácter apolar. En este estudio lo que se pretende es mejorar la hidrofiliidad. Para ello se ha utilizado un tratamiento novedoso denominado tratamiento superficial con plasma atmosférico. Por este motivo se plantean como objetivos en este trabajo experimental los siguientes: Optimizar las condiciones de tratamiento superficial con plasma atmosférico sobre PLA; cuantificar los efectos del tratamiento superficial con plasma, observando la mejora de la humectabilidad; e identificar los principales mecanismos de acción del plasma.

## EXPERIMENTAL

El material utilizado en el presente estudio es el sustrato comercial de Acido poliláctico PLA suministrado en forma de granza por la empresa Nature Works LLC, situada en Minnetonka, (Minnesota, EEUU), concretamente el polímero PLA 6201D.

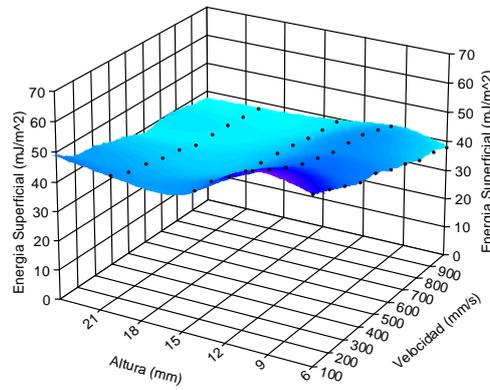
El tratamiento de plasma atmosférico se realiza con un equipo "Plasma Jet RD1004", del proveedor Plasmatrete GmbH, empresa con sede en Alemania. Las condiciones ensayadas fueron a velocidades distintas, 100, 300, 700 y 1000 mm/s y alturas diferentes 6, 10, 14 y 20 mm. El equipo utilizado para la medida del ángulo de contacto de las diferentes muestras de PLA mediante los diferentes líquidos de contacto nombrados anteriormente es el EASYDROP STANDARD de la marca KRÜSS modelo FM140 110/220 V, 50/60 Hz.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acción del plasma atmosférico sobre el PLA estudiado provoca la funcionalización de la superficie por interacción de las especies ionizadas del aire que genera el plasma, aumentando la humectabilidad de las mismas, pero dicho aumento es función de las condiciones de aplicación del tratamiento de modificación superficial. Este estudio de ángulos de contacto utilizando distintos líquidos de ensayo, permite calcular la energía superficial de cada muestra tratada, a través de diversas teorías o modelos matemáticos. El método utilizado en este estudio es el de Owens- Wendt, a partir de los ángulos de contacto para diferentes líquidos. Además es un método que aporta información sobre las contribuciones polares y dispersivas, lo que puede dar información sobre la manera o forma en que se produce la modificación superficial en el tratamiento de plasma. [1-3]

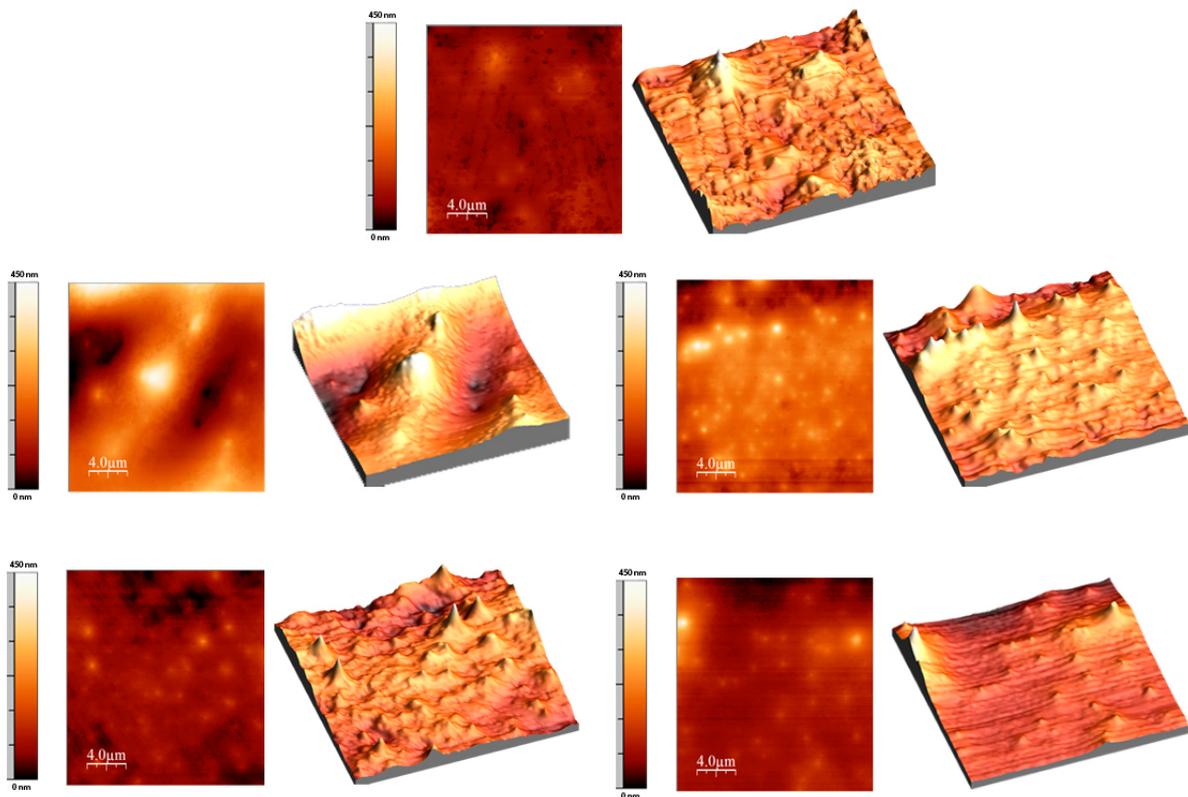
En la figura 1 se puede observar una gama cromática de azules, que representan la variación de la energía superficial. La zona con mejores resultados obtenidos es para una distancia boquilla/sustrato de 10 mm y velocidades de pasada bajas entre 100 y 500 mm/s, con valores de energía superficial mayores a 50 mJ/m<sup>2</sup> si tenemos en cuenta que la energía superficial inicial del PLA es de 37,10 mJ/m<sup>2</sup>.

Este aumento de las energías superficiales del PLA por la acción del plasma atmosférico se debe principalmente a dos tipos de actuación del mismo sobre la superficie polimérica. En primer lugar se generan una serie de cambios físicos que afectan a la rugosidad superficial: mecanismo de microarranque, y en segundo lugar se produce una activación química de la superficie polimérica responsable del aumento de su polaridad.



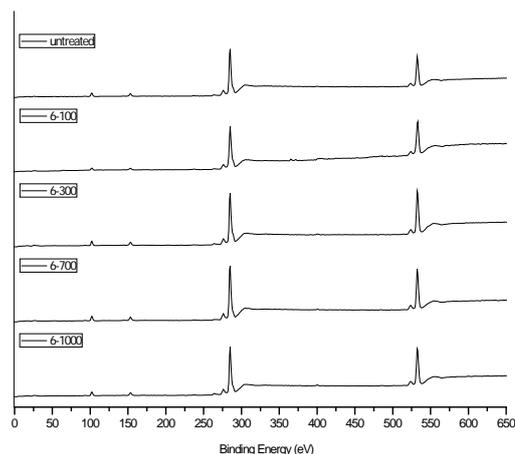
**Figura 1.** Variación de la energía superficial del PLA tratado con plasma atmosférico en función de la velocidad de pasada y de la altura boquilla/sustrato.

Mediante la técnica de observación con microscopía de fuerza atómica (AFM) se puede cuantificar con medidas de “micro-rugosidad” el mecanismo de microarranque que proporciona mejoras en las propiedades humectantes al generar mucha más superficie irregular, como se observa en la figura 2. [3-7]



**Figura 2.** Imágenes AFM en 2D y 3D de la superficie del PLA sin tratamiento y tratadas a 6 mm de distancia tobera-sustrato y distintas velocidades de pasada (100, 300, 7000 y 1000 mm/s). (Escala 20  $\mu\text{m}$  x 20  $\mu\text{m}$ )

El mecanismo de activación superficial se cuantifica mediante la técnica de espectroscopía fotoelectrónica (XPS), que nos aporta información cuantitativa y cualitativa del proceso de funcionalización de las láminas de PLA tratado con plasma atmosférico en distintas condiciones, como se observa en la figura 3.



**Figura 3.** Espectros XPS de baja resolución del sustrato de PLA sin tratar y de distintos sustratos de PLA tratados con plasma atmosférico a 6 mm de distancia boquilla/sustrato y distintas velocidades de pasada.

En las figuras anteriores se observa como para una distancia sustrato/tobera de 6 mm y velocidades bajas 100 mm/s, comparándola con la muestra sin tratar, se aprecia claramente un incremento del pico correspondiente a la transición O 1s de oxígeno, con una energía de ligadura de aproximadamente 533 eV y un decremento del pico correspondiente a la transición C 1s de carbono, con una energía de ligadura de 285 eV aproximadamente. Además, se aprecia la aparición de un pequeño pico que corresponde a la contribución del nitrógeno, N 1s, para una energía de ligadura alrededor de 399 eV, y que para la muestra sin tratar no aparecía. Esto es debido a que al tratarse de plasma atmosférico, la funcionalización se producirá por la inserción de especies presentes en el aire.

## CONCLUSIONES

Como conclusiones derivadas del estudio del tratamiento de plasma atmosférico sobre polímeros biodegradables, cabe destacar que el tratamiento mejora de forma la humectabilidad del ácido poliláctico, al aumenta el comportamiento hidrofílico del sustrato de forma óptima para tratamientos posteriores. Las condiciones óptimas de aplicación de este tratamiento de modificación superficial se mantienen en el rango de bajas alturas de boquilla/sustrato [6-10 mm] y baja/media velocidad de pasada [100-700 mm/s] para las mismas alturas.

## REFERENCIAS

- [1] Martinez-Martinez M, Romero-Sanchez MD. *Eur Phys J-Appl Phys.* 34, 125-38 (2006).
- [2] Michalski MC, Hardy J, Saramago BJV. *Journal of Colloid and Interface Science.* 208, 319-328 (1998).
- [3] Pascual M, Sanchis R, Sanchez L, Garcia D, Balart R. *J Adhes Sci Technol.* 22, 1425-1442 (2008).
- [4] De Geyter N, Morent R, Leys C. *Ieee Transactions on Plasma Science.* 36, 1308-1309 (2008).
- [5] De Geyter N, Morent R, Leys C, Gengembre L, Payen E, Van Vlierberghe S, et al. *Surf Coat Technol.* 202, 3000-3010 (2008).
- [6] Esena P, Riccardi C, Zanini S, Tontini M, Poletti G, Orsini F. *Surf Coat Technol.* 200, 664-667 (2005).
- [7] Teraoka F, Nakagawa M, Hara M.. *Dent Mater J.* 25, 560-565 (2006).

## El puente de Sant Jordi. Un caso de modernidad para Alcoi

**J. F. Picó Silvestre**

*Departament de Composició Arquitectònica  
Universitat Politècnica de València – Campus d'Alcoi  
Plaça de Ferràndiz i Carbonell s/n 03801 Alcoi (Alacant)  
e-mail: juapisil@cpa.upv.es*

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el análisis del Art Déco en la ciudad de Alcoy partiendo del Puente de San Jorge y observando su transcendencia. El análisis se centra en una época muy poco estudiada que transcurre desde mediados de los años veinte hasta la guerra civil del siglo XX.

Recurrir a la historia para aumentar el conocimiento comprendiéndola y así utilizarla después con la imaginación como instrumento para la revitalización de las ciudades y del patrimonio existente, como elemento sobre el cual extraer valores innovadores para el mercado, es actualmente de vital importancia.

### INTRODUCCIÓN

El puente de San Jorge es un viaducto de gran envergadura que condicionó el desarrollo de la ciudad de Alcoy. Fue uno de los primeros puentes construidos en hormigón armado visto, lo que significó un desafío tecnológico en términos de innovación y progreso, pero también propuso registros estéticos que se dirigían hacia la modernidad.

Transversalmente, a lo largo de este estudio, subyace la idea del compromiso de la profesión del arquitecto o del diseñador con un trabajo que ha de ser complejo y responsable y no banal ni aleatorio, para favorecer la comprensión de la arquitectura y por extensión del diseño, a través del descubrimiento de las diversas manifestaciones de la belleza y sobre todo del placer de gozarla.

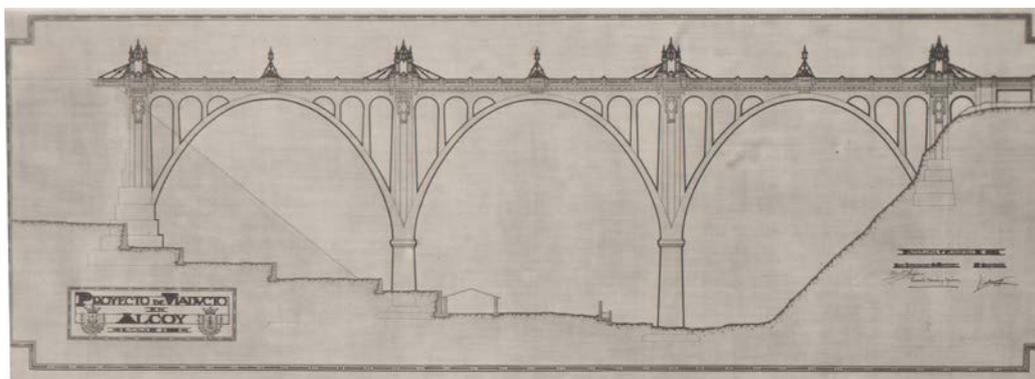
### DESARROLLO

#### El relato histórico

En 1911 empiezan a aparecer documentos sobre las intenciones para construir un puente que conectara el centro de la ciudad con la 3ª Zona de Ensanche. Un puente de estas características había de realizarse con la ayuda del Estado con la inclusión de este proyecto bajo las normas y las leyes de la nación española se dilató hasta 1923. La principal dificultad era encontrar la manera de conseguir un puente suficientemente ancho que cumpliera los requisitos legales. En este año el azar quiso que la cimentación del nuevo edificio de las Escuelas Industriales se adjudicara a la empresa constructora navarra *Erroz y San Martín*. Esta empresa contrató al arquitecto alcoyano Vicente Pascual para llevar el seguimiento y el control de estas obras. La relación de Vicente Pascual y la empresa constructora y de ésta con el Banco de España sería determinante para el puente de San Jorge.

En 1923, *Erroz y San Martín* propuso al Ayuntamiento de Alcoy la redacción del proyecto y la construcción del puente, incluidas algunas propuestas de financiación. En aquellos momentos esta empresa se encontraba construyendo el edificio de la *Vasco-Navarra de Seguros* en Pamplona bajo la dirección de un joven arquitecto: Víctor Eusa, ayudado en materia de cálculos estructurales por los ingenieros Carmelo Monzón y Vicente Redón. De manera que en el verano de 1923 se comenzó la redacción del proyecto, los documentos del cual estarían listos con fecha de febrero de 1924 [1]. Pero los trámites administrativos, su supervisión, la preparación y el acuerdo sobre su financiación trasladaron el inicio de las obras hacia finales del año 1925.

El análisis del proyecto pone de manifiesto la importancia y el nivel de colaboración del arquitecto Víctor Eusa como responsable de las cuestiones estéticas y urbanas del Puente. Queda bien reflejada su autoridad en las cuestiones formales, de manera que la destreza en el cálculo estructural y el uso de sus herramientas estuvieron subordinadas a la forma del Puente. Pero además, en el proyecto existe una tendencia valiente hacia el uso del hormigón armado puro y hacia la elección de un sistema de cálculo no reglado.



**Figura 1.** Alzado del proyecto del Puente de San Jorge. Febrero 1924.

La obra comenzó a finales de 1925. Desde el 31 de diciembre de 1925 hasta el 17 de febrero de 1926 se gestó y se aprobó un cambio fundamental en el proyecto que afectaba al terraplén del estribo izquierdo. Las dificultades de la construcción de los muros de sostenimiento aguas abajo y las soluciones de continuidad de la calle Balmes apoyadas por los razonamientos de Carmelo Monzón provocaron una rápida modificación del proyecto. También se variaron las formas decorativas del puente hasta llegar a las que conocemos hoy día. Una modificación tan drástica de estas formas venía preparándose con cierta anterioridad. El detonante de estos cambios fue la propia trayectoria profesional del arquitecto entre 1924 y 1925 y su participación en la Exposición de las Artes Decorativas y Industriales modernas de París de 1925, la clausura de la cual fue precisamente en octubre de 1925.

Los trabajos relacionados con el hormigón armado del puente se acabaron el 1 de julio de 1927. El terraplén no estuvo preparado hasta un año después. No obstante, la calle Santo Tomás no había terminado su apertura. El puente se abrió definitivamente el 26 de marzo de 1931, pocos días antes de la toma de posesión del gobierno local de la 2ª República.

### La figura del arquitecto Víctor Eusa Razquín

Víctor Eusa fue arquitecto titulado por la Escuela de Arquitectura de Madrid en 1920. En sus edificios de Pamplona contemporáneos al Puente de San Jorge se pueden encontrar algunos detalles muy semejantes [2]. La Arquitectura de Víctor Eusa se alineó con el movimiento de Art Déco representado por los arquitectos que decidieron no romper del todo con la tradición. Pero especialmente importantes para Eusa serían los trabajos en hormigón armado visto de August Perret que rápidamente asimiló y puso en práctica.

### Análisis cualitativo del Puente de San Jorge

A pesar de sus dimensiones se trata de un puente de difícil visión abierta desde la ciudad. Normalmente primero se percibe parcialmente al atravesarlo. En su interior, los planos de alineación de las defensas nos dan una idea de seguridad distrayéndonos del precipicio. Esta sensación nos la dan el tamaño de las barandillas, pero también el ritmo de sus elementos, las estrías, los escalonamientos, las sombras que producen que nos recuerdan a las vistas tangenciales de los frentes de las fachadas de una calle. No obstante, algunas vistas que podemos rescatar de lugares inhóspitos, nos muestran que su presencia en el paisaje es muy relevante. Algunos puntos de observación dejaron los bordes del Ensanche y de la ciudad histórica para contemplarlo, también para ver como es asediado. Y en cambio, desde el fondo de la zona del río, ahora reconvertida en espacio público libre, el puente se transforma en un diafragma, en una especie de puerta que delimita y define un fragmento de ciudad de alto interés a pesar de algunos errores sintácticos.



**Figura 2.** Vista de una pilastra del Puente de San Jorge

La forma del puente se compone de dos partes claramente diferenciadas: el tramo de los tres arcos y el tramo de las pilastras. La parte de los arcos tiene una composición más clásica. Solamente la esbeltez de sus piezas, derivadas de las posibilidades del material y del cálculo, modifica la sensación de la medida compositiva de la época.

El atractivo de los arcos reside en la forma curva como contrapunto a la expresión de fuerza más universal de las líneas rectas. Pero además, aquí la belleza de la forma curva resulta de su ajuste al máximo posible a la idea de una línea. A esto también contribuye la elección de los dos arcos paralelos frente a soluciones de una bóveda profunda que le confiere más volumen o de diversos arcos con efectos plásticos multiplicadores. Frente a los arcos las pilas adquieren la potencia de un elemento arquitectónico. La gran dimensión mecánica necesaria, ya afinada desde el cálculo, no resultaba satisfactoria por sí misma como ocurría en los arcos. De manera que para mitigar posibles disonancias era necesario utilizar recursos arquitectónicos. Base,

fuste, capitel, pero además superficies estriadas bien compuestas, tratamiento de las aristas, etc.

Los objetos comunican su propia estabilidad constructiva a través de sus formas y de la sumisión de ellas a la luz. Este puente está lejos de la severidad formal que expresan los puentes de gravedad, pero también se aleja de las inquietantes filigranas estáticas que la desafían. Las formas también ayudan a expresar cómo funcionan mecánicamente. La idea de masa, de solidez, de la dimensión justa del volumen viene reforzada por sus sombras. De una manera muy propia del Art Déco, en este caso se agudiza el contraste entre las zonas de luz y las de las sombras.

## CONCLUSIONES

Las contundentes formas del Puente de San Jorge fueron el fruto de la manera de hacer de un arquitecto que en aquel momento participaba del entusiasmo de la modernidad. La intensidad en el trabajo con el hormigón armado visto de Eusa no se encuentra en ninguna otra corriente española comparable en este periodo considerado. Las formas del Puente de San Jorge responden a las características Art Déco, de esta tendencia que desde la tradición elabora con coraje un lenguaje moderno con un nuevo material: el hormigón armado visto. Pero además cronológicamente fue una experiencia muy precoz si consideramos el momento de su ejecución.

Pero también está el resultado diferido al final del siglo XX. Como la gestión de la memoria a partir del patrimonio existente y en definitiva, desde la historia, puede tener valor en el tratamiento de la ciudad contemporánea. El diseño de los elementos del mobiliario urbano de Alcoy de finales del siglo XX es una prueba de este uso de la historia. No obstante, la obstinación, el compromiso y la complejidad formal que conllevan delante de otros elementos coetáneos en los cuales prevalece solamente la economía funcional, mantiene una aceptación del usuario diferente a la indiferencia.

El Movimiento Moderno aportó a la práctica proyectual la creación de un “orden” subjetivo, personal del diseñador, basado en el control de la forma a partir de criterios de juicio derivados de la experiencia, una vez asumido el programa funcional [3]. Pero esto requiere esfuerzo, discusión, diálogo, superación de las dificultades con la inversión de trabajo y satisfacción en el hacer. La renuncia a todo esto conduce únicamente a la imitación y a la apariencia, a la frivolidad y a la banalización extrema el fruto de la cual es la fealdad. En el Art Déco la apreciación del lujo va asociada a la tendencia hacia el refinamiento, a la conquista del bien a través de un proceso complejo, inteligente y creativo, el resultado del cual, en bastantes casos, era la felicidad que produce el reconocimiento de la belleza.

## REFERENCIAS

- [1] Archivo Municipal de Alcoy. Expediente “*El Puente de San Jorge*”, signatura 5652/13
- [2] Tabuenca, Fernando. “*Presentación*” y “*Datos biográficos y relación de obras*”, en VV.AA. *Víctor Eusa Arquitecto*. Catálogo de la exposición homenaje celebrada en el Polvorín de la Ciudadela de Pamplona del 1 al 25 de diciembre de 1989. Exmo. Ayuntamiento de Pamplona, COAV-N e Institución Príncipe de Viana. Pamplona 1989 p.7
- [3] Piñón Pallarés, Helio. *Teoría del Proyecto*. Edicions UPC. Barcelona 2006 p 64

## Tecnologías de la Internet del Futuro para el sector de la Fabricación. El Proyecto Europeo FITMAN

R. Sanchis, R. Poler

*Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción.  
Universitat Politècnica de Valencia. Plaza Ferrándiz Carbonell, 2 03801 Alcoy (Alicante).  
e-mail: rsanchis, rpoler@cigip.upv.es*

### RESUMEN

El presente estudio muestra la importancia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación basadas en la Internet del Futuro (TICs-FI) como medio vital para crear oportunidades de negocio y afrontar las presiones del turbulento entorno actual. El estudio muestra las líneas de investigación del proyecto europeo FITMAN, que van dirigidas a evaluar la idoneidad, utilidad y flexibilidad de las TICs-FI mediante pruebas pilotos en empresas pertenecientes a diferentes subsectores de fabricación con el objetivo de ayudar a las empresas europeas, sobre todo PYMEs, en su proceso de desarrollo, despliegue y adopción de nuevas tecnologías avanzadas.

### INTRODUCCIÓN

El sector de fabricación incluye un amplio rango de actividades de producción, desde pequeñas empresas que utilizan técnicas de producción tradicionales, hasta grandes empresas embebidas dentro de complejas redes de suministro. Un análisis del sector de fabricación europeo da una idea de la magnitud del mismo. El sector de fabricación es el motor de la economía europea, aportando más de 6.553 millones de euros al Producto Interior Bruto (PIB) y proporcionando más de 30 millones de puestos de trabajo. El sector de fabricación abarca más de 25 diferentes subsectores industriales, ampliamente dominados por Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs) y genera anualmente más de 1.535 billones de euros [1]. El sector de la fabricación también es el sector dominante en cuanto a comercio internacional, siendo líder mundial en la fabricación de automóviles, maquinaria industrial e ingeniería agrícola [2]. Por todo ello, numerosos informes ([3, 4]) muestran que la industria de fabricación es uno de los sectores más dinámicos de la economía europea. No sólo es importante por su producción de bienes y servicios y creación de puestos de trabajo, sino también por ser un sector vital para afrontar los retos europeos. Algunos autores sostienen que el crecimiento económico y el incremento de los niveles de vida se correlacionan positivamente con la actividad industrial. La literatura revela que el crecimiento del PIB tiene una correspondencia directa y positiva con el crecimiento en el sector de fabricación. La productividad en las industrias de fabricación también posee una relación positiva y directa con el crecimiento en este sector. Por otra parte, la productividad de los sectores clasificados como de no fabricación, se asocia con el crecimiento en el sector de fabricación. Por esta razón, es importante mejorar la productividad de las empresas pertenecientes al sector de fabricación y las Tecnologías de Información y Comunicaciones basadas en la Internet del Futuro (TICs-FI) son las herramientas clave para dotar al sector de la fortaleza necesaria con el objetivo de afrontar con capacidad de resiliencia, el difícil contexto actual europeo y mundial. Las empresas de fabricación de la UE, en particular las PYMEs, deben adaptarse a las presiones competitivas globales mediante la mejora de su base tecnológica. Las TICs-FI pueden desempeñar un papel muy importante para crear oportunidades de negocio y para poder afrontar las presiones de la competencia. Las TICs-FI adecuadas pueden ayudar a las empresas a reducir costes mediante la mejora de sus procesos internos, la mejora de sus productos a través de una comunicación

más rápida con sus clientes, la promoción de una mejor distribución de sus productos a través aplicaciones en línea y la mejora de sus procesos de fabricación mediante un control a tiempo real de sus centros de producción de forma que se satisfagan los niveles de compromiso de los clientes. Diferentes convocatorias de programas de la Comisión Europea van dirigidas hacia el objetivo basado en que una mayor inversión en TICs-FI es fundamental para mantener el liderazgo europeo en las exportaciones industriales y aumentar la competitividad de las empresas europeas del sector de fabricación. Por ello, en el presente trabajo, se detalla las líneas de investigación que se están abordando en el proyecto europeo FITMAN (*Future Internet Technologies for MANufacturing*).

## PROYECTO EUROPEO FITMAN

### Antecedentes

[FI-WARE \(Open APIs for Open Minds\)](#) es un proyecto que está siendo desarrollado y que está definiendo una nueva infraestructura de servicios (Repositorio de Interfaces de Programación de Aplicaciones de la Internet Futura) basándose en unos componentes (llamados activadores genéricos y específicos) que ofrecen funciones reutilizables y comúnmente compartidas para facilitar el desarrollo de aplicaciones de la Internet del Futuro (FI – *Future Internet*) en varios sectores. El principal objetivo de FI-WARE es la construcción de una verdadera base tecnológica que almacene dichos activadores genéricos y específicos para el desarrollo de futuras aplicaciones. Pero dichas aplicaciones tecnológicas precisan ser testeadas y evaluadas en empresas reales en un contexto existente para poder analizar su viabilidad técnica y mejorar la base de conocimiento tecnológico mediante el *feedback* de las implementaciones. Por ello surge el proyecto FITMAN [5], que es uno de los 5 proyectos de implementación en pilotos, seleccionado en la segunda fase del programa de [Asociación Público-Privada de la Internet del Futuro](#). FITMAN utiliza los resultados de FI-WARE para testear los activadores genéricos y específicos en 11 pruebas piloto dirigidas a la industria de fabricación.

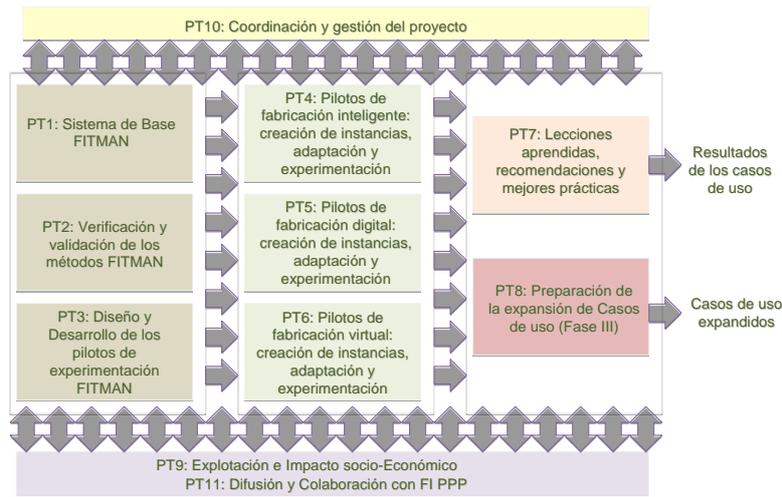
### Misión de FITMAN

La industria de las TICs de la UE necesita explorar nuevas oportunidades de mercado y el sector de fabricación es el motor fundamental de la economía de la UE. El papel de las TICs en la fabricación es cada vez más importante y la mayoría de las innovaciones recientes en la industria de fabricación habría sido simplemente imposible sin las nuevas TICs-FI. Esto es realmente importante para los grandes Fabricantes de Equipos Originales que adoptan nuevas innovaciones y miden su impacto, pero es particularmente relevante para las PYMEs industriales y sus ecosistemas de negocio, que podrían desempeñar el papel de ser pioneros de la innovación gracias a la disponibilidad abierta y al bajo coste que supone la implementación de las TICs-FI. Por todo ello, la misión del proyecto FITMAN es proporcionar un conjunto de ensayos-pilotos llevados a cabo en diferentes subsectores de fabricación, con el objetivo de poner a prueba y evaluar la idoneidad, utilidad y flexibilidad de los componentes desarrollados bajo el proyecto FI-WARE (activadores genéricos y específicos), así como contribuir a la sostenibilidad social-tecnológica-económica-ambiental-política de las empresas manufactureras en la UE.

### Plan de trabajo y resultados esperados

El plan de trabajo se divide en 11 Paquetes de Trabajo (PTs) que se muestran en la Figura 1. Los paquetes de trabajo PT1, PT2 y PT3 sirven de base para proceder a la implementación de las aplicaciones y sistemas empresariales basados en los activadores genéricos y específicos de FI-WARE. Las actividades de implementación

en los pilotos se desarrollan en los paquetes de trabajo PT4, para la fabricación inteligente, PT5, para la fabricación digital y PT6, para la fabricación virtual. Tras las pruebas piloto, el PT7 analizará los resultados, experiencias y conclusiones obtenidas. Basándose en lo anterior, se definirán las directrices y mejores prácticas para su desarrollo futuro que servirán también de recomendaciones para FI-WARE en términos de lecciones aprendidas así como la definición de indicadores para ampliar la implementación en pilotos en la Fase III (PT8). El PT10, se encarga de la coordinación de todas las actividades del proyecto, mientras que los paquetes de trabajo PT9 y PT11, realizan actividades de diseminación y explotación de los resultados obtenidos.



**Figura 1.** Plan de trabajo del proyecto FITMAN

Los resultados esperados del proyecto FITMAN, se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados explotables del proyecto FITMAN

Sistema Base FITMAN	Conjunto de escenarios, requisitos de usuarios, aplicaciones TICs y de negocio y demostradores conceptuales que conformarán el sistema base de FITMAN como un repositorio común tecnológico.
Metodología de verificación y validación de los pilotos	Resultado para proceder a una verificación y validación sistemática y orgánica de las pruebas en los pilotos de fabricación. Incluye: evaluación técnica, análisis de la versatilidad de los activadores de FI-WARE y evaluación en términos de tiempo - coste - calidad y potencial de innovación.
Arquitectura de referencia	Este resultado explotable es una evolución enriquecida con la base del conocimiento sobre los activadores genéricos y específicos FI-WARE y sus implementaciones en los pilotos.
Sistemas FITMAN para la fabricación inteligente, digital y virtual	Los sistemas TICs-FI incluirán: (i) activos de software preexistentes en los diferentes pilotos, (ii) activadores genéricos de FI-WARE y (iii) la conectividad e interoperabilidad de software necesaria para vincular los niveles inferiores del ecosistema de la empresa con el nivel superior de la Internet Abierta.
Recomendaciones y mejores prácticas FITMAN	Este resultado se deriva de la aplicación del método de verificación y validación de los 11 pilotos. Se recopilarán y analizarán los informes de evaluación técnicos y de negocio con el fin de crear un conjunto de recomendaciones sobre la utilidad y flexibilidad de FI-WARE y un conjunto de mejores prácticas para la adopción de TICs-FI.
Plan detallado FITMAN para la Fase III	Tras el análisis de los 11 pilotos en la Fase II, se presentará un plan detallado para su extensión y expansión. En dicho plan se prevé que se incluyan más proveedores de servicios y soluciones TICs-FI, en su mayoría PYMEs, emprendedores web, autoridades públicas locales y agencias de desarrollo e innovación regionales.

## CONCLUSIONES

Hay un gran número de empresas que hacen uso de las herramientas tradicionales TICs para tareas sencillas (e-mail, web, skype, etc ...). Sin embargo, el uso de herramientas TICs-FI más avanzadas se encuentra lejos de ser adoptadas masivamente por las empresas y las PYMEs. En la actualidad, existe una enorme brecha entre las entidades usuarias de herramientas TICs avanzadas (las grandes empresas) y los usuarios tradicionales (PYMEs). Por ello, FITMAN se dirige a: (i) reducir el coste de la tecnología (propiedad, implementación, mantenimiento, operación, personalización); (ii) reducir la demanda de personal altamente cualificados en TICs-FI para operar con la tecnología; (iii) abrir un mercado en el desarrollo de aplicaciones de negocio; (iv) servir como plataforma de referencia paneuropea basada en las evidencias recopiladas basadas en las TICs-FI; (v) reducir las barreras a nuevos proveedores altamente especializados en hardware digital y herramientas de software ya que FITMAN ayudará a cubrir con mayor eficacia los nichos de mercado y las grandes necesidades de la industria; (vi) permitir la gestión de alianzas entre diferentes socios industriales de forma más inteligente lo que facilitará una producción más distribuida y el desarrollo económico regional; (vii) permitir un mejor conocimiento del cliente que dará lugar a nuevas oportunidades de ingresos para empresas establecidas y nuevas empresas en una economía intensiva de servicios basada en el producto a través de Internet y (viii) permitir a las grandes industrias ser más sostenibles a través de la gestión integrada de datos de clientes, captando y desarticulando nuevos socios, mejorando las capacidades de procesado de la información y proporcionando retroalimentación ágil para el desarrollo de productos.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por la Comunidad Europea en el Séptimo Programa Marco (FP7/2007-2013) con el Proyecto "Future Internet Technologies for MANufacturing" cuyo número de acuerdo de subvención es 604674.

## REFERENCIAS

- [1] DG ENTR. Directorate-General for Enterprise and Industry, European Commission. European competitiveness report. (2010).
- [2] [European PPP \(2010\)](#). New public-private partnerships for research in the manufacturing, construction and automotive sectors European PPP research supports economic recovery Progress Report: July 2012. [en línea]. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2013].
- [3] [NACE \(2008\)](#). Statistical Classification of Economic Activities in the European Community, Rev. 2. [en línea]. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2013].
- [4] [Eurostat online data code: sbs\\_na\\_ind\\_r2](#) (2013). Manufacturing statistics - NACE Rev. 2. [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2013].
- [5] FITMAN Annex I. Future Internet Technologies for MANufacturing. (2013).

## Caracterización óptica y fisicoquímica de muestras de Polietileno de origen biodegradable con la incorporación de nanopigmentos

**B. Micó-Vicent<sup>(1)</sup>, E. Bana-Murillo<sup>(1)</sup>, F. Martínez-Verdú<sup>(1)</sup>, E. Gilabert<sup>(2)</sup>, R. Balart<sup>(2)</sup>.**

*(1) Departamento de Óptica Farmacología y Anatomía  
Escuela de Óptica, Universidad de Alicante*

*Carretera San Vicente de Raspeig s/n, 03690 San Vicente del Raspeig (Alicante)  
e-mail: barbara.mico@ua.es*

*(2) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, y de Ingeniería Mecánica y de Materiales  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Paseo del Viaducto, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

### RESUMEN

El siguiente trabajo consiste en la búsqueda de las variables que afectan al rendimiento óptico y colorimétrico de los nanopigmentos. Se realizó un diseño experimental factorial simple  $2^3$ , con los factores de: arcilla modificada con sal de amonio cuaternario, y sin modificar, los colorantes azul C.I. Basic Blue 41 y C.I. Basic Yellow 28, y pH ácido y natural. Las respuestas optimizadas fueron degradación a la exposición ultravioleta en una cámara climática y relación entre los coeficientes de absorción y difusión de Kubelka-Munk k/s. Los nanopigmentos optimizados se aplicaron en una matriz polimérica de origen biodegradable, polietileno procedente de la caña de azúcar, y se comprobó la mejora de las propiedades mecánicas y térmicas con la incorporación de los nanopigmentos, sobre todo con los de la arcilla modificada Cloisite 20A<sup>®</sup> y el colorante azul en bajas proporciones de carga.

### INTRODUCCIÓN

La búsqueda de pigmentos con buenas propiedades de resistencia a condiciones ambientales es un continuo en la investigación para aplicaciones industriales para la coloración de toda clase de materiales. Los pigmentos inorgánicos cubren las expectativas de durabilidad y estabilidad, pero la gama de colores que cubren es limitada, y en algunos casos los complejos contienen metales pesados como el plomo o el cromo, cuyo empleo está limitado por la legislación, y no es recomendable en aplicaciones donde haya riesgo de migración y contacto directo [1-5]. De esta problemática viene la aparición y crecimiento en estudios, sobre la generación de pigmentos híbridos, que imitan el sistema de colorear de civilizaciones tan antiguas como la cultura Maya. En esta línea crece el interés en la búsqueda de pigmentos híbridos nanoestructurados combinando especies colorantes orgánicas y nanoarcillas de origen natural, baratas abundantes y medioambientalmente inocuas [6, 7].

Se han investigado los mecanismos de adsorción de arcillas con diferentes estructuras, con diferentes especies colorantes orgánicas variando las condiciones de síntesis. La modificación de las nanoarcillas con surfactantes, o sales se ha investigado con el fin de mejorar las propiedades de dispersión de nanoarcillas en matrices orgánicas para la generación de materiales compuestos [8-11]. Las ventajas del empleo de cargas de tamaño nanométrico son principalmente, la mejora de las propiedades mecánicas, térmicas y de barrera [12, 13].

En este trabajo se busca realizar un diseño experimental que descarte las variables que no son significativas en el proceso de síntesis de pigmentos nanoestructurados a partir de montmorillonita, y colorantes catiónicos. Los pigmentos optimizados en función de su rendimiento óptico y su resistencia a la exposición a la luz UV, se aplicarán en una matriz polimérica de origen biodegradable con el fin de optimizar sus propiedades ópticas, y mejorar sus propiedades mecánicas y térmicas.

## EXPERIMENTAL

### Materiales

Los materiales se emplearon tal y como se recibieron y fueron: las nanoarcillas Nanofil116® (N116) y Cloisite20A® (C20) suministradas por Southern Clay Products, los colorantes Basic Yellow 28 C.I. 48054 (BY28), y Basic Blue 41 C.I. 11105 (BB41), suministrados por la comercial química Massó S.A. La Pintura blanca Supercarra Liso Base TR, suministrada por EUPINCA. S.A y el polietileno biodegradable, de la caña de azúcar suministrado por Braskem.

### Metodología

Se realizó un diseño factorial  $2^3$  con los factores: arcilla modificada C20 y sin modificar N116, colorante azul BB41 y amarillo BY28, y pH ácido y natural. Los factores a optimizar fueron la degradación en la cámara climática SOLARBOX 1500e RH medida como diferencia de color  $\Delta E$ , y el rendimiento colorimétrico de las pinturas preparadas con los nanopigmentos con la relación de coeficientes de la teoría de Kubelka-Munk k/s. Se realizó la planificación del experimental empleando el software Statgraphics Plus 5.1.

La síntesis de los nanopigmentos se realizó siguiendo los siguientes pasos: primero con la dispersión en agitación fuerte de la arcilla para hidratación y separación de las láminas de la arcilla, durante 24h a 800rpm. Segundo la adición del colorante en la dispersión de arcilla. El colorante fue añadido y se dejó la dispersión en agitación a 400rpm, durante 24h. Seguidamente se separó el disolvente empleando una centrífuga Thermo Scientific-Biofuge Primo. La absorbancia del sobrenadante extraído se midió en el espectrofotómetro Jasco V650. Después de esto se procedió con los lavados. La pasta separada se redispersó y agitó a 400 rpm durante 30 min y se volvió a centrifugar para extraer el sobrenadante. Se realizaron tres lavados. Por último se procedió con el secado que se realizó en un liofilizador ALPHA 1-2 LDplus durante 24h. El producto seco es el que se utilizó para la aplicación en la pintura blanca como ligante, y posteriormente para la extrusión e inyección (inyectora MTA® de Cold Energy) de las probetas de polipropileno.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Kubelka-Munk y Cámara Climática

A partir de las reflectancias espectrales medidas de las extensiones de pintura, preparadas con diferentes concentraciones de nanopigmento, se obtuvieron los coeficientes de Kubelka-Munk k/s (Figura 1). Estos coeficientes son menores en los nanopigmentos que en los colorantes originales debido a las interacciones de las láminas de arcilla con la luz. Con el modelado experimental se observó que tan sólo el

colorante es significativo, y que es el colorante BB41 el que maximiza la adsorción en ambas clases de arcilla, independientemente del pH en el intercambio.

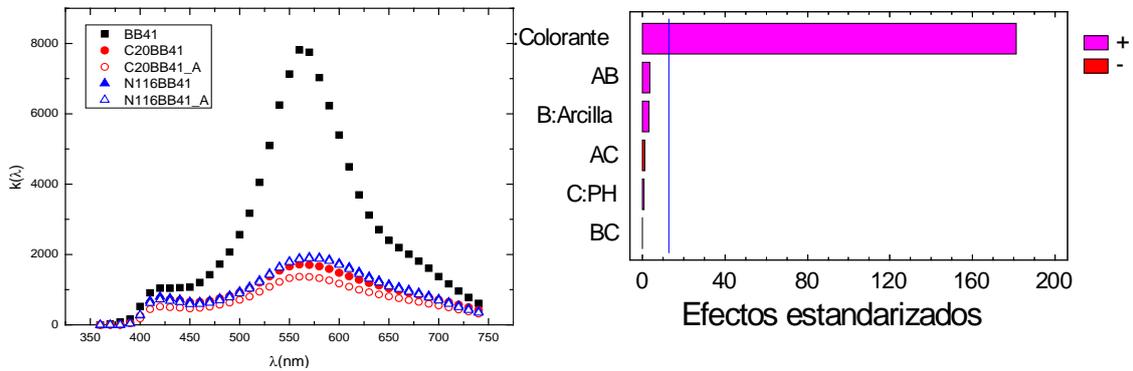


Figura 1. Izquierda  $k(\lambda)$ : del colorante BB41, nanopigmento con ambas arcillas N116\_ y C20\_ en condiciones de pH natural o ácido\_A. Derecha gráfico de Pareto estandarizado para  $\lambda$ .

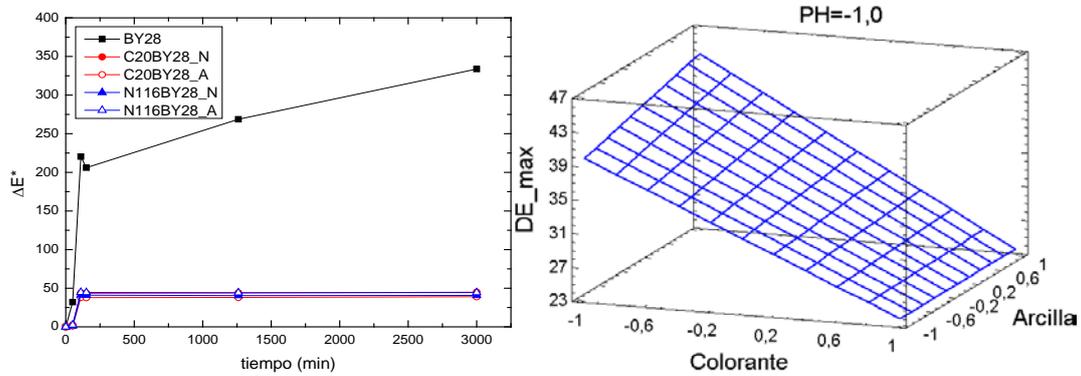


Figura 2. Izquierda:  $\Delta E^*$  del colorante BB41 con el nanopigmento con C20\_, ó 116 N116\_ en condiciones de pH ácido (\_A) y de pH natural (\_N). Derecha, superficie de respuesta optimizada para  $\lambda$  con pH natural.

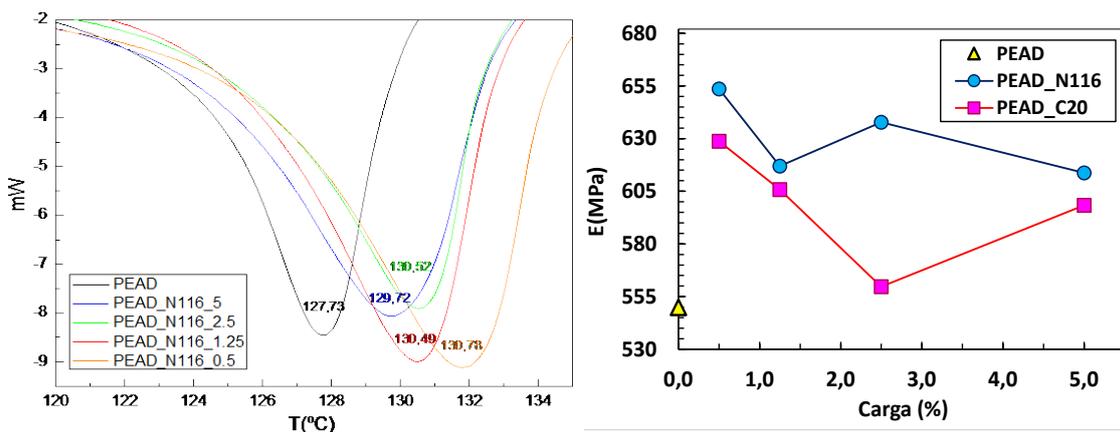


Figura 3. Izquierda: DSC de PEAD virgen y con nanopigmentos de la N116 con diferente %carga. Derecha:  $E$ (MPa) de tracción del PEAD con diferentes cargas de nanopigmentos.

Las muestras en la cámara climática se midieron antes y a diferentes tiempos de ensayo para comprobar las diferencias de color provocadas por la exposición a la

radiación. Las condiciones de ensayo fueron  $550 \text{ w/m}^2$  de intensidad, y temperatura ambiente ( $23^\circ\text{C}$ ). La degradación  $\Delta E$  (Figura 2) de las pinturas con los colorantes fue muy superior a la de las pinturas con los nanopigmentos. Las conclusiones en la optimización del parámetro fueron las mismas que las anteriores respuestas.

Los nanopigmentos optimizados con el BB41, ambas clases de arcilla y pH natural, se aplicaron al polipropileno biodegradable. Se comprobó el desplazamiento de la temperatura de fusión ( $T_m$ ) del PEAD hacia valores superiores, y el aumento del módulo de Young  $E$  (MPa) del PEAD (Figura 3).

## CONCLUSIONES

El diseño experimental, permite determinar la relevancia de los factores de síntesis de los pigmentos nanoestructurados para optimizar las respuestas ópticas y colorimétricas de los materiales sintetizados. Ni la modificación de la montmorillonita con surfactantes ni el pH de la síntesis, han sido significativos en las respuestas analizadas, tan sólo la estructura del colorante ha sido relevante. Mediante el intercambio de las especies orgánicas en las montmorillonitas se consigue estabilizar la especie a la exposición de radiación UV. Las propiedades térmicas y mecánicas del PEAD de origen biodegradable, mejoran con la incorporación de los nanopigmentos.

## REFERENCIAS

- [1] Bechtold, T., et al., *Journal of Cleaner Production*, 11 (5), 499-509 (2003).
- [2] Christie, R.M., et al., *Surface Coatings International Part B-Coatings Transactions*, 89 (1), 77-85 (2006).
- [3] Guzel, B. y Akgerman, A., *Journal of Supercritical Fluids*, 18 (3), 247-252 (2000).
- [4] Holme, I., *Surface Coatings International Part B-Coatings Transactions*, 85 (4), 243-264 (2002).
- [5] Jansen, M. y Letschert, H.P., *Nature*, 404 (6781), 980-982 (2000).
- [6] Domenech, A., Domenech-Carbo, M. T. y Vazquez de Agredos-Pascual, M. L., *Angewandte Chemie-International Edition*, 50 (25), 5740-5743 (2011).
- [7] Polette-Niewold, L.A., et al., *Journal of Inorganic Biochemistry*, 101 (11-12), 1958-1973 (2007).
- [8] Al-Futaisi, A., Jamrah, A. y Ai-Hanai R., *Desalination*, 214 (1-3), 327-342 (2007).
- [9] Arbeloa, F.L., Arbeloa, T.L. y Arbeloa, I.L., *Journal of Colloid and Interface Science*, 187 (1), 105-112 (1997).
- [10] Boubberka, Z., et al., *Journal of Hazardous Materials*, 119 (1-3), 117-124 (2005).
- [11] Cione, A.P.P., Neumann, M.G. y Gessner, F., *Journal of Colloid and Interface Science*, 198 (1), 106-112 (1998).
- [12] LeBaron, P.C., Wang, Z. y Pinnavaia, T.J., *Applied Clay Science*, 15 (1-2), 11-29 (1999).
- [13] Paul, D.R. y Robeson, L.M., *Polymer*, 49 (15), 3187-3204 (2008).

## Modelos matemáticos en epidemiología. Parámetros significativos

B. Cantó<sup>(1)</sup>, C. Coll<sup>(2)</sup>, E. Sánchez<sup>(2)</sup>

*Institut de Matemàtica Multidisciplinar. Departament de Matemàtica Aplicada*

*(1) Escola Politècnica Superior d'Alcoi, Universitat Politècnica de València  
Passeig del Viaducte, 1 03801 Alcoi (Alacant)  
e-mail: bcanto@mat.upv.es*

*(2) Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universitat Politècnica de València  
Camino de Vera, 14 46071 Valencia*

### RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo epidemiológico en el que los individuos están en las categorías de susceptibles, infectados y recuperados, con todos los parámetros no negativos. Por las características del modelo este es no lineal. Tras linealizar el modelo se obtiene un sistema lineal discreto. El comportamiento del modelo se analiza a partir del número reproductivo básico del sistema obtenido, determinando así cuando la epidemia constituye sólo un brote y cuando no.

Con el fin de determinar una posible política de vacunación y estudiar cómo afectaría esta política al comportamiento de la epidemia, se ha modificado el modelo añadiendo la categoría de vacunados. Por esta vía, se ha obtenido el número reproductivo básico del sistema cuando la vacunación está presente y con los dos números reproductivos básicos se ha obtenido el número de vacunas necesarias para este caso de epidemiología.

### INTRODUCCIÓN

La epidemiología es una ciencia que estudia la evolución de una epidemia a lo largo del tiempo, con el fin de predecir su comportamiento. Analiza la distribución y los efectos de una enfermedad en poblaciones humanas con el fin de ayudar a su prevención y su posible erradicación con el uso de la vacunación o la cuarentena. Además, con la epidemiología se pretende conocer el máximo número de individuos infectados en un determinado momento, cuál es el valor en que la población infectada llega a estabilizarse, etc.

La modelización matemática ha sido una herramienta fundamental en el estudio de procesos ligados con la epidemiología, ya que permite reflejar la conducta propia de las epidemias. Desde el siglo XVIII en el que Bernoulli [1] obtuvo un modelo para la viruela hasta la actualidad, la aparición de modelos matemáticos ha sido sistemática.

Hay diferentes modelos matemáticos dependiendo de su enfoque. Los modelos determinísticos, es decir aquellos donde no se contempla la existencia del azar ni el principio de incertidumbre. Este tipo de modelos se suelen usar en poblaciones grandes y facilita el estudio analítico de la epidemia. Los modelos estocásticos, es decir aquellos donde se contempla el azar en al menos una de sus variables y las relaciones entre variables se representan utilizando funciones probabilísticas. Suelen usarse en poblaciones de cualquier tamaño y en ellos se utilizan generalmente

simulaciones numéricas. También existen los modelos híbridos, en los que se mezclan los dos modelos anteriores.

En el contexto epidemiológico, en un modelo matemático determinístico un solo sujeto causa una epidemia generalizada, mientras que en un modelo estocástico existe la posibilidad de que la epidemia pueda extinguirse. En este trabajo nos centramos en los modelos epidemiológicos determinísticos, es decir, los individuos se encuentran en uno de los estados posibles. Entre los modelos más utilizados se encuentran los modelos SIR y SEIR.

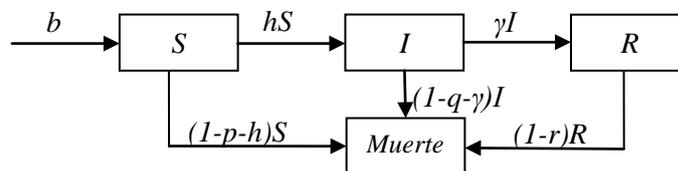
El modelo SIR se caracteriza por dividir la población en tres categorías: individuos sanos y susceptibles de ser infectados ( $S$ ), individuos infectados que pueden contagiar a otros ( $I$ ) e individuos resistentes a la enfermedad, por haberse recuperado de ella ( $R$ ). El modelo SEIR divide la población en cuatro categorías: ( $S$ ) representa a los individuos sanos que no pueden ser infectados, ( $E$ ) incluye los individuos susceptibles que pueden ser infectados, en ( $I$ ) se encuentran los individuos infectados que pueden contagiar a otros y ( $R$ ) representa los individuos resistentes a la enfermedad.

En este trabajo se plantea un modelo SIR con vacunación en el que los individuos que nacen,  $b$ , se incorporan en la categoría  $S$  y en el que la probabilidad de sobrevivir en las categorías son  $p$  para la categoría  $S$ ,  $q$  para la categoría  $I$  y  $r$  para la categoría  $R$ . Además, todos los parámetros que aparecen en el sistema son todos no negativos.

Si se linealiza el modelo, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones en forma matricial

$$\begin{pmatrix} S(t+1) \\ I(t+1) \\ R(t+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p & -h & 0 \\ 0 & q-\gamma+h & 0 \\ 0 & \gamma & r \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} (\beta \quad \beta \quad \beta) \begin{pmatrix} S(t) \\ I(t) \\ R(t) \end{pmatrix} = (T + BF) \begin{pmatrix} S(t) \\ I(t) \\ R(t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

donde el parámetro  $h$  indica la probabilidad de pasar de la categoría  $S$  a la categoría  $I$  y  $\gamma$  indica la probabilidad de que individuos de la categoría  $I$  pasen a la categoría  $R$ . Además, la matriz  $T$  se denomina matriz de transición y la matriz  $BF$  es la llamada matriz de fertilidad del sistema. Y teniendo en cuenta  $b = \beta(S(t)+I(t)+R(t))$ , gráficamente será



Cuando se estudia una epidemia uno de los factores más importantes es el número reproductivo básico,  $R_0$ , que se define como el número de infecciones secundarias que un individuo infeccioso típico produce en una población formada por individuos susceptibles únicamente. Este factor puede tener diferentes interpretaciones, pero una de las más interesantes es aquella que lo relaciona con el número mínimo de vacunas que deben proporcionarse para que la epidemia se estabilice.

En el momento en que se tiene en cuenta la vacunación, aparece una nueva categoría ( $V$ ) donde  $s$  indica la probabilidad de sobrevivir en dicha categoría y  $v$  indica la proporción de individuos vacunados. En este caso, las matrices de transición y de fertilidad varían y el sistema (1) pasa a ser del siguiente modo,

$$\begin{pmatrix} S(t+1) \\ I(t+1) \\ V(t+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p & -h & 0 \\ 0 & q-\gamma+h & 0 \\ 0 & 0 & s \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\beta(1-v)}{1-\beta-r} \\ 0 \\ \frac{v\beta}{1-\beta-r} \end{pmatrix} (p-r \quad q-r \quad s-r) \begin{pmatrix} S(t) \\ I(t) \\ R(t) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$= (T^v + B^v F^v) \begin{pmatrix} S(t) \\ I(t) \\ R(t) \end{pmatrix}.$$

En este trabajo, lo que se pretende es calcular el número reproductivo básico de los sistemas dados en (1) y en (3), de forma que se pueda saber si la epidemia existente tiende a desaparecer o no. Además, usando la relación de estos dos números reproductivos básicos, se analiza la predicción del número de vacunas mínimo que debería usarse para tratar dicha epidemia.

### TÉCNICAS EMPLEADAS

El número reproductivo básico,  $R_0$ , es un parámetro muy importante en el estudio de sistemas epidemiológicos. En general, se puede decir que si  $R_0 < 1$  la epidemia tiende a desaparecer y, en caso contrario, nos podemos encontrar un caso de endemia, [2].

La técnica empleada para calcular el número reproductivo básico se basa en la obtención de los valores propios del producto de las matrices definidas anteriormente. Para ello, se utiliza la siguiente expresión, siendo  $\rho$  el radio espectral,

$$R_0 = \rho(BF(I-T)^{-1}). \quad (3)$$

Por otra parte, se desea conocer el número de vacunas necesarias para que la epidemia se estabilice (llamada  $x$ ). Para ello se utiliza la relación entre  $R_0$ , del modelo (1) con  $R_0^v$  del modelo (2) del siguiente modo (ver [3]),

$$R_0^v = R_0(1-x). \quad (4)$$

Se desea que una vez vacunado el número reproductivo básico sea menor que la unidad. A partir de (4) se deduce que  $x$  tiene que cumplir la siguiente desigualdad,

$$x > 1 - \frac{1}{R_0}.$$

Con estas técnicas, se obtienen los siguientes resultados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar se ha obtenido el número reproductivo básico del sistema (1) utilizando (3) y se ha obtenido el siguiente resultado:

$$R_0 = \frac{\beta(p-r)}{(1-\beta-r)(1-p)}.$$

Podemos observar que si  $1-\beta-p > 0$ , entonces  $R_0 < 1$  y la epidemia es un brote. Pero en caso contrario la epidemia es un caso de endemia y es cuando se estudia el número reproductivo básico del sistema con vacunación (2) utilizando (3). En este caso se ha obtenido el siguiente resultado:

$$R_0^v = \frac{\beta((p-r)(1-s) + v(s-p)(1-r))}{(1-\beta-r)(1-p)(1-s)}.$$

En el caso en que se vacune, es interesante conocer el número mínimo de vacunas que deben usarse para que la epidemia sea estable. Para ello usamos la ecuación (4) y obtenemos el siguiente resultado:

$$x = \frac{(1-r)(p-s)v}{(r-p)(1-s)}.$$

Este es el valor umbral que debe verificar  $x$ . Por tanto, el número mínimo de vacunas  $v$  viene determinado por el siguiente valor:

$$v > \frac{(1-s)(1-\beta-p)}{\beta(p-s)}.$$

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha estudiado un modelo SIR con una estructura determinada. Se ha obtenido el número reproductivo básico de este modelo y se ha concluido que si la suma de la proporción de los individuos natos en todas las categorías más la probabilidad de sobrevivir en la categoría de individuos susceptibles es mayor que la unidad el sistema puede llegar a ser endémico y debe vacunarse. En este caso se obtiene el número reproductivo básico para usarlo en el cálculo del valor umbral del número de vacunas necesarias para controlar la epidemia. Finalmente las vacunas mínimas necesarias se obtienen mediante una relación entre diferentes parámetros.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está subvencionado por MTM2010-18228.

## REFERENCIAS

- [1] Blower S. and Bernoulli D., "An attempt at a new analysis of the mortality caused by smallpox and of the advantages of inoculation to prevent it", *Rev Med Virol*.14:5 275-88 (2004).
- [2] Cantó B., Coll C. and Sánchez E., "Structural parametric epidemic model", *International Journal of Computer Mathematics*. 1-10 (2013). DOI: 10.1080/00207160.2013.800864.
- [3] Farrington C.P., "On vaccine efficacy and reproduction numbers", *Mathematical Biosciences*. 185 89-109 (2003).

## Aplicación del álgebra matricial en el estudio de los sistemas de control de ciertos procesos agroforestales

**R. Cantó, B. Ricarte, A. M. Urbano**  
*Instituto de Matemática Multidisciplinar*  
*Universidad Politécnica de Valencia*  
*Camino de Vera s/n 46022 Valencia*  
*e-mail: {rcanto,bearibe,amurbano}@mat.upv.es*

### RESUMEN

La finalidad de esta comunicación es presentar nuestro trabajo a la comunidad universitaria. Nuestra línea de investigación general se basa en estudiar la teoría matemática de los sistemas de control, concretamente en analizar las propiedades de los sistemas positivos y cuasi-positivos que se utilizan como herramientas de gestión de explotaciones agrícolas y cinegéticas, respectivamente. Para ello, ha sido necesario profundizar en la teoría matricial subyacente, en la que aparece la estructura de Jordan y la descomposición en valores singulares de matrices no invertibles, así como las factorizaciones de matrices.

### OBTENCIÓN DE LA FORMA DE JORDAN, SVD Y FACTORIZACIONES

Relacionado con la forma de Jordan de una matriz, hemos profundizado en el estudio de un Teorema de Brauer, que indica cómo cambiar un valor propio de una matriz a partir de una perturbación de rango 1 sin modificar el resto de sus valores propios [1]. Esto nos ha permitido demostrar que los polos de un sistema de control pueden colocarse de forma arbitraria mediante un feedback de estados, incluso en el caso en que el sistema no sea controlable. También ha posibilitado el obtener un proceso para lograr la estabilización de los sistemas lineales de control positivos inestables.

Las factorizaciones de rango completo permiten reducir significativamente el número de menores a chequear en la caracterización de las matrices totalmente positivas y totalmente no positivas. Así en [2] describimos algunas propiedades de las matrices totalmente no positivas invertibles con el elemento (1,1) nulo a partir de una nueva factorización de rango completo que hemos definido como cuasi-LDU, donde L es una matriz triangular inferior por bloques, D es una matriz diagonal y U es una matriz triangular superior unitaria. Este resultado también es válido cuando el elemento (n,n) es no positivo y pueden extenderse a matrices rectangulares de rango deficiente gracias a una factorización de rango completo en forma cuasi-LDU, con L en forma escalonada inferior por bloques y U escalonada superior unitaria [3]. Estas factorizaciones tienen aplicación en los sistemas de control para lograr la reducción del modelo o construir realizaciones positivas [4].

Por otra parte, el estudio de la factorización de Cholesky nos ha conducido a iniciarnos en una nueva línea de investigación de carácter más numérico. Así, la factorización de Cholesky la hemos utilizado en el caso particular de matrices simétricas demostrando que cuando la matriz es semidefinida positiva dicha factorización de rango completo es única. Estos resultados pueden extenderse a matrices rectangulares de rango deficiente. Además, nos ha permitido abordar un problema clásico en álgebra lineal numérica, el ajuste lineal por mínimos cuadrados. Gran parte de la dificultad a la hora

de resolver problemas de ajustes por mínimos cuadrados radica en el hecho de que necesitamos resolver de forma implícita la ecuación normal  $A^T A x = A^T b$  siendo  $A$  una matriz  $n \times m$  y  $b$  un vector de tamaño  $n$ . En [5] consideramos este problema cuando  $A$  es una matriz de rango deficiente, por lo que  $A^T A$  es una matriz semidefinida positiva y su factorización de Cholesky no es única. Para ello, obtenemos una factorización de Cholesky de rango completo  $LL^T$  sin necesidad de construir la ecuación normal. Presentamos dos algoritmos que van calculando los elementos de  $L$  por filas o por columnas así como el correspondiente análisis del error. Estos algoritmos se ilustran con experimentos numéricos.

## MODELIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE UN NUTRIENTE EN UN CULTIVO LEÑOSO

Además de los aspectos teóricos, también trabajamos en modelización con sistemas de control. Concretamente, los sistemas de control positivos los utilizamos para modelizar la dinámica de un nutriente en un cultivo leñoso perennifolio, ya que constituyen una herramienta muy eficaz con la que obtener conclusiones que ayuden a un mejor ajuste de los programas de abonado.

Los modelos matemáticos conocidos que representan la dinámica de un nutriente en un cultivo leñoso perennifolio, no consideran la influencia de la concentración de la solución nutritiva en la absorción radicular ni el efecto de esta concentración en la producción final.

El primer problema lo abordamos introduciendo la ecuación de Michaelis-Menten en el modelo, lo que obligó a un reajuste de los coeficientes de transporte correspondientes. Para el segundo problema, estudiamos las ecuaciones de Mitscherlich, que indican que hay una concentración máxima a partir de la cual se produce un descenso en el rendimiento. No obstante, los resultados obtenidos no han sido los esperados. No hemos conseguido resultados satisfactorios desde el punto de vista de aplicabilidad del modelo. Análisis posteriores de este nuevo modelo nos han llevado a concluir que los dos motivos principales han sido:

1. La dificultad de relacionar la información encontrada en la bibliografía con los datos experimentales disponibles, lo que ha influido en la incierta identificación de los parámetros del modelo.
2. La utilización de un mismo concepto con significado distinto en ambas ecuaciones, concretamente, la concentración de la solución nutritiva, pero que estarían relacionadas mediante un nuevo parámetro a determinar.

Es decir, estamos ante un problema de identificabilidad del modelo, esto es, la determinación de los parámetros de un modelo asociado a un sistema a partir de variables medibles o calculables de un proceso asociado al mismo sistema.

Una técnica para abordar este problema consiste en considerar los parámetros inciertos como nuevos estados del modelo y analizar la propiedad de observabilidad de este nuevo sistema, i.e., el concepto de identificabilidad está fuertemente ligado a la noción de observabilidad. En los sistemas dinámicos y teoría de control, se dice que un sistema es observable si en cualquier punto dado en el tiempo podemos deducir los valores de todos los estados del sistema a través de medidas de salida anteriores. De aquí que una metodología utilizada para la identificación de parámetros siga un

enfoque basado en observadores de estado. Un observador de estados es un sistema dinámico cuyos estados convergen a los del sistema observado. En estos últimos meses hemos realizado una actualización del estado del arte en el desarrollo de observadores de estado, tanto en sistemas lineales como no lineales, y su aplicación en distintos modelos fisiológicos presentes en la literatura. En esta línea se está trabajado en colaboración con miembros del Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia. En concreto, con ellos trabajamos en temas relacionados con el control de la diabetes tipo 1. Las estrategias de control actuales no son eficientes porque no tienen en cuenta la variabilidad de un mismo paciente a lo largo del tiempo. Los procesos con alta variabilidad no permiten deducir de manera fiable los valores de los parámetros de los modelos matemáticos que los representan. Mientras que hay sólo un comportamiento posible para un modelo con parámetros constantes, la incertidumbre paramétrica produce un gran conjunto de diferentes posibles soluciones. El cómputo de la envoltura de este conjunto de soluciones desempeña un papel clave en la simulación de sistemas bajo incertidumbre paramétrica. Los límites inferior y superior de las salidas de un sistema deben garantizar la inclusión tanto de la dinámica modelada como de la no modelada con el fin de poder predecir el comportamiento del sistema y mejorar así su control. En [6] exponen las herramientas de que se dispone para la predicción de glucemia ante variabilidad en pacientes con diabetes tipo 1.

## **CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS CUASI-POSITIVOS**

Otro grupo de sistemas de control, lo forman los sistemas cuasi-positivos. Son aquellos en los que los estados deben mantenerse no negativos a lo largo del tiempo independientemente del control aplicado. Nos hemos centrado en el análisis de los modelos cuasi-positivos de aplicación en el estudio de dinámica de poblaciones, como herramienta de ayuda en la elaboración de un plan de aprovechamiento cinegético.

Hemos desarrollado un modelo que permite estimar la caza anual, estructurada según edad y sexo de los individuos, a la que puede verse sometida la población de manera que se consiga llevar y mantener alrededor de la capacidad de carga de la reserva, garantizando la máxima eficiencia dentro de la sostenibilidad del medio natural [7]. Puede utilizarse para predecir la evolución en el tiempo que experimentaría la población en estudio debido a sus características intrínsecas, es decir tasas de natalidad y supervivencia de cada grupo poblacional, así como al efecto de medidas correctoras que mejoren la supervivencia de los animales o la caza.

La eficiencia de éste y otros sistemas cuasi-positivos como metodologías de trabajo para gestionar de forma correcta la actividad cinegética de una reserva la hemos evaluado modelizando la dinámica de crecimiento de la población de cabra montés (*Capra pyrenaica*) de la Reserva Valenciana de Caza Muela de Cortes. Hemos analizado tres modelos distintos, un primer modelo en el que se considera la caza como un parámetro que modifica la matriz del sistema (sistema autónomo) frente a otros modelos donde la caza es una entrada del sistema (sistema con control). A lo largo de los tres modelos que se han utilizado, se ha observado que la modelización matemática efectivamente es una buena herramienta de gestión, pero que el modelo a utilizar dependerá del objetivo final al que se quiere llegar: la comparación de distintos planes técnicos de ordenación cinegética, alcanzar una determinada distribución poblacional sin superar cierta densidad de población o ambos objetivos a la vez.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto DGI MTM2010-18228.

## REFERENCIAS

- [1] Bru, R., Cantó, R., Soto, R. y Urbano, A.M., "A Brauer's theorem and related results", *Central European Journal of Mathematics*, 10(1), 312-321 (2012). DOI: 10.2478/s11533-011-0113-0
- [2] Cantó, R., Ricarte, B. y Urbano, A.M., "Quasi-LDU factorization of nonsingular totally nonpositive matrices", *Linear Algebra and its Applications*, 439, 836-851 (2013). DOI: 10.1016/j.laa.2012.06.010
- [3] Cantó, R., Ricarte, B. y Urbano, A.M., "Full rank factorization in quasi LDU form of totally nonpositive rectangular matrices", aceptado LAA, 5/11/2013.
- [4] Cantó, R., Moll, S.E., Ricarte, B. y Urbano, A.M., "A full rank factorization method to obtain minimal realizations from a polynomial matrix and its applications in linear control theory", sometido.
- [5] Cantó, R., Peláez, M.J. y Urbano, A.M., "Cholesky factorization for rank deficient matrices", sometido.
- [6] de Pereda, D., Romero-Vivo, S., Ricarte, B. y Bondia, J., "Predictive Tools on Diabetes Management based on Cooperativity", 4th International Symposium on Positive Systems (POSTA 2012), Maynooth, Irlanda, Septiembre 2-4, (2012).
- [7] Cantó, R., Ricarte, B. y Urbano, A.M., "Modelling of big game populations when hunting is age and sex selective", *Mathematical and Computer Modelling*, 57(7-8), 1744-1750 (2013). DOI: 10.1016/j.mcm.2011.11.027

## Estudio de las opciones de acabados para incrementar el UPF en productos textiles

**J. Campos, P. Díaz, I. Montava, M. Bonet, P. Monllor**

*Departamento de Ingeniería Textil y Papelera  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: pdiazga@txp.upv.es*

### RESUMEN

La protección frente a la radiación ultravioleta es un hecho y una de las formas más empleadas es mediante prendas de vestir con un índice de protección ultravioleta elevado. En este estudio se evalúan las diferentes opciones de acabados. Se estudian los acabados basados en óxidos metálicos, en productos naturales, acabados específicos, así como productos empleados como protección ultravioleta en otros sectores. Los óxidos metálicos son los más empleados y los que mejores resultados ofrecen pero en los últimos años los acabados basados en productos naturales están incrementando su cuota de publicaciones como el factor UPF resultante. Los acabados específicos obtienen mejoras de UPF limitadas y los acabados empleados en otros sectores se encuentran todavía sin estudiar.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha experimentado en la población mundial, y más concretamente en las regiones con una elevada exposición a la radiación solar, un incremento de problemas de salud como envejecimiento de la piel o incluso problemas más graves como el cáncer de piel [1]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado el uso de prendas con factor de protección elevado, que no se adhieran al cuerpo y que lo cubran completamente [2].

Existen diversas formas de medición del factor de protección ultravioleta. La más empleada es el método espectrofotométrico ya que la objetividad y reproducibilidad están garantizadas mediante este sistema. Otro método empleado es el método in vivo que consiste en la comparación sobre un grupo de individuos de dos áreas de piel bajo exposición a radiación ultravioleta y sin radiación. El principal inconveniente es el empleo de personas que pueden sufrir daños, además de que la medición la realiza un observador externo. Por último, el método más reciente consiste en la medición de la radiación ultravioleta mediante dosímetros químicos adheridos sobre maniqués sobre y debajo del tejido de modo que espectrofotométricamente se puede determinar la diferencia de radiación absorbida.

En diversos ensayos realizados se ha determinado que los tres sistemas contemplados poseen un error de medida bastante elevado [3]. Por este motivo se planteó una nueva metodología con el fin de minimizarlo. La nueva metodología consiste en una lámpara emisora de radiación y una sonda captadora. La gran diferencia consiste en que el área de medición es aproximadamente 100 veces mayor que la del método espectrofotométrico por lo que se disminuye considerablemente el error cometido [4].

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es estudiar el sector de los acabados textiles con protección ultravioleta para aumentar el UPF sobre todo en los tejidos livianos.

En diversos estudios se ha confirmado que los parámetros que más influencia poseen en el bloqueo de la radiación ultravioleta son los parámetros estructurales tales como el ligamento, el gramaje o el título de los hilos [5,6]. Esto genera un pequeño dilema ya que los tejidos estructuralmente gruesos no son muy exigidos a la protección frente a la radiación UV. Son los tejidos livianos a los que, por su aplicación, se les exige un factor de protección elevado.

Por tanto, los acabados así como las nuevas fibras, están siendo las áreas de investigación más activas y eficientes en el incremento de protección frente a la radiación UV. En este trabajo se expondrán los diferentes acabados ya que es la línea sobre la que mayor investigación se está realizando y que mejores resultados se obtienen comparado con el desarrollo de nuevas fibras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

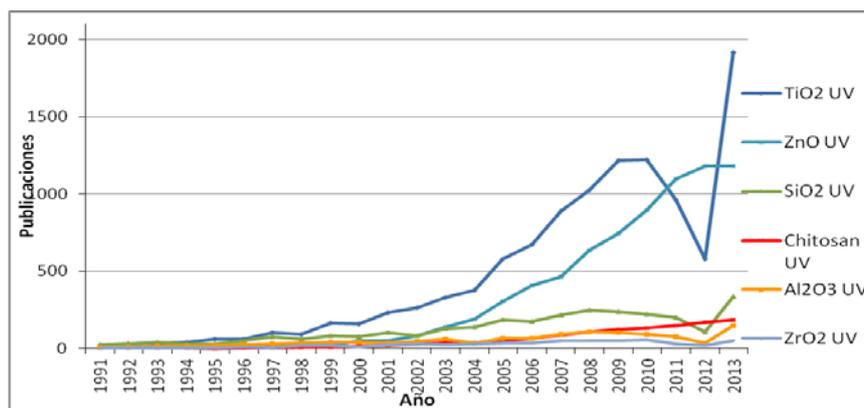
### Acabados basados en óxidos metálicos

Los acabados basados en óxidos metálicos son el grupo bajo estudio con mayor número de publicaciones. Esto se debe a que los óxidos metálicos en general poseen un elevado índice de refracción de modo que evita que la radiación ultravioleta traspase dicho elemento, incluso pulverizado o mezclado con otros compuestos. Esta propiedad sirve para proteger frente a parte de la luz del Sol, pues refleja prácticamente toda la luz, incluso ultravioleta. Es por esto que el óxido metálico más empleado en la actualidad, en cuanto a la protección frente a la radiación ultravioleta, es el dióxido de titanio ya que el índice de refracción del titanio es de 2,7, seguido por el dióxido de silicio ya que su índice de refracción es de 1,5 [7,8]. En algunos artículos se realiza la comparación con otros óxidos como el zinc, circonio o aluminio, o en combinación con ellos mismos [8-10].

Sin embargo, esta es un área de investigación saturada, es decir, ampliamente estudiada ya que como se observa en la figura 1, en los últimos años se ha incrementado el número de publicaciones. El crecimiento es exponencial para los dos óxidos metálicos más empleados y que mejores resultados de protección frente a la radiación ofrecen.

### Acabados basados en productos específicos

Otro segmento de acabados textiles abarca los productos de acabado específicos. Se encuentran dentro de este grupo los blanqueantes ópticos, los colorantes absorbentes de radiación UV y otros compuestos comerciales de diversa base química. Se denominan específicos ya que son productos comerciales cuya función o propósito es mejorar las propiedades de absorción de la radiación ultravioleta. Es decir, en vez de reflejar la mayor parte de la radiación como hacían los óxidos metálicos, este tipo de acabados funcionan incrementando la absorción del tejido [9,11,12]. Todos los productos englobados en esta clasificación poseen la característica común que son productos químicos de base orgánica y se clasifican según su estructura en heterociclos o aromáticos.



**Figura 1.** Evolución de las publicaciones de acabados con óxidos metálicos y chitosan.

### Acabados basados en productos naturales

El área de estudio de los acabados textiles basados en productos naturales es la más amplia y la que más se está incrementando en los últimos años. En los últimos años, especialmente a partir del 2004, el quitosano está superando el número de publicaciones de los óxidos metálicos únicamente siendo superado por el dióxido de titanio y el óxido de zinc, como se observa en la figura 1.

Los acabados naturales se engloban dentro de dos grandes grupos, los de procedencia animal, y los de procedencia vegetal. Los de procedencia animal únicamente son el quitosano ya mencionado y la queratina [8,13,14]. Dentro de los acabados naturales de procedencia vegetal no existe una especie predominante sino que hay una gran variedad como son el Té y Café, Rubia Tintoria, Cúrcuma Tintoria, *Alium Cepa* (Cebolla), *Lawsone* (Henna), *Cistus*, *Altea* (Malvavisco), *Cardo blanco*, *Algas marinas*, *Piel de naranja*, o *Brócoli* [15,16]. Esta larga lista de productos naturales se va ampliando constantemente con el estudio de otras especies y como se puede observar el campo de estudio es muy amplio y con una perspectiva elevada de éxito.

El empleo de productos naturales en la mejora del factor de protección ultravioleta se emplea con el tratamiento del textil con alguna especie natural aunque diversos estudios han demostrado que en muchos casos, tiene un efecto aditivo al tratar el textil con varias especies naturales. Es decir, con un premordentado del tejido con otra especie natural se mejora el UPF [15].

El estudio de las especies naturales que ofrecen protección ultravioleta deben ser estudiadas desde dos puntos de vista: la metodología de obtención del extracto, y el método de deposición sobre el textil.

### Acabados empleados en otros sectores

Otro segmento a estudiar es el de los acabados que se emplean en otros sectores. La radiación ultravioleta se puede combatir mediante los textiles de las prendas de ropa, o mediante multitud de dispositivos. Por ejemplo, en edificios o automóviles la protección ultravioleta se lleva a cabo mediante los cristales o en las gafas para la protección ocular se añaden aditivos al plástico que forma los cristales. Todos estos procesos de fabricación o acabados empleados en sectores como la automoción, construcción, óptica o cosmética se pueden estudiar en profundidad con el fin de conocer la viabilidad de ser implantados en procesos de acabados textiles [17,18].

## CONCLUSIONES

La principal conclusión que se extrae del presente estudio es que la opción más interesante debido al gran auge en cuanto a publicaciones que ha experimentado en los últimos cinco años, los buenos resultados de UPF obtenidos y el amplio campo que aún queda por estudiar es el acabado mediante productos naturales.

Respecto a los óxidos metálicos siguen siendo la mejor opción aunque se encuentra estudiada a fondo. Los productos de acabado específico obtienen mejoras limitadas. Por último, los acabados empleados en otros sectores es un área todavía sin estudiar.

## REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, <http://www.who.int/uv/health/en/> 4 Noviembre 2013
- [2] World Health Organization, Protection Against Exposure to Ultraviolet Radiation, <http://www.who.int/uv/publications/exposure/en/> 12 Abril 2011
- [3] Campos J., Díaz P., Montava I., Bonet M., *Annals of the University of Oradea fascicle of textiles-leatherwork* (2012).
- [4] Campos, J., Díaz, P., Montava, I., Bonet, M., IFATCC XXIII International Congress. Programme and Abstracts, pp.107-109 (2013)
- [5] Stankovic, S.B. Popovic, D. Poparic, G.B. y Bizjak, M., *Textile Research Journal*, 79, 1034–1042 (2009)
- [6] Wilson, C.A. Gies, P.H. Niven, B.E. McLennan, A. y Bevin, N.K., *Textile Research Journal*, vol. 78: pp. 128-137 (2008)
- [7] Fakin, D., Veronovski, N., Ojstršek, A., Božič, M., *Carbohydrate Polymers*, 88, 992-1001 (2012)
- [8] Gouda, M., Keshk, S.M.A.S., *Carbohydrate Polymers*, 80, 504-512 (2010)
- [9] Ibrahim, NA., Gouda, M., Hussein, SM., El-Gamal, AR., Mahrous, F., *Journal Of Applied Polymer Science*, 112, 3589-3596 (2009)
- [10] Shateri-Khalilabad, M., Yazdanshenas, M., *Textile Research Journal*, 83, 993-1004 (2013)
- [11] Ibrahim, N.A., El-Zairy, E., Abdalla, W.A., Khalil, H.M., *Carbohydrate Polymers*, 92, 1386-1394 (2013)
- [12] Wang, Q., Hauser, P.J., *Carbohydrate Polymers*, 81, 491-496 (2010)
- [13] Anandhavelu, S., Thambidurai, S., *Carbohydrate Polymers*, 83, 1565-1569 (2011)
- [14] Gomaa, Y., El-Khordagui, L., Boraie, N., Darwish, I., *Carbohydrate Polymers*, 81, 234-242 (2010)
- [15] Ibrahim, NA., El-Gamal, AR., Gouda, M., Mahrous, F., *Carbohydrate Polymers*, 82, 1205-1211 (2010)
- [16] Kim, S., *Fibers and Polymers*, 7, 255-261 (2006)
- [17] Abdel-Aziz, MM., Azim, OA., Abdel-Wahab, LA., Seddik, MM., *Applied Surface Science*, 252, 8716-8723 (2006)
- [18] Moehrle, M., Soballa, M., Korn, M., *Photodermatology Photoimmunology & Photomedicine*, 19, 175-181 (2003)

## **Análisis morfológico de mezclas de materiales compuestos de matriz cementicia con aligerantes para la construcción**

**T. V. Esquerdo<sup>(1)</sup>, A. V., Nadal<sup>(1)</sup>, F. D Denia<sup>(1)</sup>, J.E. Crespo<sup>(1)</sup>, L. M. Pérez<sup>(1)</sup>**

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: toesllo1@mcm.upv.es*

### **RESUMEN**

En este trabajo se estudia la granulometría en distintas composiciones de mezcla de cemento, agua y materiales aligerantes. Empleamos la Vermiculita de dos granulometrías (V2 y V3) y se determina la composición más adecuada de cemento y agua para disponer de muestras que tengan cohesión suficiente para su fácil manejo. Se emplea como adhesivo Cemento Portland.

El empleo de técnicas de análisis de imagen mediante programas informáticos específicos de estudio de partículas resulta ventajoso frente a software de diseño gráfico (AUTOCAD). El uso de este tipo de programas supone un esfuerzo adicional debido a que cada partícula o grano debe tratarse individualmente, resultando un trabajo tedioso y de baja fiabilidad, debiendo analizarse al menos entre 50 y 100 partículas o granos.

### **INTRODUCCIÓN**

La utilización de aligerantes de construcción se emplea preferentemente en grandes obras de hormigón, debido al aligeramiento que en el hormigón produce en este tipo de construcciones y las propiedades de aislamiento térmico y acústico. En nuestro trabajo se pretende elaborar productos mediante el uso de estos aligerantes y diferentes tipos de adhesivos. Se han realizado diferentes mezclas de Aligerante/cemento en este caso Cemento Portland. Se han analizado las muestras que presentan una buena cohesión. El conocimiento de la morfología que se genera según la relación cemento/árido es importante para determinar qué composición o composiciones generan productos con la mejor relación Propiedades/Coste. La variación de esta proporción determina la topología de los granos cohesionados: tamaño, grado de cohesión, esfericidad, etc. El empleo de técnicas informáticas para su análisis facilita y agiliza la cuantificación de parámetros característicos de la morfología de granos. Existen diversos programas informáticos para el tratamiento y análisis de imágenes que detectan los bordes de los granos de forma automática. El análisis de los parámetros generados permitirá relacionar la morfología con respecto a la proporción de cemento/aligerante.

### **MATERIAL Y PROBETAS**

El material utilizado ha sido la Vermiculita. La vermiculita es un mineral formado por silicatos de Hierro y Magnesio y pertenece al grupo de las micas. Su aspecto se muestra en la Figura 1, en la que se observa su exfoliación en láminas expandidas. Al ser un material muy ligero (densidad entre 60 y 140 Kg/m<sup>3</sup>) su uso está indicado para

hormigones ligeros, aislantes acústicos y térmicos (punto de fusión superior a 1000°C). Se ha estudiado dos granulometrías de la vermiculita: V2 (grano fino) y V3 (grano grueso). También se ha utilizado como adhesivo Cemento Portland.

Las muestras se han obtenido para distintas composiciones de vermiculita-cemento-agua, seleccionando y estudiando solamente aquellas composiciones que presentan cohesión suficiente para su manejo. Se han elaborado 4 muestras de diferentes diámetros y espesores Fig 2.



**Figura 1.** Grano de vermiculita V3 en lupa en x2 aumentos.



**Figura 2.** Molde utilizado para las probetas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La marcación del contorno de los granos mediante el empleo de herramientas de los programas de dibujo es muy costoso (AUTOCAD) en cuanto a tiempo y resultados. Como alternativa se dispone de múltiples programas de análisis de imágenes de software libre. El estudio de la morfología de los granos se ha realizado con el programa informático de tratamiento y análisis de imágenes ImageJ. Este software permite cuantificar diversos parámetros de la morfología de las partículas: Area, perímetro, circularidad, etc, así como las dimensiones “a” y “b” que incluye a cada grano. El índice de circularidad está definido como  $M=4\pi A/C^2$  y representa la aproximación al círculo, tomando el valor de 1 para granos circulares.

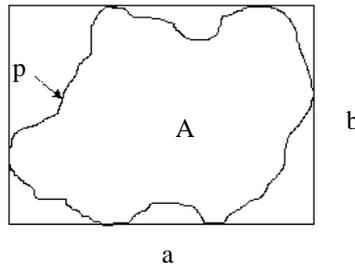


Figura 3. Parámetros de forma del grano

Para cuantificar cada parámetro puede calibrarse la imagen a partir de una longitud conocida de un objeto de la imagen. Con ello se relaciona la medida con los píxeles que ocupa ese objeto en la pantalla. Resultando muy útil para cuantificar tamaños de granos pequeños. La figura 4 ilustra los resultados mostrados en pantalla.

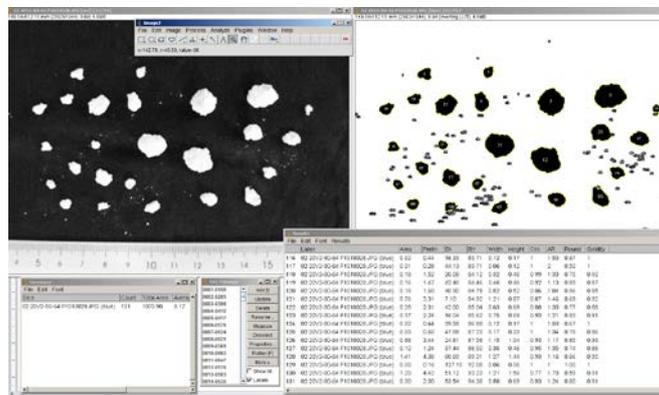


Figura 4. Captura de pantalla de resultados obtenidos en el software.

A modo de ejemplo, en la tabla 1 se indican los resultados obtenidos para la vermiculita V2 con una composición de mezcla de 20gr de Vermiculita, 80 gr de cemento y 64 gr de agua.

Tabla 1. Resultados obtenidos para la muestra V2 20-80-64.

grano	A	p	a	b	C
6	115.76	42.44	14.31	11.02	0.81
13	0.07	0.97	0.29	0.35	0.90
40	0.37	2.19	0.75	0.63	0.97
65	25.56	20.12	5.88	6.12	0.79
109	15.75	17.29	5.65	3.98	0.66

## CONCLUSIONES

El tratamiento manual de las imágenes con programas de diseño gráfico es muy laborioso. Los programas de tratamiento y análisis de imágenes facilitan la tarea de estudio de la morfología de las partículas, ya que reducen el tiempo de tratamiento y además detectan la geometría de los granos con mucha precisión.

Estas herramientas son indispensables y muy prácticas para comparar la morfología de distintas composiciones de Vermiculita-cemento-agua, permitiendo cuantificar diversos parámetros en cada una de ellas.

La obtención de resultados fiables está condicionada según la calidad de la imagen, por lo que la toma de fotografías en el laboratorio es muy importante. Para ello es necesario disponer de suficiente contraste entre los granos y fondo de imagen, así como la luminosidad y reflejos. La separación de los granos es un aspecto a tener en cuenta para la correcta detección de su geometría, ya que pueden producirse errores en el tratamiento.

Con programas de análisis de imágenes bidimensionales no es posible determinar la relación volumen/superficie del grano. La morfología de los materiales analizados no es uniforme y dispone de granos de diferente topología dependiendo de la composición vermiculita-cemento-agua, con lo que una imagen bidimensional no es suficiente para analizar la geometría completa.

## REFERENCIAS

- [1] Molera, P., Los polvos metálicos. Introducción a la pulvimetalurgia, (Ed. Bellaterra). Barcelona. pp. 9-34, (1977).
- [2] Exner, H. E., Particle shape analysis, Powder metallurgy, vol 7, ASM Handbook, ASM International. pp. 23-245, (1993).
- [3] Hubbard, J.L., Particle size and size distribution, Powder metallurgy, vol 7, ASM Handbook, ASM International. pp. 212-232, (1993).
- [4] Ballester, A., Verdeja, L.F., Sancho, J. "Granulometría: funciones de distribución y densidad", Metalurgia Extractiva (Ed. Síntesis). Madrid. pp. 72-78, (2000).
- [5] Perry, R. H., "Análisis de tamaño de partícula". Manual del ingeniero químico, McGraw-Hill. Madrid. pp. 20.6-20.8, (2001).

## Determinación del índice de refracción de películas delgadas crecidas en condiciones crioscópicas por medio de la medida de reflectancia a un ángulo de incidencia

M. A. Satorre, R. Luna, C. Santonja, M. Domingo, C. Millán

*Centro de Tecnologías Físicas  
Universitat Politècnica de València  
46022 Valencia, Spain  
e-mail: [msatorre@fis.upv.es](mailto:msatorre@fis.upv.es)*

### RESUMEN

En el presente trabajo se presenta un nuevo método de obtención de índices de refracción y espesores de películas delgadas, desarrollado por el grupo de astrofísica del Centro de Tecnologías Físicas: Acústica, Materiales y Astrofísica, cuyo laboratorio se encuentra en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy. La novedad del método radica en el hecho de que el índice puede ser obtenido únicamente con la medida de la reflectancia mientras la película es crecida sobre un sustrato, en nuestro caso de oro.

### INTRODUCCIÓN

La mayoría de los métodos empleados para evaluar estos parámetros mencionados, necesitan de la medida de una o dos magnitudes dependiendo de si se conoce el valor de uno o ninguno de ellos. Si no se dispone de alguno de estos parámetros, se necesitan dos medidas para poder cumplir con este cometido que podrían ser: las reflectancias de dos ondas incidiendo con vectores eléctricos paralelo y perpendicular al plano de incidencia; la transmitancia y la reflectancia; dos medidas de reflectancia a diferentes ángulos, múltiples medidas de reflectancia para diferentes ángulos. Estos procedimientos se pueden aplicar a películas que crecen por acreción o por cualquier otro procedimiento. En el caso de las aplicaciones astrofísicas, las condiciones específicas en una parte importante de los laboratorios que realizan estas medidas incapacitan para llevar a cabo la medida de la transmitancia; por lo tanto, la reflectancia se convierte en la única media de la que servirse, que, para el caso de películas delgadas viene dada por la ecuación

$$\mathbf{R} = \frac{(r_1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cos(2 \cdot \delta_1) + r_2^2)}{(1 + 2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cos(2 \cdot \delta_1) + r_1^2 \cdot r_2^2)} \quad (1)$$

En esta ecuación  $r_1$  y  $r_2$ , son los coeficientes de Fresnel y  $\delta_1$  viene dado por la expresión

$$\delta_1 = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot n(\lambda) \cdot d \cdot \cos \vartheta_r \quad (2)$$

La forma de trabajar se basa en obtener la reflectancia tomando como variable cualquiera de los siguientes parámetros: espesor de la película, ángulos de incidencia o la longitud de onda [1-3]. La ecuación 1 modificada de la forma adecuada, capacita para obtener el índice de refracción y el error.

## EXPERIMENTAL

Para obtener las curvas de la reflectancia a dos ángulos de incidencia diferentes se utilizan dos láseres de 0,5 mW ( $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ ) que inciden con ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  sobre la película de hielo en proceso de crecimiento y cuya disposición puede verse esquemáticamente en la Figura 1.

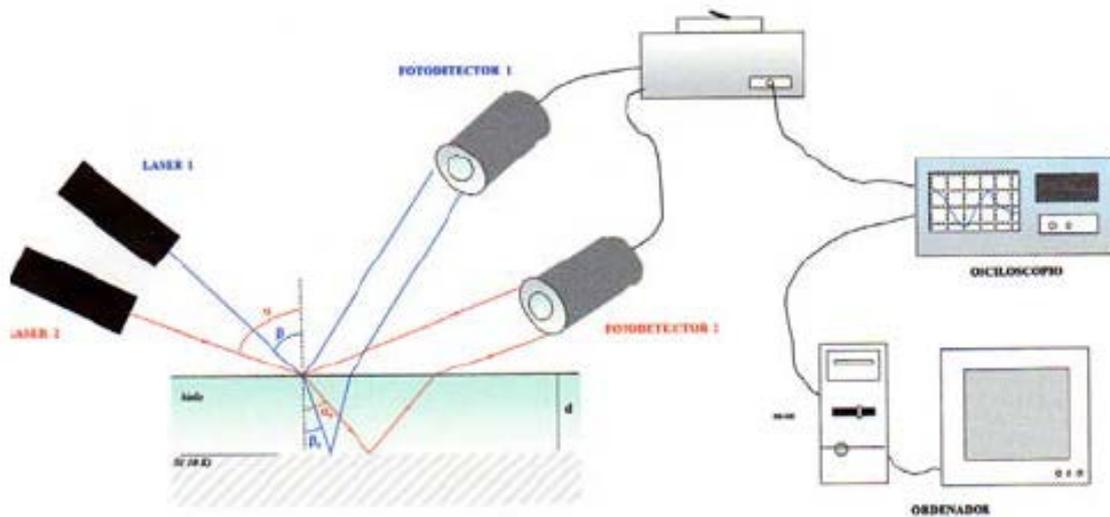


Figura 1. Esquema experimental con la película

## FUNDAMENTO DEL MÉTODO

En la Figura 2 se puede observar los patrones de interferencia obtenidos para dos depósitos realizados sobre el sustrato de Au a 10 y 63 K, incidiendo el haz láser con un ángulo de  $75^\circ$ .

Lo que interesa desde el punto de vista de nuestro estudio es que ambos patrones muestran una discrepancia en el inicio del depósito; se observa que del punto de partida hasta llegar al primer extremo transcurre una fracción del periodo diferente en cada caso. En ambos experimentos, los ángulos de incidencia son idénticos y se deposita la misma molécula, pero a diferentes temperaturas, lo que modifica la estructura del hielo formado y su índice de refracción.

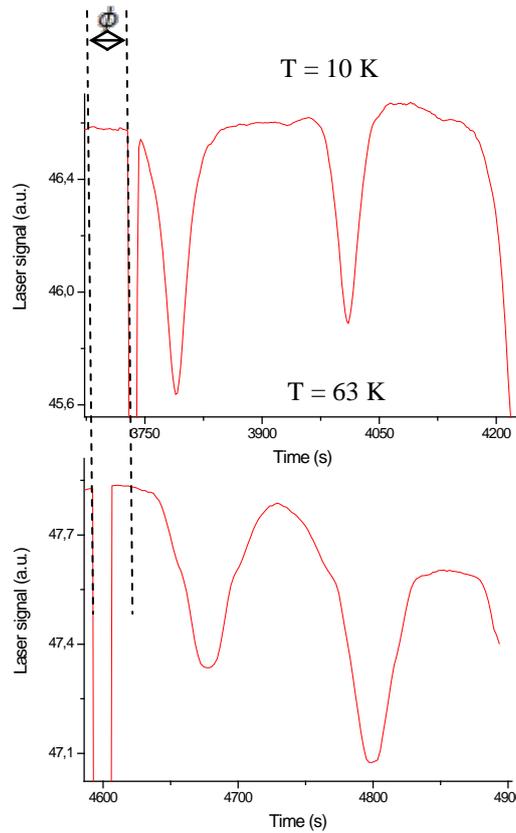


Figura 2. Patrones de interferencia a dos temperaturas de depósito para el dióxido de carbono

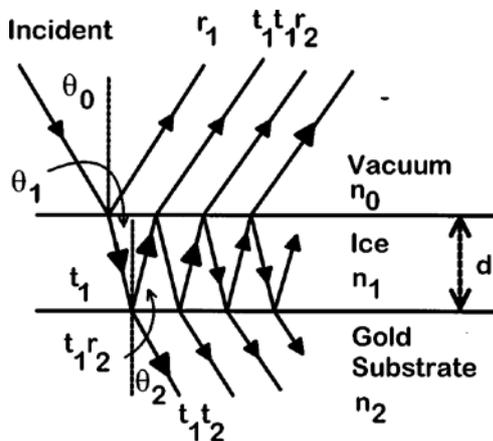


Figura 3. Refracción en una película delgada

El fenómeno de interferencia que se produce entre los múltiples haces reflejados que resultan al incidir el procedente de un láser (en nuestro caso con longitud de onda igual a 632nm) es como sigue: el primer haz se descompone en uno reflejado y otro refractado; este último repite el fenómeno sobre el substrato dando lugar a lo que se observa en la Figura 3.

La clave para entender el patrón de interferencia de películas delgadas es la diferencia de caminos ópticos entre los haces que surgen de la misma que, en principio, está gobernada por el crecimiento de la película en espesor y sobre la que también influyen, por supuesto, el índice de refracción y el ángulo de incidencia. Sin embargo, una cuestión que en general no es tenida en cuenta, es el efecto de la reflexión sobre la superficie del substrato, de oro en nuestro esquema experimental. La reflexión sobre la superficie del substrato es importante porque, por poseer un índice de refracción complejo, produce un

adelantamiento o un retraso de la fase entre la onda reflejada y la incidente, que es independiente del espesor de la película.

Matemáticamente lo que interesa es encontrar una relación de la forma expresada en la ecuación 3, que relacione el ángulo de incidencia  $\theta_0$ , el índice de refracción de la película  $n_1$  (parámetro que se debe averiguar) y el índice de refracción del oro  $n_g+i\cdot k_g$ .

$$\phi = f\left(\theta_0, n_1, n_g - i\cdot k_g\right) \quad (3)$$

Esta ecuación se obtendría despejando la fase  $\phi$  que aparece en el coeficiente de Fresnel [4], aplicando la ley de Snell (ecuación 5) para pasos intermedios e introduciendo el índice de refracción complejo para el oro, lo que lo libera de la visión geométrica asociada a los fenómenos ópticos.

$$r_{\perp} = \left(\frac{E_{or}}{E_{oi}}\right)_{\perp} = \frac{n_1 \cdot \cos \vartheta_1 - \left(n_g - i k_g\right) \cdot \cos \vartheta_2}{n_1 \cdot \cos \vartheta_1 + \left(n_g - i k_g\right) \cdot \cos \vartheta_2} = \rho_{\perp 12} \cdot e^{i\cdot\phi} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} 1 \cdot \text{sen} \theta_0 &= n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 \\ n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 &= \left(n_g - i k_g\right) \cdot \text{sen} \theta_2 \end{aligned} \quad (5)$$

A partir de estas expresiones es posible obtener, mediante el software adecuado el índice de refracción de la película conocido el del oro a la longitud de onda de nuestro láser.

## CONCLUSIONES

En la presente comunicación se describe un procedimiento totalmente innovador que permite obtener el índice de refracción de películas delgadas sin necesidad de crecerlas un espesor muy elevado, lo que puede provocar falta de homogeneidad en la totalidad de la película por limitaciones en la transmisión térmica. Este método habilita para obtener el parámetro indicado del patrón de interferencia obtenido a partir de tan sólo los dos primeros extremos.

## REFERENCIAS

- [1] Tempelmeyer, K. E., *Journal of Applied Physic*, 39, 2968 (1968).
- [2] Ishikawa, K., *Optics and lasers in engineering*, 41, 19-29 (2004).
- [3] Lunacek, J et al., *Applied Optics*, 48, 985 (2009).
- [4] Born, M. and Wolf, E., "Principles of Optics", Pergamon Press (1970).

## Cooperación Horizontal en Transporte por carretera: Un caso de varios almacenes demostrando ahorro en distancias y en emisión de contaminantes

**E. Pérez-Bernabeu<sup>(1)</sup>, A.J. Pérez<sup>(2)</sup>, J. Faulín<sup>(3)</sup>, M.A.Sellés<sup>(4)</sup>**

*(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Edificio Ferrándiz. Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: elenapb@eio.upv.es*

*(2) Internet Interdisciplinary Institute,  
Universitat Oberta de Catalunya  
c/Rambla Poblenou, 156, 08018 Barcelona  
e-mail: ajuanp@uoc.es*

*(3) Departamento de Estadística e Investigación Operativa.  
Universidad Pública de Navarra.  
Campus de Arrosadía. 31006 Pamplona  
e-mail: Javier.faulin@unavarra.es*

*(4) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Edificio Carbonell. Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: maselles@dimmm.upv.es*

### RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la importancia de la cooperación horizontal en el transporte para PYMES. Con el incremento de los costes de transporte, asociados al incremento del precio de los combustibles y a una sociedad cada vez más competitiva, una estrategia a seguir por las PYMES pasa por asociarse con otras compañías que están en las mismas circunstancias para tratar de disminuir la presión de las grandes compañías compartiendo recursos y optimizando rutas.

### INTRODUCCIÓN

Este estudio se centra en el sector del Transporte por Carretera. Es importante resaltar que las conclusiones obtenidas para el transporte por carretera frecuentemente no son válidas para otros tipos de transportes, como pueden ser el transporte fluvial y/o marítimo, o el ferrocarril, por las especiales características de cada uno de ellos. De todas formas, el transporte por carretera es el medio predominante en la Unión Europea, alrededor del 47%; en Estados Unidos alcanza el 32% y el 64% en Japón, según la Comisión Europea [1].

En la literatura nos encontramos muchas aportaciones recientes relacionadas con este campo, como por ejemplo:

- Krajewska et al. (2008) analizan los márgenes económicos resultantes de la cooperación horizontal entre empresas de transporte y las distintas

posibilidades de repartir estos beneficios adecuadamente entre los socios [2].

- Oberscheider et al. (2012) usan un análisis multicriterio para minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub>, además de otro tipo de costes [3].
- Úbeda et al. (2011) estudian la resolución de un problema de logística medioambiental en un distribuidor español integrando las actividades de recogida y de envío en rutas conjuntas de la misma flota de vehículos [4].

Las PYMES cuentan con numerosas desventajas con respecto a sus competidores de las grandes empresas, ya que el incremento de los precios de combustible y de los impuestos les hace tener que esforzarse doblemente a la hora de incrementar los niveles de calidad y de satisfacción de los clientes. Todo complica que las PYMES puedan enviar sus productos a los más variados destinos a precios competitivos.

Las grandes compañías tienen acceso a redes de transporte altamente productivas y de coste muy eficiente, a diferencia de las PYMES. Una de las posibilidades para las PYMES es seguir una estrategia de cooperación horizontal para llegar a ser más competitivas. En esencia, se trata de asociarse con otras PYMES, permitiendo el uso de economías de escala, incrementando la utilización de recursos y reducción de costes.

La cooperación horizontal se puede definir como un acuerdo de negocios entre dos o más compañías en el mismo nivel en la cadena de suministro o red para permitir facilitar el trabajo y la cooperación para llegar a conseguir un objetivo común, según Bahinipati et al. [5].

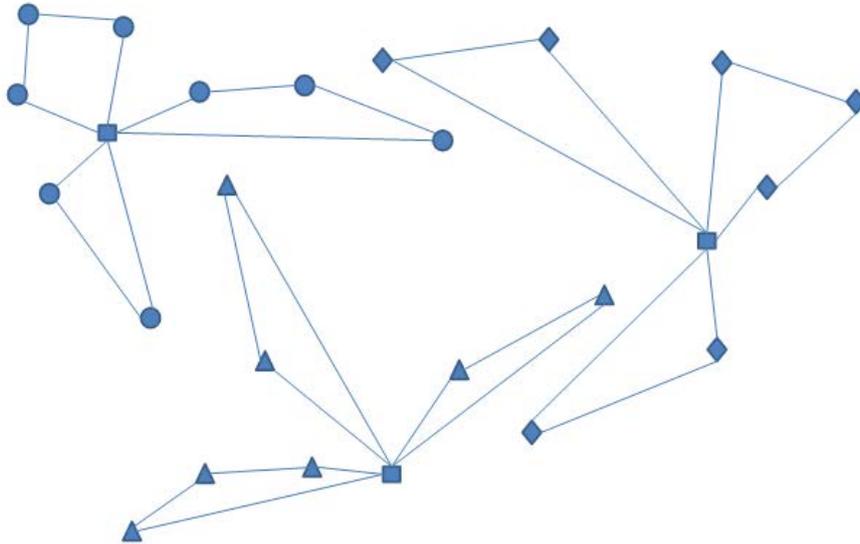
Uno de los puntos a tener en cuenta es el retorno de vehículo sin carga a su punto de origen, denominado en inglés 'empty backhauling'. En Europa esto representa el 25% de las actividades de transporte en carretera, según la Comisión Europea. De hecho, ya existe una regulación del 'cabotage', que es como se denomina esta práctica, que son las normas para los transportistas que cruzan fronteras para poder optimizar el uso de la carga, y recoger cargas en países donde el vehículo no está registrado en su viaje de vuelta.

La colaboración entre socios en la industria del transporte puede ayudar a reducir la huella medioambiental al tiempo que reduce el número de viajes necesarios e incrementa la eficiencia de los transportistas.

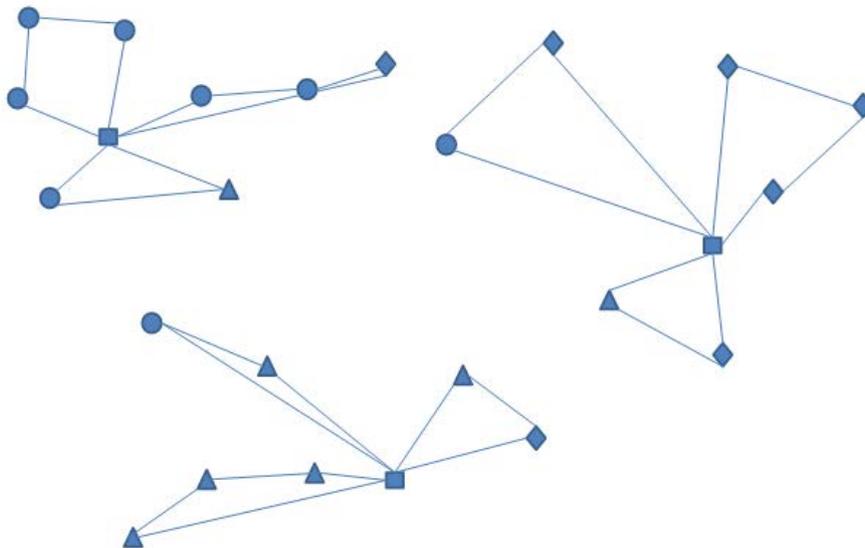
Los distintos escenarios que pueden clasificarse como:

- **Cooperativos:** Las empresas desean cooperar, p.ej. Los clientes pueden reasignarse a otras compañías. Este problema se convierte en MDVRP. (Figura 1).
- **No cooperativos (Figura 2):**
  - **Topología Agrupada (Clustered):** Los clientes se asignan a cada almacén de acuerdo a un criterio basado en la distancia.

- **Topología Dispersa (Scattered):** Los clientes se asignan a cada almacén aleatoriamente, asumiendo una topología dispersa.



**Figura 1.** Escenario no cooperativo.



**Figura 2.** Escenario cooperativo.

## EXPERIMENTAL

En este estudio se asume que los transportistas y los que envían productos están directamente controlados por las mismas empresas. También se considera que tiene lugar una cooperación horizontal total entre empresas.

Las decisiones sobre las rutas se hacen de forma global, de forma que los costes totales de envío se minimicen. Este objetivo de minimización puede estar sujeto a algunas restricciones relacionadas con la capacidad máxima de la empresa o almacén.

Para la determinación de los posibles beneficios de la cooperación horizontal se ha hecho uso del banco de pruebas Neumann ([www.neumann.hec.ca/chairedistributive](http://www.neumann.hec.ca/chairedistributive)). Las instancias seleccionadas son las p01-p23, así como las pr01-pr10.

Se han realizado 10 ejecuciones completas por instancia, y el tiempo máximo de ejecución por réplica ha sido de 2 minutos.

Las soluciones obtenidas son competitivas, y se han obtenido variaciones medias de 0,3% en algunos casos; en incluso superiores en otros.

## CONCLUSIONES

Tras un análisis pormenorizado de los resultados numéricos obtenidos, se puede concluir que la cooperación horizontal es de vital importancia para las PYMES.

Se ha constatado la reducción de dos partidas sumamente importantes para las empresas, como son:

- Costes de Distribución
- Emisión de gas contaminante

## REFERENCIAS

- [1] European Commission. EU transport in figures. Publications Office of the European Union. (2011)
- [2] Krajewska, M. A., Kopfer, H., Laporte, G., Ropke, S. and Zaccour, G. "Horizontal cooperation among freight carriers: request allocation and profit sharing". *Journal of Operational Research Society*, Vol. 59 (11), pp. 1483-1491.(2008)
- [3] Oberscheider, M., J. Zazgornik, C. B. Henriksen, M. Gronalt, and P. Hirsch. "Minimizing Driving Times and Greenhouse Gas Emissions in Timber Transport with a Near-Exact Solution Approach". *Scandinavian Journal of Forest Research* (2012)
- [4] Ubeda, S., Arcelus, F.J. and Faulin. J. Green Logistics at Eroski: A Case Study. *International Journal of Production Economics*, 131(1), pp. 44-51. (2011)
- [5] Bahinipati, B. K., Kanda, A., and Deshmukh. S.G. Horizontal collaboration in semiconductor manufacturing industry supply chain: An evaluation of collaboration intensity index. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 57, pp. 880-895.(2009)

## Propiedades acústicas de compuestos de GTR y materiales lignocelulósicos

J. E. Crespo<sup>(1)</sup>, S. Espinosa<sup>(1)</sup>, F. José López<sup>(1)</sup>,  
A.V. Nadal<sup>(1)</sup>, E. Juliá<sup>(2)</sup>, J. Segura<sup>(2)</sup>, J.M. Gadea<sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales.  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 - Alcoy (Alicante)  
e-mail: [jocream@dimm.upv.es](mailto:jocream@dimm.upv.es)

(2) Departamento Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras. Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 - Alcoy (Alicante)  
e-mail: [erjusan@mes.upv.es](mailto:erjusan@mes.upv.es)

### RESUMEN

La búsqueda de alternativas a los materiales tradicionales más utilizados para la absorción acústica, lleva realizar diferentes investigaciones en compuestos multicapa formados por diferentes tipos de residuos o materiales de desecho de sectores muy dispares. El objetivo principal es reducir la contaminación acústica por medio de materiales absorbentes como alternativa a los actuales.

### INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la contaminación producida por los ruidos y las vibraciones es un problema de gran interés para resolver. Esta contaminación es creciente en las sociedades desarrolladas, en las que cada vez más se demandan leyes y normativas para controlar el ruido, tanto en el interior como en el exterior de las áreas residenciales.

### MÉTODO EXPERIMENTAL

#### Materiales

Los materiales proceden del triturado de neumáticos de vehículos pesados una vez finalizado su ciclo de vida. Este producto está compuesto por residuos de naturaleza elastomérica denominados GTR (Ground Tire Rubber), que se adhieren a las fibras textiles (denominadas "Fluf") y metálicas. Los residuos empleados de GTR en este estudio son partículas de caucho de hasta 0,7 mm y partículas comprendidas entre 2,2-4 mm.

Las cargas lignocelulósica empleada es triturado de cáscara de almendra proveniente de las partidoras donde se obtiene una vez obtenido el fruto de la almendra o gallón. Las granulometrías empleadas en este estudio son partículas de 150 µm y 1000 µm.

## Caracterización

Para la medida de la impedancia acústica superficial se seguirán las recomendaciones de la norma UNE-EN ISO 10534-2: "Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia".

El método descrito en esta norma se aplicará para la determinación del coeficiente de absorción acústica a incidencia normal de materiales absorbentes del sonido mediante un tubo de impedancia acústica, dos micrófonos y un sistema de análisis de señal.

El cálculo del coeficiente de absorción acústica para incidencia difusa,  $\alpha_{st}$ , no es más que el cálculo del coeficiente entre la energía acústica absorbida por la superficie de la muestra de ensayo (sin retorno) y la energía acústica incidente para el caso de una onda plana con incidencia normal.

$$\alpha_{st} = 8 \frac{z'}{z'^2 + z''^2} \left[ 1 - \frac{z'}{z'^2 + z''^2} \cdot \ln(1 + 2z' + z'^2 + z''^2) + \frac{1}{z''} \cdot \frac{z'^2 - z''^2}{z'^2 + z''^2} \cdot \arctan \frac{z''}{1 + z'} \right]$$

donde:

$z = Z / \rho c_0$  la impedancia normalizada.

$z' = R / \rho c_0$  la parte real de la impedancia normalizada.

$z'' = X / \rho c_0$  la parte imaginaria de la impedancia normalizada.

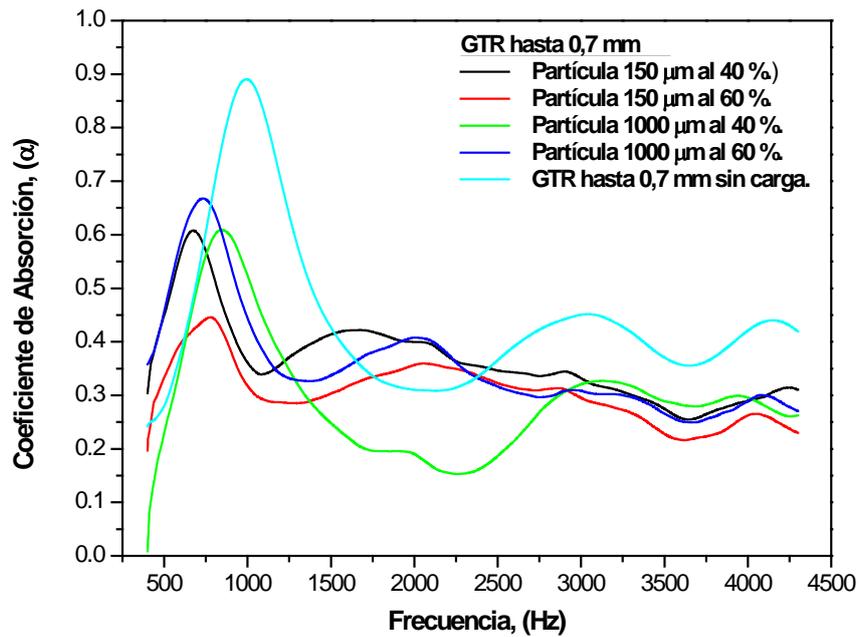
## RESULTADOS

La señal de salida se procesa mediante una serie de funciones de Matlab. Los siguientes gráficos muestran las señales de respuesta en frecuencia frente al coeficiente de absorción acústica de las muestras ensayadas en función de su composición.

En la Tabla 1 muestra la composición de los materiales utilizados en el estudio.

**Tabla 1.** Propiedades de las muestras utilizadas en el estudio.

Mat.	Partícula de GTR ( $\mu\text{m}$ )	Tamaño de partícula ( $\mu\text{m}$ )	Peso sin carga (gr)	Carga (%)	$\rho$ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
C 1	Hasta 0,7	150	900	40	0,72
C 2	Hasta 0,7	1000	900	40	0,72
C 3	Hasta 0,7	150	900	60	0,82
C 4	Hasta 0,7	1000	900	60	0,82
C 5	Entre 2,2-4	150	1000	40	0,80
C 6	Entre 2,2-4	1000	1000	40	0,80
C 7	Entre 2,2-4	150	1000	60	0,91
C 8	Entre 2,2-4	1000	1000	60	0,91



**Figura 1.** Coeficiente de absorción de las partículas de hasta 0,7 mm cargadas con partículas lignocelulósicas.

En la Figura 1, podemos observar como para la partícula de 150  $\mu\text{m}$  se obtienen resultados mayores en todo el rango de frecuencia para la carga al 40 %. Para las partículas de 2,2-4 mm cargadas podemos observar como para la partícula de 1000  $\mu\text{m}$  se obtienen resultados mayores de absorción acústica en los rangos iniciales de frecuencias con valores muy similares para las cargas de 40 y 60 % de aproximadamente el 95 % de absorción.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para el triturado de 0,7 mm de GTR no son superiores a la muestra sin carga, aunque los valores de absorción son muy similares a partir de los 1500 Hz. En cambio, para la granulometría entre 2,2-4 mm los valores obtenidos son mayores para las mezclas cargadas, teniendo en cuenta que la partícula de 150  $\mu\text{m}$  cargada al 60 % tiene una respuesta completamente superior en todo el rango de frecuencias.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Politécnica de Valencia, dentro del programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo (UPV PAID-05-2012) para proyectos de nuevas Líneas de Investigación Multidisciplinares (Ref.: SP20120370).

Agradecer a las empresas Insaturbo y Recipneu por su colaboración en el suministro de materiales.

## REFERENCIAS

- [1] Hyun J., Sung C., Yong S., Woo K., Status of recycling end-of-life vehicles and efforts to reduce automobile shredder residues in Korea, *J. Mat. Cycl. Waste Manag.*, (2007) 159-166.
- [2] Nadal A., Ferrer C., Monzó M., López J., Étude des mécanismes de recyclage des caoutchoucs provenant des déchets de pneus, *Ann. Chim.Sci.Mat.* 33 (2008) 179-188
- [3] Anthony, W. S., "Technology to separate rubber crumb from fiber", *Applied Engineering in Agriculture*, 22, (2006), 563.
- [4] Zhang, X. X.; Lu, C. H.; Liang, M., "Preparation of rubber composites from ground tire rubber reinforced with waste-tire fiber through mechanical milling", *J. Appl. Polym. Sci.*, 103, (2007),
- [5] R. Maderuelo-Sanz, A.V. Nadal-Gisbert, J.E. Crespo-Amoros, F. Parres-García, A novel sound absorber with recycled fibers coming from end of life tires (ELTs), *Applied Acoustics*, 73 (2012) 402-408.
- [7] J.E. Crespo, A. Nadal, F. Parres, Research into the influence of ground tire rubber (GTR) in the mechanical and thermal properties of recycled thermoplastic materials, *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 41 (2010) 293-299.
- [8] F. Parres, J.E. Crespo, A. Nadal, Characterization of fibers obtained from shredded tires, *Journal of Applied Polymer Science*, 113 (2009) 2136-2142.
- [9] F. Parres, J.E. Crespo, A. Nadal, Mechanical properties analysis of plaster reinforced with fiber and microfiber obtained from shredded tires, *Constructi. Build. Mater.*, 23 (2009) 3182.
- [10] J.E. Crespo, A. Nadal, F. Parres, Research into the influence of ground tire rubber (GTR) in the mechanical and thermal properties of recycled thermoplastic materials, *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 41 (2010) 293-299.

## Caracterización de resinas naturales procedentes de la recuperación de la explotación de pinares

M<sup>a</sup> Jiménez, S. Ferrándiz J. López

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Universitat Politècnica de Valencia. Plaza Ferrandiz-Carbonell 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: jlopezm@mcm.upv.es*

### RESUMEN

En el presente trabajo se analiza que posibilidades existen de emplear o actualizar los sistemas y normas de ensayo empleados en la caracterización de resinas de pino. El objetivo es ver en una primera aproximación cual es la forma más rápida, económica y viable por parte de una empresa dedicada a la extracción y destilación de resinas naturales de pino y la posterior comercialización de sus subproductos: aguarrás y colofonia de certificar sus productos

### INTRODUCCIÓN

Como se ha citado en los antecedentes la caracterización y certificación de las resinas de colofonias era una tarea realizada por los laboratorios estatales del INIA (y organismos predecesores), pero que con el declive de la producción y la reorganización de organismos oficiales esta actividad se dejó de realizar. Los ensayos recomendados por este organismo se pueden dividir en dos tipos, parámetros físicos y parámetros químicos.

**Tabla 1.** Parámetros Físicos y Químicos

PROPIEDAD FÍSICA	NORMA
PUNTO DE REBLANDECIMIENTO	ASTM E-28
CRISTALIZACIÓN	PALKIN + SMITH
VISCOSIDAD	BROOKFIELD
COLOR	ASTM D-1544
DENSIDAD	ASTM D-71
PUNTO DE INFLAMACIÓN	ASTM D-56 ASTM D-93
PUNTO DE COMBUSTIÓN	COPA CLEVELAND

PARÁMETRO QUÍMICO	NORMA
ÍNDICE DE ACIDEZ	ASTM D-465
ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN	ASTM D-464
ÍNDICE DE IODO	
INSOLUBLES EN TOLUENO	ASTM D-269
INSAPONIFICABLE	ASTM D-1065
PRODUCTOS DE OXIDACIÓN	INIA
CENIZAS	ASTM D-1063
CONTENIDO EN HIERRO	ASTM D-1064
ÁCIDOS RESÍNICOS POR GLC	ASTM D-3008
METALES	ABSORCIÓN ATÓMICA

A partir de esta información se han repasado las diferentes pruebas, con el fin de ver cual es la propuesta más viable de actualizar la caracterización la materia prima, bien por la propia empresa, subcontratando y realizando algunos ensayos alternativos a los propuestos en las tablas.

## EXPERIMENTAL

### Materiales

En este estudio se ha utilizado resina proporcionada por la empresa Industrias Valcan, (Cuenca). Con un suministro en forma de polvo, y con un tamaño de partícula de 500 µm.

### Técnicas Instrumentales

Se ha estudiado el comportamiento térmico de la resina usando la técnica de termogravimetría (TGA). Los registros TGA se han realizado con una célula de medida Mettler-Toledo TGA/SDTA 851 perteneciente al conjunto de módulos de análisis térmicos integrables de la serie STAR e-2000. Con esta técnica hemos aplicado diferentes programas de temperaturas utilizando métodos dinámicos y métodos isoterms.

Para la determinación de los componentes de la resina se ha utilizado la técnica de cromatografía de gases espectrometría de masas con el equipo GC/MS 6890 N Agilent Technologies e interconectado con un pirolizador (Pyroprobe® 1000 por el CDS analítica Inc.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayos Físicos

De forma general indicar que se trata en una primera vista de ensayos de normalización donde se utilizan equipos muy específicos, no excesivamente caros ni complejos de manejar, pero que son muy específicos y eso puede dar lugar a que no se encuentre un laboratorio que tenga todos los equipos. De la lista el primero en un ensayo de reblandecimiento con un equipo de anillo; es un ensayo donde el equipo es relativamente barato, pero que no es excesivamente común ya que ha sido desplazado por equipos más caros. Por otra parte es sencillo de utilizar

En el caso del ensayo de cristalización no existe ninguna referencia general, y se trata de métodos de ensayo muy antiguos basados en trabajos de Palkin & Smith (concretamente disolución en acetona). Al tratarse de un ensayo tan específico no debe ser común en cualquier laboratorio, por lo que es un ensayo que debe ponerse a punto.

Respecto a la viscosidad, en la tabla indica el método o equipo "Brookfield". El viscosímetro Brookfield es un equipo relativamente común. Es un equipo común porque se utiliza mucho en pastas, geles, pinturas y demás. Exige que el material este fundido, por lo que para la colofonia debe hacerse en fundido pero la resina se puede ensayar directamente. Para determinados ensayos en planta, como es conocer la viscosidad de plastisoles de PVC, nosotros hemos substituido el ensayo con éxito mediante la utilización de la copa Ford, muy económica y que es un ensayo muy común en pinturas (pero esto solo serviría para la resina).

El tema de color también es complejo, ya que el sistema propuesto, la escala Gardner, en la tabla es muy específico pero a la vez muy sencillo. Consiste en tener unos líquidos patrón con los que se compara el material. Se recomienda utilizar otro sistema, que es el del uso de un colorímetro, en este caso parece un método muy específico y aquí el problema no es tanto del uso de un colorímetro sino en que escala o sistema de medida se utiliza

La densidad es un parámetro bastante independiente del método empleado, y no suele ser importante ya que las variaciones entre las colofones es muy bajo. Nosotros hemos realizado un ensayo sobre la muestra con una balanza de densidades dándonos una densidad relativa media de 1.05. Es un ensayo que se puede hacer perfectamente en planta. Mas complejos son los relacionados con inflamabilidad, donde se utiliza la copa Cleveland. La copa del ensayo se llena con la muestra hasta un nivel especificado. Se aumenta rápidamente la temperatura inicial de la muestra y luego a una velocidad constante y lenta, a medida que se aproxima al punto de ignición. A intervalos de tiempo especificados se pasa una pequeña llama de ensayo a través de la copa. La temperatura más baja a la cual la aplicación de la llama de ensayo haga que se incendien los vapores que se encuentran por encima de la superficie del líquido, se toma como el punto de ignición. Para determinar el punto de llama, se continúa la aplicación de la llama de ensayo hasta cuando ésta haga que el aceite se queme por lo menos durante 5 segundos.

### **Ensayos Químicos**

De forma general, y con alguna excepción, los ensayos indicados son ensayos rutinarios en laboratorios químicos, que no utilizan un equipamiento especial (material de vidrio, equipos de reflujo) pero por el contrario consumen mucho tiempo. Dentro de este grupo encontraríamos los ensayos de índice de yodo, acidez, saponificación, etc.. Algunos de estos son muy sencillos como es la determinación de cenizas, donde solo es necesario una estufa o insolubles en tolueno que sirve para ver impurezas sólidas.

Dependiendo de la necesidad y disposición se puede plantear en realizar estos ensayos en planta. Del resto de los ensayos el más importante es la caracterización mediante cromatografía de gases de la caracterización de los ácidos presentes. Ya se requiere un equipo complejo, pero en este caso además es necesario realizar una etapa de esterificación de los ácidos, ya que los ácidos son excesivamente volátiles. Se han buscado alternativas a este proceso, de las que se hablarán con posterioridad. Otro ensayo citado es el contenido en hierro, que se realiza mediante absorción atómica. Es un análisis rutinario de contenido en metales pero que tampoco es un ensayo significativo por lo que no se recomienda su realización.

### **Ensayos Alternativos: Análisis Instrumental de Materiales**

Después de estudiar estos ensayos, se analizó la posibilidad de utilizar análisis alternativos con ensayos son rápidos y automatizados. Los ensayos que se han realizado pertenecen a tres tipos diferentes de análisis.: Infrarrojos, análisis térmico y cromatografía de masas.

El análisis de infrarrojos es una manera sencilla de caracterizar un material; su continuidad, y por comparación, nos permite aportar datos de la pureza de una muestra. En el análisis térmico se buscaba por una parte obtener composición de la resina y la colofonia, residuos y volátiles mediante la técnica de la termogravimetría e

información de la cristalización y fusión de la colofonia En el análisis de resultados realizados sobre la resina y la colofonia mediante termogravimetría son muy buenos. Permiten ver la relación entre colofonia y aguarras (que cantidad se evapora) cuando el ensayo se realiza sobre la resina, y cuando se realiza sobre la colofonia ver la cantidad de cenizas y volátiles existentes (figuras a continuación)

Respecto a la espectrofotometría de masas los componentes de la colofonia y resinas son excesivamente volátiles por lo que hay que realizar, sino se encuentra una alternativa el proceso de metilación o saponificación de los ácidos

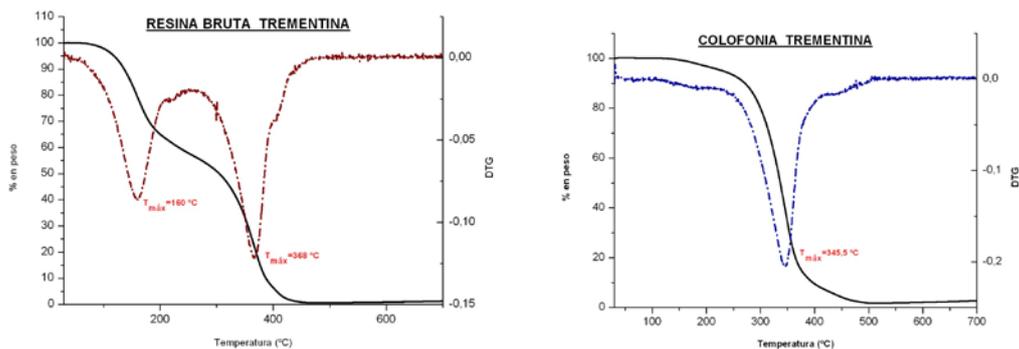


Figura 1. Análisis termogravimétrico sobre resina y colofonia

## CONCLUSIONES

Algunos de los parámetros físicos deberían poder determinarse en planta. Estos son la densidad, color, e incluso a nivel interno la viscosidad de la resina mediante la copa Ford (nos daría información de la relación trementina/colofonia)

De las pruebas realizadas, el espectro de infrarrojos y la termogravimetría podrían ser análisis incorporados a la caracterización, ya que no son excesivamente caros y aportan mucha información, estamos hablando de un coste que puede oscilar sobre los 50 euros. El resto de pruebas realizadas todavía no dan unos resultados positivos, y en este campo se continúa trabajando.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Arrieta, M.P.; Lopez, J.; Ferrandiz, S.; Peltzer, M. Characterization of PLA-Limonene blends for food packaging applications. *Polym Test.* 32(4), 760-768. (2013).
- [2] Rodríguez, A.; Arteaga, Y.; Carballo, L. Carrera de Ingeniería Forestal - Universidad de Pinar del Río- "Facultad de Forestal y Agronomía", Pinar del Río. (2008).
- [3] Rife, P. Las resinas españolas y sus industrias derivadas. *Rev. Montes.* 138-156. (1945).

## Ósmosis directa: Una alternativa de eficiencia energética en la depuración de aguas

**E. Gonga Roselló, M. F. López-Pérez, J. Lora García, A. Abad Sempere**

*Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM)  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrandiz-Carbonell, S/N 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: malope1@iqn.upv.es*

### RESUMEN

En los últimos años, ha surgido un nuevo concepto tecnológico para obtener agua de calidad a partir de las aguas residuales, que puede ser más económica y sostenible. Se trata del proceso de ósmosis directa, que permite obtener agua de excelente calidad a bajo coste. La gran ventaja energética frente a los demás procesos de membrana es que el gradiente necesario para promover el flujo de agua a través de la membrana es de presión osmótica y no de presión hidráulica. Para ello, es necesaria la presencia de una disolución osmótica al otro lado de la membrana, que facilite dicho gradiente. Para generar presión osmótica en este trabajo se han utilizado tres materiales distintos: Cloisite, Iaponita y Nanofil, de estas tres nanoarcillas, la que mejores resultados ha generado es Nanofil, aunque todavía son muy inferiores a los conseguidos con el NaCl.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el aumento de la población mundial está acabando con las reservas de agua dulce y con los combustibles fósiles; la carencia de estos dos recursos está afectando a un gran número de personas, ya que son dos de los bienes más importantes de la tierra.

Hay estudios que indican la carencia de agua potable para más de un millón de personas, solamente el 0,8% de la cantidad total del agua que podemos encontrar en la tierra es potable, además se estima que entre el 2007 y el 2035 el consumo de agua puede aumentar casi en un 50% [1]. En los últimos años, ha crecido el interés en la obtención de agua apta para el consumo desde el tratamiento del agua residual, así como, la desalinización de agua salobre y marina, para ello se pueden utilizar tecnologías de membranas. La importancia de éstas viene dada por su potencial separador específico que permite la eliminación de la contaminación en función del tamaño y la naturaleza química de ésta.

Actualmente se utilizan sistemas combinados de ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa, estos procesos tienen diversos elementos negativos como son la necesidad de aplicar altas presiones y un alto consumo energético, lo que conlleva un elevado coste de operación.

Una posible alternativa de futuro a dichos procesos de membrana es la ósmosis directa; es una tecnología emergente que puede producir agua disminuyendo los costes energéticos y por lo tanto, los costes económicos [2]. La ósmosis directa es un proceso en el cual se utiliza una membrana semipermeable que aprovecha la diferencia de gradiente osmótico entre dos disoluciones, de esta forma se consigue

generar un flujo de agua desde una corriente de alimentación con baja presión osmótica hacia una disolución de arrastre con alta presión osmótica.

Las ventajas potenciales que ofrece esta tecnología emergente se deben principalmente a la baja presión necesaria para el proceso de ósmosis. Como consecuencia reduce notablemente el consumo energético y por tanto, los costes económicos del proceso serán menores. Gracias a estas ventajas, se podría utilizar la ósmosis directa en diversas aplicaciones como la desalinización [3], la depuración de agua residual, concentración de alimentos líquidos, concentración de medicamentos y generación de energía entre otras aplicaciones.

Hay que tener en cuenta en el balance energético, la recuperación y reutilización de los solutos de arrastre ya que ésta tiene que ser económica y técnicamente viable [4]. Aparte del bajo consumo energético también presenta otras ventajas respecto a otros procesos que necesitan grandes cantidades de presión y energía. Como la baja tendencia al ensuciamiento de las membranas, facilidad para eliminar la suciedad de éstas y el rendimiento en cuanto a recuperación de agua.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el comportamiento de diversas disoluciones generadoras de presión osmótica. Para ello se han utilizado como disolución de arrastre tres nanomateriales que pertenecen al grupo de las nanoarcillas. La versatilidad de las nanoarcillas se utilizan en diversos sectores industriales (automoción, textil, odontología, envases, etc) mejorando las propiedades térmicas y mecánicas de los materiales poliméricos.

## EXPERIMENTAL

### Equipo

Actualmente tenemos una planta de ósmosis directa de laboratorio (figura 1) compuesta por un módulo plano para membranas, con una superficie útil de contacto de 34 cm<sup>2</sup>. La membrana comercial utilizada para ósmosis directa es el modelo CTA-NW de HTI OsMem. Este módulo está conectado a dos circuitos independientes (agua a tratar y la disolución osmótica). Las disoluciones están impulsadas con bombas peristálticas con diferentes caudales, siendo el caudal de la disolución osmótica o de arrastre de alrededor de 4 L·min<sup>-1</sup>, mientras que el caudal del agua a tratar o disolución de alimentación se mantiene a 0.6 L·min<sup>-1</sup>. La temperatura se mantiene constante a 25° C mediante un baño termostatzado [5]. Los pasos de flujo se analizan mediante variación de masa medida con dos balanzas (Kern PLS). Todas las variaciones de peso del permeado y de la disolución a tratar se registran mediante tarjetas de adquisición de datos y utilizando el programa Labview. (National Instruments, USA)

### Disoluciones osmóticas

En este trabajo se han utilizado cuatro disoluciones distintas, la primera ha sido NaCl (58,44 g/L), esta disolución genera una gran presión osmótica, por tanto se ha utilizado para comprobar que el sistema funciona correctamente y que se genera un flujo constante de agua a través de la membrana. En los experimentos realizados posteriormente se ha sustituido el NaCl por diversos nanomateriales: Cloisite (30 g/L), Laponita (30 g/L) y Nanofil (30 g/L), estas tres nanoarcillas se utilizan comúnmente como aditivos para polímeros y de esta forma mejorar el comportamiento mecánico de estos materiales.



Figura 1. Planta piloto de ósmosis directa

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se encuentran representados los datos obtenidos del experimento realizado con NaCl, se puede apreciar cómo se genera un flujo de agua a través de la membrana desde la disolución de alimentación hacia la disolución con alta presión osmótica. El flujo de agua conseguido a través de la membrana es de  $11.4 \text{ Lph}\cdot\text{m}^{-2}$ .

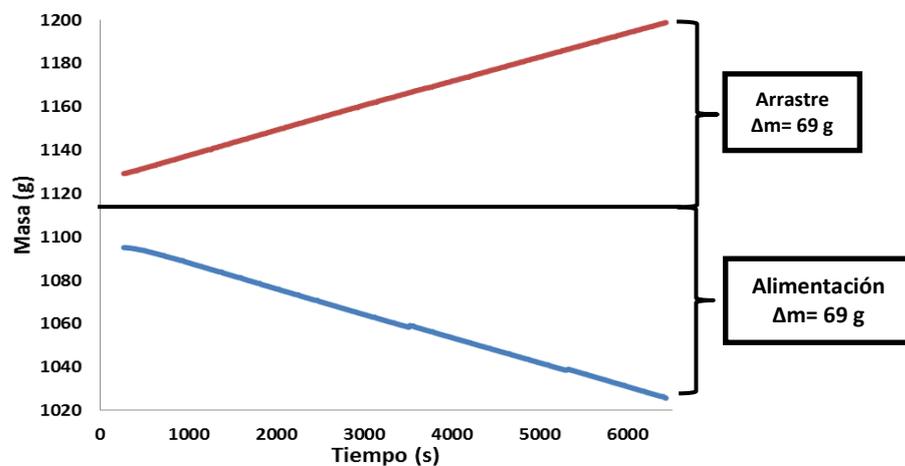
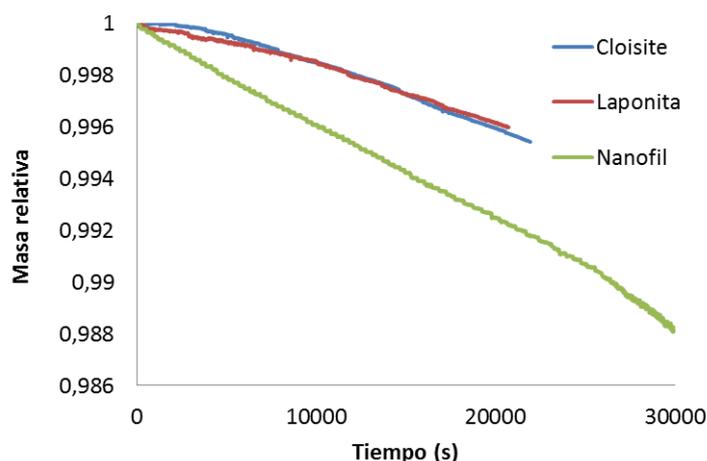


Figura 2. Ensayo de ósmosis directa con NaCl. --- Disolución de arrastre, --- Disolución de alimentación.

Una vez comprobado el potencial de arrastre del NaCl pasamos a introducir las distintas disoluciones osmóticas de nanoarcillas. Para ello se realizan 3 experimentos con una duración media de seis horas, manteniendo las mismas condiciones anteriores de caudal y temperatura. En la figura 3 se han representado de forma relativa los valores conseguidos con las nanoarcillas cloisite, laponita y nanofil, con éstas se ha conseguido un flujo de agua a través de la membrana de  $0.23 \text{ Lph}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $0.18 \text{ Lph}\cdot\text{m}^{-2}$  y  $0.43 \text{ Lph}\cdot\text{m}^{-2}$  respectivamente. Observando que el mejor resultado se consigue con el nanofil.



**Figura 3.** Ensayo de ósmosis directa realizado con nanoarcillas. — Cloisite, — Laponita, — Nanofil.

## CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos experimentalmente podemos concluir que el nanofil utilizado como disolución osmótica presenta mejores resultados que los obtenidos con la laponita y el cloisite. También se puede ver que los flujos conseguidos con los materiales citados anteriormente son muy inferiores a los observados con la sal y por tanto el reto que se presenta para los trabajos posteriores es el desarrollo de disoluciones de arrastre que puedan conseguir mayores flujos de agua a través de la membrana.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la UPV el apoyo financiero en la realización de este trabajo (PAID-05-12).

## REFERENCIAS

- [1] Zhao, S., Zou, L., Tang, C.Y. y Mulcahy, D., *Journal of Membrane Science*, 396, 1-21 (2012).
- [2] Zhao, S. y Zou, L., *Desalination*, 278, 157-164 (2011).
- [3] McGinnis, R.L., Hancock, N.T., Nowosielski-Slepowron, M.S. y McGurgan, G.D., *Desalination*, 312, 67-74 (2013).
- [4] Ge, Q., Ling, M. y Chung, T.S., *Journal of Membrane Science*, 442, 225-237 (2013).
- [5] Phunstsho, S., Vigneswaran, S., Kandasamy, J., Hong, S., Lee, S. y Shon, H.K., *Journal of Membrane Science*, 415, 734-744 (2012).

## Análisis de la evolución socio-económica de España

**A. Brotons, J. Jordán<sup>(1)</sup>**

*(1) Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: jorjornu@eio.upv.es*

### RESUMEN

La crisis económica continúa persistiendo a día de hoy en nuestro país. En este estudio se realiza el análisis de tres variables consideradas claves en la crisis española. Las variables son: Producto Interior Bruto (M€), Tasa de Paro (m.personas) y Deuda pública Española (M€). Con el empleo de los modelos ARIMA sobre las series temporales, se obtienen unas predicciones que muestra el escenario a corto plazo.

### INTRODUCCIÓN

Como ya sabemos, la situación actual de España, se encuentra ante una crisis iniciada a mediados del 2007 hasta la actualidad, que afecta tanto al sector económico como a los sectores social y político así como a los indicadores macroeconómicos como: El PIB (Producto Interior Bruto), Tasa de Paro, IPC (Índice de Precios de Consumo), Deuda Pública Española, etc.

Esta crisis empezó con grandes problemas en el sector inmobiliario, como conocemos, "La Burbuja Inmobiliaria", la gran inversión en el sector de la construcción y también la crisis bancaria (2010) que llevó finalmente al desempleo en España.

El desempleo, a principios de 2007, llegó a marcar un mínimo histórico con 1,76 millones de personas (un 7,95% de la población activa), y pasó a anotar un máximo en el primer trimestre de 2013 con más de 6.200.000 parados (un 27,16%). En cuanto al Producto Interior Bruto, se identificó un decrecimiento desde el último semestre de 2008, que llevó a que España entrase en una recesión, de la cual no saldría hasta el segundo trimestre de 2010. La deuda pública, que en 2007 representaba un 36,1% del PIB, se duplicó en tres años, instalándose en el 60,1% en 2010.

Estos datos demoledores, nos llevan a la duda de qué va a ocurrir en los próximos meses.

### OBJETIVOS

El primer objetivo de nuestro estudio, es realizar un análisis sobre la evolución Socio-Económica de España.

El segundo objetivo será predecir el escenario a corto plazo de los tres indicadores analizados.

## TÉCNICA ESTADÍSTICA

En cuanto a la técnica estadística del estudio, son las series temporales. Una serie temporal es una sucesión de datos de una variable ordenada en el tiempo. Como resultado de las series temporales, se consigue predecir los valores futuros mediante el comportamiento pasado.

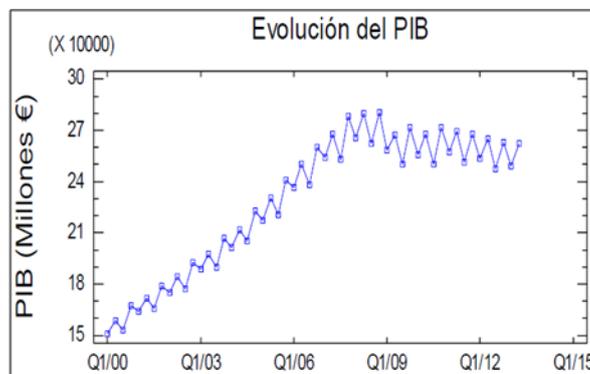
Las series temporales están estructuradas por: años, días, trimestres... El espaciado de tiempo siempre es el mismo, en nuestro caso, siempre es por trimestres. La evolución de la serie temporal siempre esta ordenada desde datos más antiguos a datos más actuales. Estas series temporales se caracterizan por mostrar información sobre: La evolución a largo plazo, variaciones estacionales, puntos anómalos y la variabilidad.

El modelo teórico "ARIMA", combina parte de un modelo auto-regresivo con un modelo de media móvil. Con el modelo "ARIMA" las predicciones del modelo solo son fiables a corto plazo.

La hipótesis para que el modelo sea válido, debe constar que sea:

- Una serie estacionaria
- Que el modelo sea significativo
- Que no haya Autocorrelación
- Los residuos deben ser de media nula, y tener homocedasticidad
- Los residuos se deben distribuir normalmente

## REPRESENTACIONES TEMPORALES

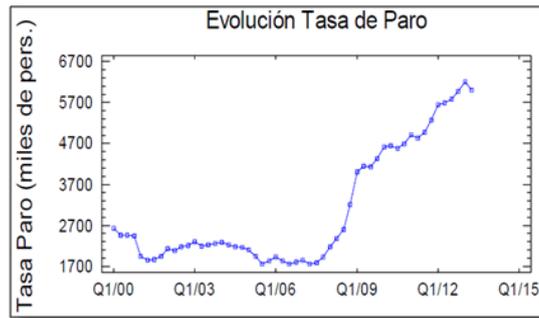


**Figura 1.** Evolución del PIB

La tendencia del PIB es positiva hasta el año 2007, ya que hasta este año el crecimiento viene dado por la inversión en el sector de la construcción. A partir de este año la tendencia es moderadamente negativa por la aparición de la crisis (Figura 1).

La variable tiene un comportamiento repetitivo en el tiempo, ya que como se puede ver, en el primer trimestre baja, en el segundo aumenta, en tercero disminuye y en cuarto vuelve a ascender, este comportamiento se repite en toda la serie, por lo que podemos afirmar que existen variaciones estacionales.

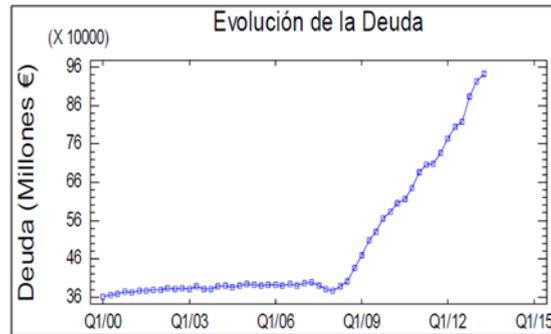
La variabilidad del PIB, vemos que aumenta un poco, aunque no parece que vaya a suponer un problema para los modelos ARIMA (Figura 2).



**Figura 2.** Evolución de la tasa de Paro

Desde los principios de 2000 la tendencia del Paro es negativa hasta mitades del 2007, y a partir de aquí, hay un cambio de tendencia, a tendencia positiva de pendiente muy elevada.

Se aprecia variabilidad estacional, en concreto, hay una disminución de la tasa de paro en el tercer trimestre, ya que los periodos estivales generan empleo temporal en el turismo, y la variabilidad de la tasa de paro es constante.



**Figura 3.** Evolución Deuda

La evolución de la Deuda Pública desde los principios de 2000 hasta mitades del 2007 tiene un comportamiento constante, y a partir de aquí, hay un cambio de comportamiento a una tendencia positiva de pendiente elevada. En cuanto a la variación estacional no hay, y la variabilidad se observa que es constante.

## MODELOS ARIMA

- PIB: ARIMA (0, 2,0) x (0, 2,1)<sub>4</sub> modificación Ln.
- Tasa de Paro: ARIMA (0, 1,1) x (0, 1,0)<sub>4</sub>.
- Deuda Pública Española: ARIMA (0, 3,1) x (0, 1,1)<sub>4</sub> modificación Ln.

Los modelos ARIMA son válidos para cada variable, se han comprobado todas las hipótesis y cumplen todo, salvo, en el modelo de la Tasa de Paro que no cumplía estrictamente la normalidad de los residuos.

## PREDICCIONES

Tabla 1. Predicción del PIB

Predicción Producto Interior Bruto (M.€)							
Trimestres/ año	Predicción Puntual			Límite Inferior 95%		Límite Superior 95%	
	2012	2013	2014	2013	2014	2013	2014
1º Trimestre	253787	249366	252442		229436		277755
2º Trimestre	264787	262370					
3º Trimestre	247746	247390		241152		253789	
4º Trimestre	262682	263915		249266		279424	

Tabla 2. Predicción de la Tasa de Paro

Predicción Tasa de Paro (m.personas)							
Trimestres/ año	Predicción Puntual			Límite Inferior 95%		Límite Superior 95%	
	2012	2013	2014	2013	2014	2013	2014
1º Trimestre	5640	6203	6400		5542		7258
2º Trimestre	5693	5998					
3º Trimestre	5778	5975		5612		6337	
4º Trimestre	5965	6162		5503		6820	

Tabla 3. Predicción de la Deuda Pública

Predicción Deuda Pública (M.€)							
Trimestres/año	Predicción Puntual			Límite Inferior 95%		Límite Superior 95%	
	2012	2013	2014	2013	2014	2013	2014
1º Trimestre	774926	922828	996190		839269		1,18245E6
2º Trimestre	804614	943410					
3º Trimestre	817170	945352		904845		987672	
4º Trimestre	883848	975160		882167		1,00796E6	

La predicción sobre el PIB a c/p respecto al año anterior tiende a aumentar. En cuanto a la Tasa de Paro respecto del año anterior la predicción a c/p, tiende a aumentar tanto en el tercer trimestre y cuarto trimestre del 2013 como en el primer trimestre del 2014. Y por último la predicción a c/p de la deuda respecto al año anterior, hay previsión de que aumente en lo que queda de 2013 y principio de 2014.

## CONCLUSIONES

La situación Socio-Económica de España desde 2007 es negativa ya que: Disminuye de forma leve el PIB, aumenta considerablemente la Tasa de Paro y aumenta de forma acusada la Deuda Pública. Se han obtenido modelos ARIMA válidos para la predicción del PIB, Tasa de Paro y Deuda. Con las predicciones obtenidas, el escenario no es muy esperanzador.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] [www.ine.es](http://www.ine.es)
- [2] [www.bde.es](http://www.bde.es)
- [3] [www.eleconomista.es](http://www.eleconomista.es)
- [4] [www.expansión.com](http://www.expansión.com)

## Influencia de la estructura de los tejidos de calada en su coeficiente de absorción acústica

M. P. Segura, M. A. Bonet<sup>(1)</sup>, I. J. Montava<sup>(1)</sup>, E. Juliá<sup>(2)</sup>, J. G. Segura<sup>(2)</sup>

*(1) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: [maboar@txp.upv.es](mailto:maboar@txp.upv.es), [imontava@txp.upv.es](mailto:imontava@txp.upv.es)*

*(2) Departamento de Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: [erjusan@mes.upv.es](mailto:erjusan@mes.upv.es), [jsegura@mcm.upv.es](mailto:jsegura@mcm.upv.es)*

### RESUMEN

El presente trabajo muestra de forma experimental las variaciones en el coeficiente de absorción acústica en tejidos de calada. Para ello se ha empleado una disposición en el telar muy común en textiles para el hogar, ligamento tafetán, así como materias convencionales como son los hilados de poliéster texturizado. Se observa que la estructura en una o varias capas de tejido produce una variación en la absorción de modo que la misma aumenta al aumentar la densidad del tejido, hasta un máximo. Además se comprueba que la absorción tiende a disminuir al aumentar el número de capas del tejido.

### INTRODUCCIÓN

Los tejidos de calada para su estudio como material absorbentes acústicos se han asimilado a una membrana porosa con una cámara de aire entre ésta y la superficie acústica dura, por ejemplo en forma de cortinas. En 1991 se estudia el efecto de la cámara de aire detrás y entre las capas de una cortina realizada en tejido de doble tela[1]. En 1999 Kang y Fuchs [2] determinan que es posible alcanzar coeficientes de absorción mayores a 0,4 y entre 4 y 5 octavas, montando dos capas de tejido de fibra de vidrio a 100 mm de una pared rígida. En 2012 Reto Pieren [3] estudia tejidos simples frente a una cámara de aire, obteniendo un modelo para calcular el coeficiente de absorción representativo a partir de la resistencia al flujo de aire del tejido.

En el mismo año Parham Soltani y Mohammad Zerrebini [4] analizan las características acústicas y el coeficiente de absorción del sonido de tejidos simples de calada, comprobando que tanto la porosidad como la densidad del tejido influyen en el coeficiente de absorción del sonido del mismo. La absorción, según ellos aumenta con el espesor del tejido y la finura del hilo de trama, con la irregularidad de los hilados, y con la disminución de la longitud de las bastas.

Igualmente en 2012, Ruiz et al [5] proponen un modelo que describe las propiedades acústicas de placas perforadas con una capa de tejido con poros microscópicos. Tienen en cuenta que el volumen de aire que atraviesa los poros del tejido depende de la geometría del hilo, siendo la velocidad de sus partículas dentro de los poros mayor que fuera de ellos, y está relacionada con la presión según la ley de Darcy. Comparan tejidos micrométricos de filtración con uno de cortina, obteniendo resultados similares.

Al emplear diferentes placas con el mismo ratio de perforación pero distinta distribución de las perforaciones, con el mismo tejido, las curvas de absorción son similares. Por los resultados obtenidos concluyen que los efectos térmicos tienen gran importancia en tejidos a altas frecuencias.

## EXPERIMENTAL

### Muestras

Se diseñan y fabrican varios tejidos de calada, basados en ligamento tafetán principalmente, de entre una y cuatro capas, con distintas densidades de trama y urdimbre. Además, se producen otros dos tejidos de una sola capa, con 60 h/cm y 35 p/cm: uno de ellos a base de teletón y el otro empleando un ligamento de relieve de curso 8.

En todos los tejidos se emplea tanto para la urdimbre como para la trama hilo de poliéster tangleado de 167 dtex. Este hilo está texturizado con lo que se aumenta su volumen y capacidad de recubrimiento.

Se emplea una máquina de tejer Smit GS 900 190 cm de ancho de tejeduría, con máquina Jacquard electrónica Stäubli DX-100 1.408 ganchos útiles con una montura de 1.200 ganchos a orden seguido con 8 caminos. La urdimbre la componen 9.600 hilos a 60 h/cm en 160 cm en peine.

### Caracterización acústica

Hay diferentes métodos para medir propiedades acústicas en los materiales. Algunos métodos necesitan una cámara reverberante, como el descrito en la Norma ISO 354:2003 [6]. Otros métodos determinan las características acústicas con la técnica del tubo de impedancia acústica, como el descrito en la Norma ISO 10534-2 (Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la Función de Transferencia) que es una de las técnicas más utilizadas en la caracterización acústica de materiales [7-10] y es el método empleado en este trabajo. Se obtiene la curva de absorción acústica del material en función de la frecuencia. En este trabajo, las muestras de tejido se miden sin cavidad de aire trasera y sin tensión.

Según la Norma ISO 10534-2, el esquema del equipo para medir el coeficiente de absorción acústica se muestra en la Figura 1.

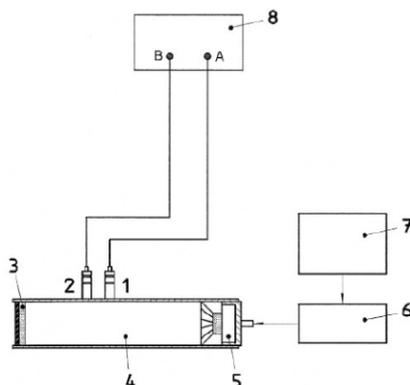


Figura 1. Esquema del equipo de medida.

Los componentes del equipo son:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1.- Micrófono 1.                 | 5.- Fuente de sonido.                  |
| 2.- Micrófono 2.                 | 6.- Amplificador.                      |
| 3.- Muestra de material.         | 7.- Generador de señal.                |
| 4.- Tubo de ondas estacionarias. | 8.- Sistema de análisis en frecuencia. |

El coeficiente de reflexión se determina mediante la ecuación 1:

$$r = \frac{H_{12} - H_i}{H_R - H_{12}} \cdot e^{2 \cdot j \cdot k_0 \cdot x_1} \quad (1)$$

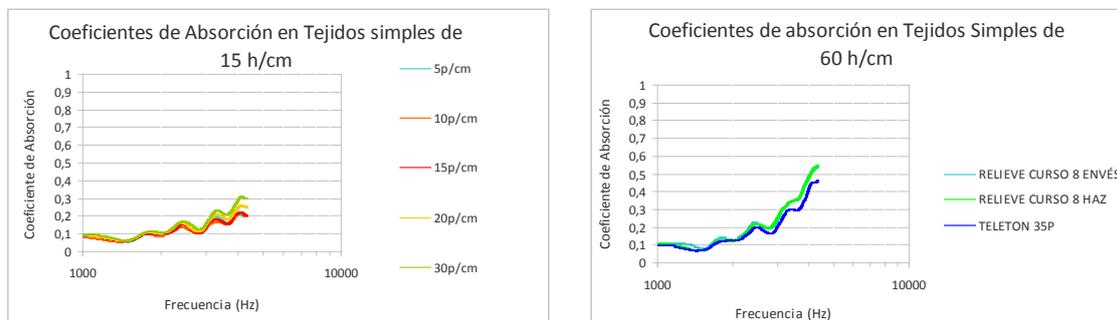
Donde  $H_{12}$  es la función de transferencia compleja,  $H_R$  es la función de transferencia de la onda reflejada,  $k_0$  es el número de onda complejo y  $x_1$  es la distancia desde la muestra hasta la última posición del micrófono.

Y el coeficiente de absorción acústica se determina con la ecuación 2:

$$\alpha = 1 - |r|^2 \quad (2)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

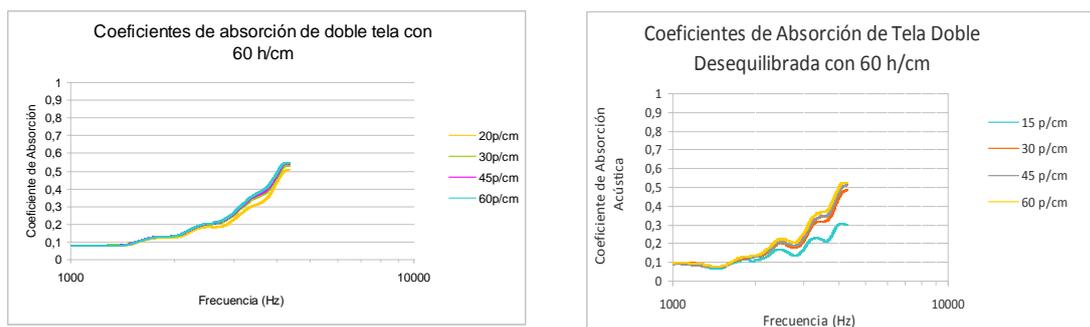
Los coeficientes de absorción de los tejidos simples se muestran en la figura 2.



**Figura 2.** Coeficientes de absorción en tejidos simples.

Se incluyen los valores a partir de 1000 Hz ya que los valores anteriores se consideran despreciables. Se observa que ningún tejido simple de menos de 45 h/cm presenta absorciones superiores a 0,4 a ninguna frecuencia.

Los coeficientes de absorción de los tejidos múltiples se muestran en la figura 3.



**Figura 3.** Coeficientes de absorción en tejidos múltiples.

En el caso de los tejidos múltiples la absorción aumenta a partir de 3000 Hz, y en casi todos los casos alcanza un coeficiente de absorción mínimo de 0,5 de forma puntual.

## CONCLUSIONES

En todas las estructuras de tejidos la absorción aumenta al aumentar la densidad de trama. Sin embargo en los tejidos con la densidad de urdimbre máxima, este aumento es mucho menor. También en las telas múltiples equilibradas influye menos la variación de densidad de trama que en las desequilibradas. Esto se puede tener en cuenta a la hora de diseñar tejidos más ligeros.

Al aumentar el número de capas del tejido el coeficiente de absorción tiene tendencia a disminuir. Aumentando el número de capas, los mismos hilos se distribuyen en más niveles, produciendo mayor número de poros y de mayor tamaño.

Hay que tener en cuenta que al ser elementos tan finos, se produce un pequeño efecto resonador en el tubo al realizar la medición, que aparece en las gráficas.

## REFERENCIAS

- [1] Hanna, Y. I. y Kandil, M. M., "Sound absorbing double curtains from local textile materials". *Applied Acoustics*, 34:4, 281-291 (1991).
- [2] Kang, J. y Fuchs, H.V., "Predicting the absorption of open weave textiles and micro-perforated membranes backed by an air space". *Journal of Sound and Vibration*, 220:5, 905-920 (1999).
- [3] Pieren, R., "Sound absorption modeling of thin woven fabrics backed by an air cavity". *Textile Research Journal*, 82, 864 (2012).
- [4] Soltani P. and Zerrebini M.. "The analysis of acoustical characteristics and sound absorption coefficient of woven fabrics". *Textile Research Journal*. 82:9 875–882 (2012).
- [5] Ruiz, H et al., "Acoustic properties of plates with unevenly distributed macroperforations backed by woven meshes". *Acoustical Society of America*, 132:5: 3138-3147 (2012).
- [6] Rodríguez Montejano RM, "Propiedades acústicas del caucho granular". Tesis Doctoral (2003).
- [7] Jiménez-Espadafor FJ, Becerra JA, Torres M, et al., "Optimal design of acoustic material from tire fluff". *Materials and Design*, 32, 3608-3616 (2011).
- [8] Miravete A, et al., "Materiales compuestos I y II". INO Reproducciones, Zaragoza (2000).
- [9] Tsai W, Miravete A., "Diseño y Análisis de Materiales Compuestos". Reverté, Barcelona (1988).
- [10] Hull D., "Materiales Compuestos". Reverté, Barcelona (2003).

## Caracterización de estados prefebriles en pacientes con infecciones

J. Jordán, P. Miró-Martínez, D. Cuesta-Frau, M. Varela-Entrecanales,  
B. Vargas-Rojo

*Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrandiz y Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: jorjornu@eio.upv.es*

### RESUMEN

La medicina es una ciencia en constante evolución, cada avance supone al ser humano la mejora de la calidad de vida, o un aumento de su longevidad. Las investigaciones que se están llevando a cabo por un grupo de investigadores médicos, tratan de demostrar que la concentración de bacterias en la sangre, es mayor antes de una fiebre que durante ella. Para ello les basta con comparar muestras de sangre de ambos periodos de tiempo. El problema que se presenta es que no se dispone de una herramienta para anticiparse a la fiebre. Para ello se ha trabajado con técnicas estadísticas de análisis multivariantes, que han permitido modelar los estados prefebriles.

### INTRODUCCIÓN

La determinación periódica de ciertas variables (las denominadas constantes vitales) en el entorno clínico es una práctica rutinaria, y su empleo resulta imprescindible en la atención del enfermo con patología aguda.

Sin embargo, con frecuencia no se tiene en cuenta el hecho de que, por tratarse de variables continuas, su determinación periódica (habitualmente entre una y tres veces al día en el ámbito hospitalario) ofrece una aproximación grosera a los fenómenos fisiológicos subyacentes. Este acercamiento es relativamente cómodo y tiene ventajas en la práctica clínica, pero no tiene en consideración la omisión de numerosos valores entre determinaciones muy distantes en el tiempo. Supone a su vez la pérdida de información sobre la evolución temporal de la variable en cuestión.

En el caso de la temperatura, resulta intuitivo pensar que la obtención de determinaciones puntuales (entre dos y tres determinaciones diarias en pacientes ingresados, generalmente) supone una aproximación poco fiable a la complejidad real que implica la regulación de la temperatura corporal, y es muy probable que pasen desapercibidos cambios relevantes como picos febriles (hasta 0.7 picos por paciente y día de monitorización) [1].

Por estas razones, el empleo de sistemas de monitorización continua de la temperatura central y periférica (en adelante Tc y Tp) podría mejorar sensiblemente la utilidad clínica de la medida de la temperatura mediante la identificación de picos de fiebre que pasan desapercibidos o incluso de patrones de variación en las curvas de la Tc y Tp que pudieran identificar si un paciente va a desarrollar un pico febril con cierta antelación.

Para la monitorización de la temperatura corporal tanto Tc como Tp es requerido un sistema que recoja los valores de las temperaturas en función del tiempo, lo cual hace que se requiera como mínimo de dos sensores de temperatura, de un dispositivo de almacenamiento de datos electrónicos, y de un software que coordine los elementos anteriores. El dispositivo utilizado para la monitorización es el Thercom®. Con los

registros de temperatura se realizarán diversos cálculos estadísticos que permitan la obtención de uno o más modelados para anticiparse a los picos de fiebre.

## OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio es: Crear una herramienta que se anticipe a los picos febriles con un mínimo de 15 minutos.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

### Monitorización y toma de datos

Se ha tomado los registros de temperatura en continuo de 15 pacientes de planta del hospital de Móstoles. Estos registros cuentan con la medida de Tc y Tp con intervalos de 1 minuto. Las lecturas de Tc se realizan en el conducto auditivo externo, mientras que las de Tp en la cara anterior del antebrazo.

### Medidas de complejidad

Introducimos algunas medidas de complejidad como variables independientes para la posterior modelización. Las medidas de complejidad explican la complejidad de la secuencia de temperatura a lo largo del tiempo. Se han calculado con el software Matlab las medidas ApEn para Tc, Tp y Grad, y también el Cross-ApEn entre Tc y Tp.

### Variables explicativas

Las variables que se han tenido en cuenta al inicio del estudio son Tc, Tp, Grad, Grad.tot, Corcp.tot, Corcg.tot, Grad.cor, ApEnc.t, ApEnp.t, ApEng.t, CA.

$$Grad = Tc - Tp$$

$$Grad.tot = \frac{\sum_t^{t-60} Grad}{60}$$

$$Corcp.tot = \frac{\sum_{i=1}^n (Tc_i - \bar{Tc})(Tp_i - \bar{Tp})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Tc_i - \bar{Tc})^2 \sum_{i=1}^n (Tp_i - \bar{Tp})^2}}$$

$$Corcg.tot = \frac{\sum_{i=1}^n (Tc_i - \bar{Tc})(Grad_i - \bar{Grad})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Tc_i - \bar{Tc})^2 \sum_{i=1}^n (Grad_i - \bar{Grad})^2}}$$

$$Grad.cor = Corcp.tot_t - Corcp_{t-30}$$

### Variable dependiente

La variable dependiente a la que llamamos Señal, es una variable dicotómica que toma valores 0 y 1. Toma valores de 1 en los 60 minutos previos a la fiebre, y valores de 0 en los minutos anteriores. El pico febril se identifica como una temperatura igual o mayor a 38°C [2], y representa la marca de tiempo cero.

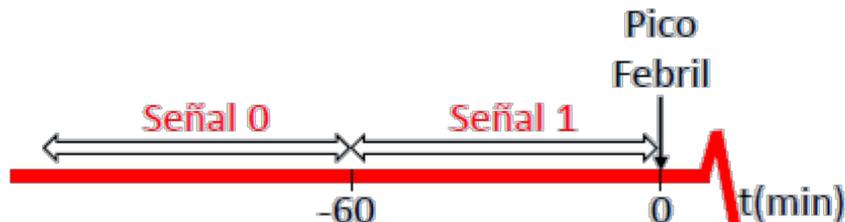


Figura 1. Caracterización de la variable Señal.

### Depuración de la base de datos

Con el conjunto de 11 variables independientes y 1 dependiente, para los 15 pacientes, se obtiene una matriz de datos de 12618x12 en la que existen datos no válidos, datos faltantes, datos inservibles. Se realizó una depuración de la base de datos eliminando las filas problemáticas, lo que permitió pasar a una matriz de datos de 8333x12. Esta matriz solo contiene información útil para el cálculo de los modelados.

### TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Tras caracterizar las variables expuestas anteriormente, seleccionamos el análisis discriminante y la regresión logística para el cálculo de modelos matemáticos, ya que son las técnicas que se adaptan al tipo de variables.

Análisis Discriminante

$$D = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + U$$

Regresión Logística

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-f(x)}}$$

### RESULTADOS

El modelo obtenido con el software SPSS para el análisis discriminante es

$$\text{Señal} = -53,852 + 1,482 T - 0,286 \text{ Grad} - 0,010 \text{ ApEmp. } t$$

Tabla 1. Tabla de clasificación para el análisis discriminante.

Observado			Pronosticado		
			Señal		Porcentaje correcto
			0	1	
Paso 1	Señal	0	5386	1899	73,9 %
		1	128	920	87,8 %
		Porcentaje global			75,7 %

$\alpha$ . El valor de corte es 0,70

El modelo obtenido es válido ya que cumple todas las hipótesis requeridas por la técnica, y comentar que las variables que no aparecen en el modelo, salen debido a que generan problemas de multicolinealidad, o no son significativas para el modelo.

El modelo obtenido con el software SPSS para la regresión logística es

$$Señal = \frac{1}{1 + e^{-(-150,259 + 4,0187c - 1,818Corcp.tot - 1,022Corcg.tot - 0,688Grad.tot + 0,723Grad.cor + 0,687CA + 0,191ApEwa.t)}}$$

**Tabla 2.** Tabla de clasificación para la regresión logística.

Observado		Pronosticado			
		Señal			
		0	1	Porcentaje correcto	
Paso 1	Señal	0	6008	1277	82,5 %
		1	201	847	80,8 %
		Porcentaje global			82,3 %
<b>α. El valor de corte es 0,15</b>					

El modelo obtenido es válido ya que cumple todas las hipótesis requeridas por la técnica, y comentar que las variables que no aparecen en el modelo, salen debido a que generan problemas de multicolinealidad, o no son significativas para el modelo.

Posteriormente se realiza una validación de ambos modelos con 4 nuevos pacientes. Tras las comprobaciones oportunas, se observa que ambos modelos son capaces de anticiparse a que suceda un pico febril con un intervalo de entre 15 y 120 minutos.

### CONCLUSIONES

Para finalizar, se enuncian las siguientes conclusiones:

1. Si que es posible detectar los estados prefebriles mediante técnicas estadísticas.
2. Se han conseguido dos modelos matemáticos válidos para pronostica la fiebre.
3. El modelo de la regresión logística es el mejor de ambos.
4. Los modelos habrían servido para una correcta detección de la fiebre en los cuatro nuevos pacientes.

### REFERENCIAS

[1] Varela, M., y col., *International journal of clinical practice* 65.12, 1283-1288 (2011).  
 [2] Wunderlich C.A., *Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten*. O.Wigand, 1870.

## Eliminación de compuestos citostáticos en aguas residuales hospitalarias crudas mediante ozonización

J. Ferre-Aracil<sup>(1)</sup>, Y. Valcárcel<sup>(2)</sup>, S.C. Cardona<sup>(1)</sup>, J. Navarro-Laboulais<sup>(1)</sup>

*(1) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM),  
Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)  
e-mail: jnavarla@iqn.upv.es*

*(2) Departamento Salud Ambiental y Ecotoxicología, Universidad Rey Juan Carlos  
Calle Tulipán s/n, Móstoles, (Madrid)*

### RESUMEN

Los compuestos citostáticos (utilizados en tratamientos en tratamientos de quimioterapia) son difícilmente eliminables de las aguas residuales mediante tratamientos convencionales. Se ha analizado la concentración de estos compuestos a la salida de un hospital con el fin de poder eliminarlos. Se aplican tratamientos con ozono o  $O_3/H_2O_2$  a estas aguas con el fin de estudiar la cinética del proceso y la eficiencia de eliminación de estos compuestos.

### INTRODUCCIÓN

Los compuestos citostáticos, debido a su acción de inhibición celular, se utilizan en tratamientos de quimioterapia contra el cáncer o tratamiento de enfermedades autoinmunes. Estos fármacos al igual que otros acaban en las aguas residuales y dada su baja biodegradabilidad, no son eliminados en las estaciones depuradoras de aguas convencionales [1,2]. Por tanto, para conseguir eliminar este tipo de compuestos es necesario aplicar otros tratamientos más específicos, pero para que su aplicación sea más efectiva y viable se debería aplicar directamente al efluente de aguas residuales del hospital. De este modo estas sustancias se encuentran en concentraciones mayores y los tratamientos aplicados resultarán más efectivos [3].

La ozonización es una técnica de oxidación avanzada cuya aplicación ha sido técnica y económicamente viable para la desinfección y eliminación de multitud de compuestos contaminantes, incluidos aquellos que típicamente se encuentran en las aguas hospitalarias [4]. El ozono puede reaccionar con los productos farmacéuticos directamente o través de la generación de radicales hidroxilo. En la oxidación directa, el ozono ataca selectivamente las posiciones nucleofílicas de las moléculas orgánicas. En cambio, el ozono puede reaccionar de forma indirecta a través de la generación de radicales hidroxilo, resultado de la descomposición acuosa del ozono. Estos radicales son oxidantes no selectivos muy reactivos. Su generación se promueve a pHs altos o por la presencia de  $H_2O_2$ , radiación UV o catalizadores sólidos [4].

### MÉTODOS EXPERIMENTALES

#### Toma y análisis de las muestras

Las aguas residuales analizadas y tratadas proceden de un Hospital de la Comunidad Valenciana de una capacidad media. Dispone de una Unidad de Tratamiento de Quimioterapias que permite identificar sus vertidos. El hospital comprende cerca de 200 salas de consultas externas, 40 quirófanos, 1000 camas de agudos y críticos, 6

consultas externas de oncología para adultos y 2 para infantil. El efluente muestreado contenía las aguas residuales de consultas externas, hospital de día y radiología. Un sistema automático de muestreo recoge agua cada tres horas a lo largo de 12 horas, de manera que las muestras son promedios diarios y representativos de las horas de máxima actividad del hospital. El análisis de 17 compuestos citostáticos es realizado por el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA-CSIC) mediante extracción en fase sólida acoplada con Cromatografía de Líquidos-Espectrometría de Masas en tándem (SPE-LC-MS/MS) [5]. Los resultados son los mostrados en la Tabla 2. Parte de las muestras del día 1 son tratadas con ozono o  $O_3/H_2O_2$ .

### Ensayos de ozonización

El tratamiento con ozono de las aguas se realiza en la planta piloto descrita en detalle en [6,7]. El reactor tiene una capacidad de 1 L donde se introducen 700 ml de muestra. Éste está encamisado y conectado a un baño termostático para mantener la temperatura a 20 °C. El reactor se alimenta con 1.5 LN/min de  $O_2$  puro que pasa por el ozonizador (Anseros COM-AD-04) de potencia regulable. Puesto que se sospechaba un alto contenido de sólidos en suspensión que impide la utilización de sondas de UV para la medida *in-situ* de la absorbancia del medio, se caracteriza la cinética del proceso midiendo únicamente la evolución de la concentración de  $O_3$  en fase gas. Los ensayos realizados, que se resumen en la Tabla 1, se planifican para estudiar el efecto de la variación de la concentración de  $O_3$  de entrada ( $[O_3]_0$ ), el tiempo de reacción ( $t_{\text{reac}}$ ) y la presencia de  $H_2O_2$ .

**Tabla 1.** Ensayos realizados de  $O_3$  (ensayos 1-6) o de  $O_3/H_2O_2$  (ensayos 7-10)

Ensayo	$[O_3]_0$ (g/Nm <sup>3</sup> )	$t_{\text{reac}}$ (min)
1	45	10
2	45	20
3	55	10
4	55	20
5	70	10
6	70	20

Ensayo	$[O_3]_0$ (g/Nm <sup>3</sup> )	$t_{\text{reac}}$ (min)	$[O_3]^{\text{sat}}:[H_2O_2]$
7	60	20	1:1
8	60	20	1:2
9	60	20	1:0.5
10	60	20	1:3

### Modelo matemático

El modelo matemático está basado en el descrito en [6,7], donde se tiene en cuenta la geometría del reactor, la hidrodinámica del gas, la transferencia de materia del ozono gas a la fase líquida y una reacción de segundo orden entre el ozono disuelto, A, y toda la materia orgánica oxidable por el ozono, B (ver reacción (1)). Puesto que la planta piloto y el reactor están completamente caracterizados, únicamente quedan como parámetros de ajuste la constante cinética,  $k_2$ , y la concentración inicial de materia oxidable por el ozono,  $C_{B0}$ .



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las aguas de los cinco días muestran los resultados de la Tabla 2. De los 17 compuestos citostáticos analizados, únicamente se detectan cuatro. Las concentraciones de estos compuestos disminuyen con el avance de los días, posiblemente en correlación a los días de aplicación de los tratamientos que utilizan estos compuestos.

**Tabla 2.** Niveles de citostáticos encontrados en las muestras crudas

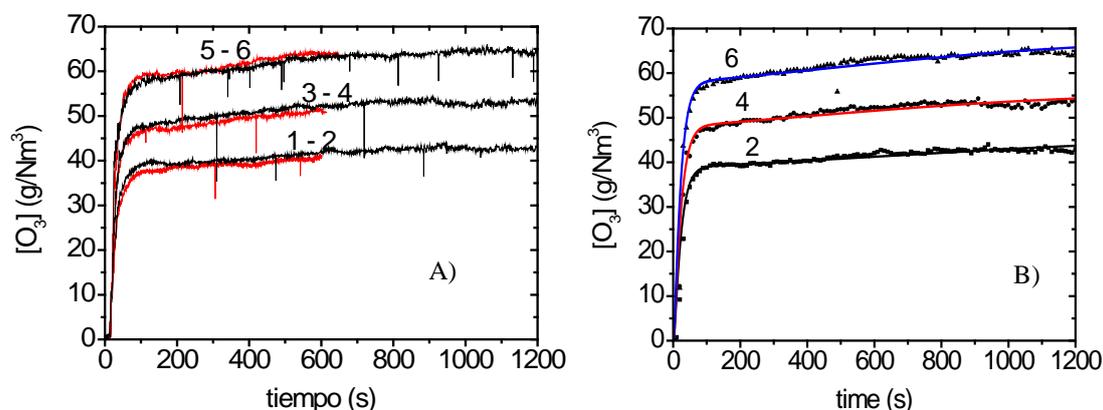
Compuesto	Concentración (ng/L) $\pm$ SD (valores medios diarios)				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
IRI*	273 $\pm$ 72	211 $\pm$ 24	82 $\pm$ 12	25 $\pm$ 10	42 $\pm$ 8
IF*	<LOD**	<LOD**	31 $\pm$ 7	16 $\pm$ 1	<LOD**
CP*	1187 $\pm$ 98	616 $\pm$ 26	559 $\pm$ 36	114 $\pm$ 2	137 $\pm$ 4
CAP*	1139 $\pm$ 197	1037 $\pm$ 238	468 $\pm$ 28	<LOD**	<LOD**

\* IRI: irinotecan hydrochloride trihydrate; IF: ifosfamide; CP: cyclophosphamide; CAP: capecitabine.

\*\* <LOD: valores por debajo del límite de detección.

En los tratamientos aplicados ( $O_3$  y  $O_3/H_2O_2$ ) se utilizan las aguas del día 1, que son las aguas que mayor carga tienen de citostáticos. De los ensayos aplicados (Tabla 1), únicamente se detecta un citostático en las muestras de los ensayos 1 y 3, que corresponden a los experimentos con menor concentración de ozono y menor tiempo de reacción. En estas muestras se detectan  $29 \pm 0.3$  y  $8.5 \pm 0.9$  ng/L de *cyclophosphamide* (CP), que corresponde con 97.5 y 99.3% de eliminación respectivamente. Las concentraciones del resto de compuestos están por debajo del límite de detección. Las evoluciones de la concentración de  $O_3$  en los experimentos con ozono se muestran en la Fig. 2A. en esta figura se observa como la evolución entre 10 y 20 minutos de tiempo de reacción es análoga. Además se observa como a partir de los 10-15 minutos la concentración se estabiliza, indicando el final de las reacciones de oxidación.

Se ajusta el modelo matemático a los datos experimentales obteniendo como parámetro de ajuste la constante cinética,  $k_2$ , y la concentración inicial de materia oxidable por el ozono,  $C_{B0}$ . Las simulaciones con los valores de ajuste se muestran en la Fig. 2B, donde se observa que corresponden con los datos experimentales. En la Tabla 3, se muestran los valores de los parámetros ajustados. Los valores de  $k_2$  son consistentes entre ellos, siendo el valor medio de  $8.4 \pm 0.8 M^{-1}s^{-1}$ , lo que indica una cinética lenta de la materia orgánica con el ozono. Del mismo modo los valores de  $C_{B0}$  son similares ( $256 \pm 42 mg O_3 L^{-1}$ ), indicando que el modelo funciona adecuadamente. Además, el valor de  $C_{B0}$  nos indica la Demanda Química de Ozono (DQO3) del agua tratada. Conocida la constante cinética  $k_2$  y la evolución de la concentración del ozono se puede determinar la constante cinética de la reacción entre el ozono y la *cyclophosphamide* (CP), siendo  $35 \pm 1 M^{-1}s^{-1}$ .



**Figura 2.** A) Evolución de la concentración de ozono en fase gas a la salida del reactor en los diferentes ensayos de ozonización. B) Evolución experimental de los ensayos con 20 minutos de tiempo de reacción junto con las simulaciones del modelo matemático tras el ajuste.

**Tabla 3.** Valores de los parámetros ajustados

Ensayo	$[O_3]_0$ (g/Nm <sup>3</sup> )	$k_2$ (M <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )	$C_{B0}$ (mg O <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )
2	45	8.99	267
4	55	8.76	209
6	70	7.44	291

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que los tratamientos aplicados eliminan los compuestos citostáticos analizados en unos 10 min en función de la concentración utilizada de O<sub>3</sub> en fase gas, de forma que la aplicación de tecnologías de ozonización directamente en los efluentes hospitalarios se presenta como una solución viable para la eliminación de compuestos citostáticos. Además, el modelo matemático desarrollado permite calcular la constante cinética de la reacción entre el ozono, la materia orgánica oxidable y los compuestos citostáticos, así como la estimación de la Demanda Química de Ozono (DQO<sub>3</sub>) análoga a la DQO.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo (PAID) de la Universitat Politècnica de València (UPV-PAID-FPI-2010-04) y al Instituto de Salud Carlos III (Ministerio de Economía y Competitividad) por la financiación del proyecto "Presencia de contaminantes emergentes en agua fluvial y potable de la Comunidad de Madrid. Efectos ecotoxicológicos y para la salud" a través del programa FIS (Fondo de Investigaciones Sanitarias) (2012-2014).

## REFERENCIAS

- [1] Steger-Hartmann T., Kümmerer K., Hartmann A., *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 36:2, 174-179 (1997).
- [2] Buerge I.J., Buser H.R., Poiger T., Müller M.D., *Environ. Sci. Technol.*, 40:23, 7242-7250 (2006).
- [3] Orias F., Perrodin Y. *Sci. Total Environ.*, 454, 250-276 (2013).
- [4] Kovalova L., Siegrist H., von Gunten U., Eugster J., Hagenbuch M., Wittmer A., Moser R., McArdell C.S., *Environ. Sci. Technol.*, 47, 7899-7908 (2013).
- [5] Negreira, N., López de Alda, M., Barceló, D., *J. Chromatogr. A*, 1280, 64-74 (2013)
- [6] Cardona S.C., López F., Abad A., Navarro-Laboulais J., *Can. J. Chem. Eng.*, 88, 491-502 (2010).
- [7] Ferre-Aracil J, Cardona SC, Navarro-Laboulais J., *Ozone Sci. Eng.*, In Press (2013) DOI: 10.1080/01919512.2013.815104

---

**COMUNICACIONES EN POSTER**

---



## **El tratamiento con enzimas como método de erradicar la fibrilación del lyocell**

**E. Bou-Belda, I. Montava, M. Bonet, P. Díaz**

*Departamento de Ingeniería Textil y Papelera  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Plaza Ferrandiz y Carbonell s/n, 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: maboar@txp.upv.es*

### **RESUMEN**

La fibra lyocell posee características ventajosas en cuanto a propiedades mecánicas sobre otras fibras artificiales, en cambio este tipo de fibra tiende a la fibrilación en condiciones de abrasión en húmedo. En este trabajo se estudia el comportamiento de la fibra lyocell ante un tratamiento enzimático, utilizando dos tipos de enzimas, con el objeto de eliminar la fibrilación producida en la superficie del tejido por diversos ciclos de lavado.

### **INTRODUCCIÓN**

Lyocell es el nombre genérico de una fibra celulósica con escasa trayectoria histórica, la cual se obtiene mediante un proceso de hilatura con un disolvente orgánico, N-óxido de N-metilmorfolina. Al utilizar este disolvente en la obtención de la fibra lyocell se consigue un proceso de fabricación más respetuoso con el medio ambiente [1], ya que el proceso de producción es cerrado, y el disolvente utilizado es recirculado casi en su totalidad. Las etapas generales son las siguientes:

- Disolución de la celulosa
- Hilatura y posterior tratamiento de las fibras
- Recuperación del disolvente reciclado

Por otra parte, la fibra lyocell muestra características ventajosas en cuanto a propiedades mecánicas sobre otras fibras artificiales: alto módulo y una excelente resistencia, especialmente en húmedo. [2]

La naturaleza del proceso de hilatura consigue obtener una fibra altamente cristalina y orientada; las fibrillas están más paralelas que en cualquier otra fibra celulósica. Esta característica produce un aumento de la fibrilación en ciertos tipos de procesos en húmedo. La fibrilación es deseable en cierta medida, ya que se consiguen efectos especiales en el tejido, tales como micropaña, piel de melocotón, lavado a la piedra, etc. En cambio, se ha demostrado que esta fibrilación es desventajosa en los tratamientos de conservación, como el lavado, ya que la fricción ejercida durante el proceso en húmedo aumenta la fibrilación en la superficie del tejido.

La utilización de las enzimas celulasas como solución a este problema ha sido ampliamente estudiado [1-3]. Las enzimas tienen intervalos de actividad muy concretos, que dependen del pH y de la temperatura del medio en que se encuentran. En este trabajo se estudia el comportamiento de dos enzimas celulasas al ser utilizadas sobre el lyocell, para evaluar su eficacia ante la fibrilación. Para ello se le

provoca la fibrilación realizando diversos ciclos de lavado. Posteriormente este tejido es tratado con las distintas enzimas y se evalúa mediante SEM la disminución de las fibrillas sobre la superficie del tejido. Así mismo se estudia la resistencia a la tracción de los hilos tratados, comparando los resultados con los del hilo sin tratar.

## EXPERIMENTAL

### Materiales

Se ha utilizado un hilo de labor de lyocell 16/2c Nm., el hilo ha sido tejido mediante circular de punto de pequeño diámetro. Para el tratamiento enzimático, se utilizan dos enzimas, Cel Bio 02 (ácida) y Cellusoft (neutra).

### Lavados según norma

Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los ensayos de textiles realizados en lavadora automática y de acuerdo con la norma UNE EN ISO 6330 procedimiento número 6Nh (60°C durante 30 minutos con tejido acompañador hasta 2 kg).

### Tratamiento enzimático

Se ha realizado un tratamiento enzimático utilizando una enzima ácida Cel Bio 02 y una enzima neutra Cellusoft. Se ha seguido para cada una de ellas el procedimiento indicado por los respectivos proveedores:

**Tabla 1.** Procedimientos del tratamiento enzimático con distintas enzimas

Enzima	R/b	Concentración (%)	pH	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Cel Bio 02	1/30	30%	4,5	60°C	45
Cellusoft	1/30	30%	7	50°C	45

En tratamiento se ha realizado tanto para la materia en hilo, como en tejido 5 veces lavado.

### Microscopía electrónica de barrido

Análisis microscópico, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), para la visualización de la fibrilación producida por la acción del lavado, así como la visualización del efecto del tratamiento enzimático.

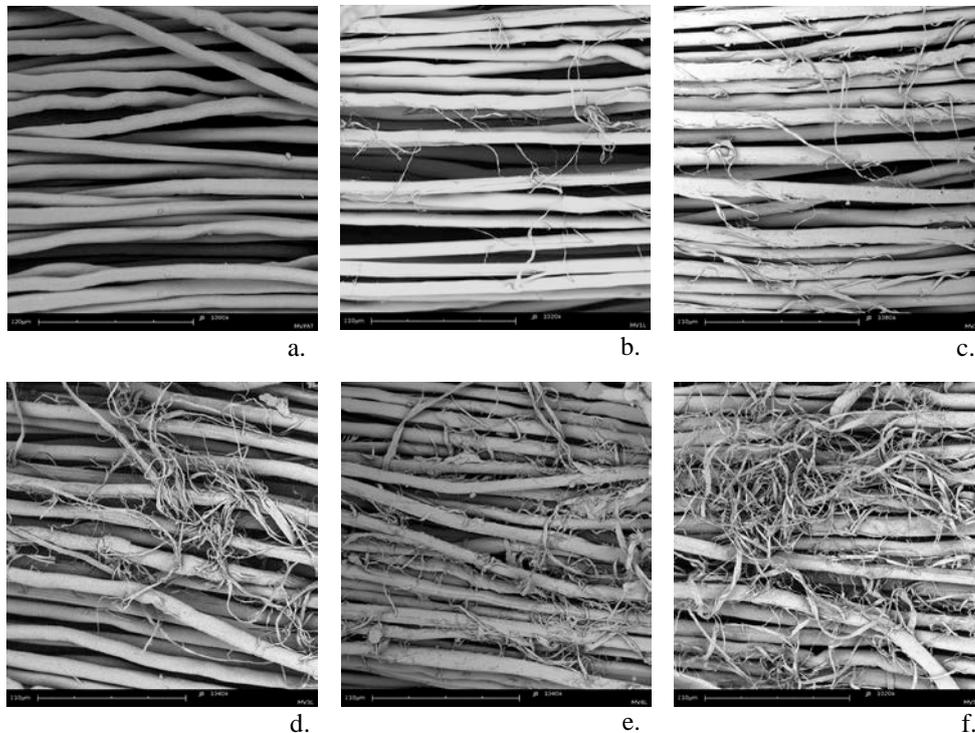
### Dinamometría de tracción sobre hilo simple

Los ensayos de tracción para verificar los efectos del tratamiento enzimático sobre el lyocell se han realizado sobre hilo simple, con el fin de evitar que el formato de tejido desvirtue los resultados mecánicos del hilo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

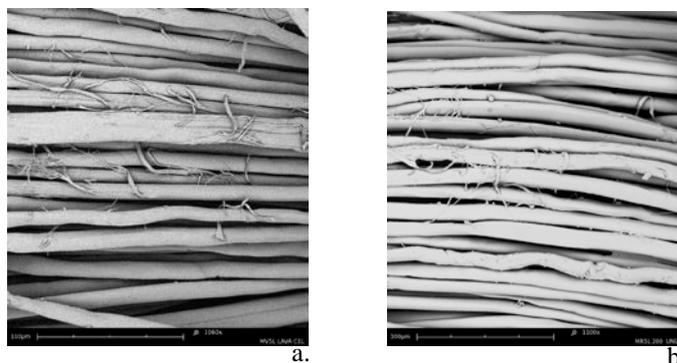
Como se ha comentado anteriormente, la fibrilación es un fenómeno propio del lyocell. Es por ello que tras realizar varios lavados, según la norma específica recomendada, puede observarse como de las fibras emergen microfibrillas que hacen variar el aspecto y el color de los productos.

Con el fin de visualizar este comportamiento se ha utilizado la microscopía electrónica de barrido (SEM). En la Figura 1 se muestran las microfotografías tomadas del tejido después de diversos ciclos de lavado y la muestra lavada 5 veces ha sido tratada con la enzima Cel Bio 02 (ácida) y Cellusoft (neutra).



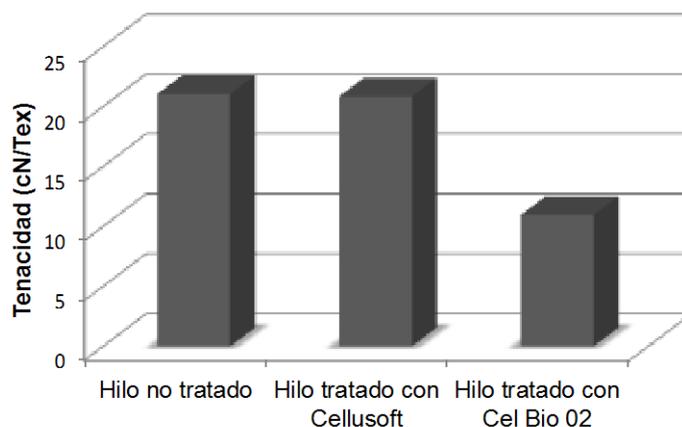
**Figura 1.** Imágenes obtenidas del tejido mediante SEM a 1000 aumentos. a) Tejido patrón, b) 1 ciclo de lavado, c) 2 ciclos de lavado, d) 3 ciclos de lavado, e) 4 ciclos de lavado, f) 5 ciclos de lavado.

Se puede visualizar el deterioro progresivo de las muestras ante los diversos procesos de lavado. En cambio esta vellosidad es significativamente reducida tras los respectivos tratamientos enzimáticos, no visualizándose a simple vista una diferencia entre el resultado de ambas enzimas.



**Figura 2.** Imágenes obtenidas del tejido g) 5 lavados y tratamiento con Cellusoft, h) 5 lavados y tratamiento con Cel Bio 02.

La eficacia de la enzima conlleva inevitablemente un determinado porcentaje de pérdida de peso, por lo que puede afectar la resistencia a la tracción del hilo tratado. Los resultados se representan en la siguiente gráfica (Figura 3).



**Figura 3.** Comparación resistencia a la tracción del hilo sin tratar y tratado con distintas enzimas.

Los resultados muestran la pérdida significativa de resistencia del hilo al ser tratado con la enzima ácida, por lo contrario si el hilo es tratado con una enzima neutra, parece no sufrir una pérdida de masa, ya que la resistencia a la tracción no se ve afectada al comparar con hilo no tratado.

## CONCLUSIONES

Tanto la enzima ácida como la neutra obtienen buenos resultados, ya que eliminan las fibrillas de la superficie del tejido que aparecen al realizar diversos ciclos de lavado. En cambio la enzima ácida es mucho mas agresiva que la neutra, ya que el hilo sufre una gran pérdida de resistencia a la tracción. Por lo contrario la enzima neutra es menos agresiva, no reduciendo la resistencia del hilo después del tratamiento, pero siendo su actividad suficiente para eliminar la velloidad surgida en la superficie del tejido.

## REFERENCIAS

- [1] Eynon, T., Fibrillation-Free Lyocell Fibers: An introduction to "Tencel A100", *JTN*, 529, 70-75, (1998).
- [2] Udomkichdecha, W. and Chiarakorn, S. Factors to predict the fibrillation tendency of lyocell fibers. *J. Sci. Res. Chula.*, 26:1, 49-56 (2001).
- [3] Nicolai, M., Nechwatal, A. and Miek, K.P., Textile Crosslinking Reactions to Reduce the Fibrillation Tendency of Lyocell Fibers. *Textile Research Journal*, 66:9, 575-580 (1996).

## Estudio de compatibilización de las mezclas PET/HDPE

R. Navarro, F. Parres, A. Peydró, J.E. Crespo

*Departamento Ingeniería Mecánica y Materiales.  
Universitat Politècnica de València. Plaza Ferrándiz y Carbonell S/N.  
03801 Alcoy (Alicante) SPAIN. Tel. +34 96 652 85 72 Fax. +34 96 652 84 22.  
e-mail: raunavi@dimmm.upv.es*

### RESUMEN

En el presente trabajo se ha realizado un estudio de compatibilización del sistema de mezclas PET/HDPE. Para ello se realiza una caracterización mecánica y reológica del sistema binario PET/HDPE (70/30 wt%) y posteriormente se añade SEBS (2.5 - 30 wt%) como compatibilizador de modo que nos permita recuperar alguna de las propiedades mecánicas, al mismo tiempo que nos ajuste las propiedades reológicas de la mezcla al proceso de inyección.

La adición de SEBS como compatibilizador al sistema PET/HDPE más desfavorable (70/30), ha permitido una recuperación progresiva de las propiedades mecánicas.

La adición de un 2.5% de SEBS al sistema PET/HDPE (70/30) produce un incremento de los valores de viscosidad en todo el rango de velocidades de cizalla estudiado, lo que confirma el efecto compatibilizador para bajos contenidos de SEBS. Esta compatibilización se observa en la sección de rotura mediante la desaparición del efecto skin-core. Esta mezcla presenta unas propiedades mecánicas aceptables y un comportamiento reológico adecuado para el proceso de inyección.

### INTRODUCCIÓN

El reciclado de los materiales plásticos es un tema de especial interés en la sociedad actual. El consumo de plásticos ha sufrido un enorme incremento en los últimos años, especialmente a partir de los años 80. Paralelamente a este incremento en el consumo, se han ido generando grandes cantidades de residuos.

Entre los materiales poliméricos que más interés han despertado en la industria del reciclado se encuentra el Polietilén Tereftalato. Este hecho queda reflejado en la evolución de las cifras de consumo de los últimos tiempos [1].

Existe en el mercado una importante oferta de residuos de PET provenientes de envases elaborados mediante el proceso de inyección-soplado. Recuperar estos residuos mediante reciclado mecánico es una de las líneas de investigación más interesantes en la actualidad [2].

Por norma general, el residuo de PET presenta contaminación en forma de Polietileno, el cual procede de los tapones de las botellas. La incompatibilidad entre ambos materiales se traduce en un importante deterioro de las propiedades mecánicas [3].

En el presente trabajo se plantea la caracterización del sistema de mezclas PET-HDPE y posteriormente la adición de SEBS como compatibilizador de modo que nos permita recuperar alguna de las propiedades mecánicas

## **EXPERIMENTAL**

### **Materiales**

Para el estudio de este tipo de sistema se ha utilizado un PET virgen fabricado por SABIC (BC-112) específico para la fabricación de envases mediante el proceso de inyección-soplado. El segundo componente del sistema es un Polietileno de alta densidad fabricado por BP (Rigidex HD5211EA) específico para inyección de taponería. Como compatibilizador, se ha empleado un SEBS fabricado por API (Megol SV).

### **Equipos utilizados**

Las mezclas propuestas se han preparado en una extrusora de doble husillo para asegurar una correcta dispersión entre los componentes de la mezcla. Para ello se ha utilizado una extrusora corrotatoria de la marca COLLIN modelo ZK 25, de 25 mm de diámetro de husillos i relación longitud-diámetro de 24.

A partir de dichas mezclas, se han obtenido probetas normalizadas de tracción e impacto. Dichas probetas se han inyectado en máquina de inyección marca Mateu&Sole modelo Meteor 270/75.

Para la realización de los ensayos de tracción se ha empleado una máquina universal electromecánica modelo ELIB 30 de Ibertest (S.A.E. Ibertest, Madrid, Spain) con células de carga intercambiables de 5 y 30 kN.

Los ensayos de impacto se realizan mediante una máquina de impacto Charpy (Metrotec, S.A, San Sebastián, Spain) con masas regulables para rangos de energías de 1 y 6 J. Las probetas utilizadas han sido entalladas. La preparación de las probetas y el desarrollo del ensayo se realiza siguiendo la norma, UNE-EN ISO 179

La caracterización reológica se ha realizado siguiendo la metodología descrita en la norma ISO 11443:1995 "Plastics – Determination of the fluidity of plastics using capillary and slid-die rheometers". En nuestro estudio se ha utilizado un reómetro capilar de la firma comercial ThermoHaake modelo Rheofliker (Rheofliker Typ 556-0101, ThermoHaake Inc, Germany).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para el estudio de este sistema ternario partimos de la mezcla de PET con un 30% de HDPE ya que es el caso más desfavorable que se puede encontrar durante el proceso de reciclado de envases de PET.

El componente añadido al sistema es un SEBS el cual es químicamente compatible con gran parte de los polímeros polares entre los que se encuentra el PET. El contenido máximo añadido al sistema binario ha sido el 30% ya que es la proporción máxima del componente minoritario de la mezcla.

### **Caracterización mecánica**

Se han realizado ensayos de tracción e impacto para observar la evolución de las propiedades mecánicas del sistema terciario a medida que añadimos distintas proporciones de SEBS.

**Tabla 1.** Propiedades mecánicas de las mezclas de en función del contenido de SEBS.

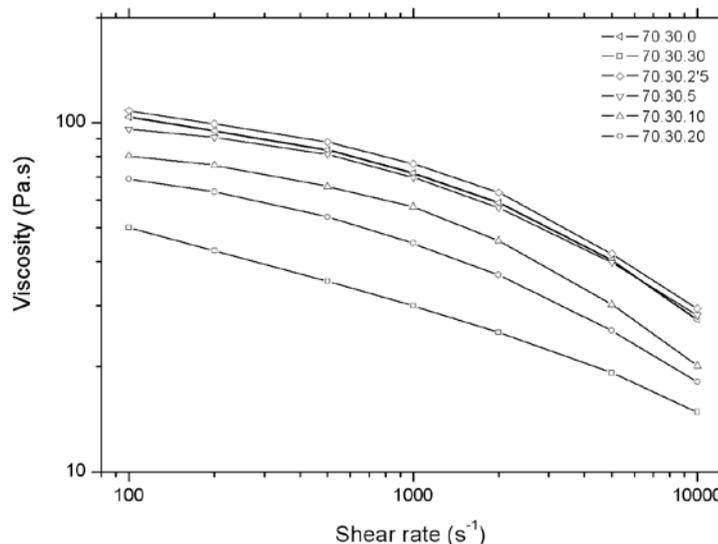
	Tensión de rotura (MPa)	Alarg.rotura (%)	Energía de impacto ( $\text{kJ m}^{-2}$ )
<b>0% SEBS</b>	24.71	2.76	1.00
<b>2.5% SEBS</b>	30.95	3.41	1.19
<b>5% SEBS</b>	32.87	4.00	1.31
<b>10% SEBS</b>	34.60	4.53	1.75
<b>20% SEBS</b>	37.98	5.25	2.18
<b>30% SEBS</b>	44.52	6.16	2.69

Estudiando la evolución de los valores de la Tensión de Rotura, podemos decir que con la adición del SEBS se recuperan en gran medida los valores originales del PET alcanzando para la mezcla del 30% de SEBS un valor de 42.52 MPa. En el caso del Alargamiento a la Rotura, se puede observar que los valores alcanzados sin ser muy significativos, son claramente superiores a los de la mezcla de partida.

Finalmente, tras estudiar la influencia que el SEBS ejerce sobre la capacidad de absorción de impactos de las mezclas, observamos como los valores de Energía de Impacto obtenidos son claramente superiores a los de la mezcla de partida, alcanzándose para la mezcla del 30% de SEBS, valores muy similares a los del PET.

### Caracterización reológica

Observando la siguiente figura (Figura 1) se puede comprobar el gran efecto que produce la adición de SEBS sobre las curvas reológicas del sistema PET/HDPE.

**Figura 1.** Curvas de viscosidad del sistema PET - HDPE - SEBS.

La adición de un 2.5% de SEBS produce un incremento de los valores de viscosidad en todo el rango de velocidades de cizalla, lo que confirma el efecto compatibilizador

para bajos contenidos de SEBS. Este efecto puede ser explicado por el hecho de que al existir interacción del SEBS con los componentes de la mezcla binaria, se impide que aparezca el efecto skin-core y que el material con menor viscosidad se sitúe en la parte mas externa de la mezcla, dando como resultado una mezcla con bajos valores de viscosidad.

La adición de porcentajes de SEBS superiores al 5%, produce en las mezclas una importante disminución de los valores de viscosidad en todo el rango de velocidades de cizalla lo que indica que ya no existe el efecto compatibilizador del SEBS y por lo tanto la aparición del efecto skin-core lo que conduce a una rápida disminución de los valores de viscosidad

La mezcla con un 5% de SEBS muestra una curva reológica cuyos valores de viscosidad son muy similares a los de la mezcla original sin compatibilizar, lo que sitúa a este porcentaje como el límite de compatibilización.

## **CONCLUSIONES**

La adición de SEBS ha permitido una recuperación generalizada de las propiedades mecánicas respecto a los materiales de partida. En especial, se han recuperado en gran medida los valores de Tensión de Rotura y Energía de Impacto en las mezclas con altos contenidos de SEBS.

Este efecto compatibilizador se ha podido comprobar mediante caracterización reológica para contenidos inferiores al 5% de SEBS.

Del presente estudio se puede concluir que el PET reciclado (contaminado con HDPE procedente de los tapones de las botellas) puede ser utilizado en el proceso de inyección mediante la adición de un contenido en torno al 2.5% de SEBS el cual actúa como compatibilizador, obteniendo un material con unas propiedades mecánicas aceptables y un comportamiento reológico adecuado para el proceso de inyección.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean agradecer Al VIDi de la Universitat Politècnica de Valencia por la ayuda concedida al proyecto "Utilización del polietilén tereftalato reciclado (PET-R) en el sector del juguete", Ref. 003-306 dentro del programa Primeros Proyectos de Investigación.

## **REFERENCIAS**

- [1] A. F. Avilaand M. V. Duarte, *Polymer Degradation And Stability*, 80, 373-382 (2003).
- [2] S. Altunand Y. Ulcay, *Journal Of Polymers And The Environment*, 12, 231-237 (2004).
- [3] F. Awajaand D. Pavel, *European Polymer Journal*, 41, 1453-1477 (2005).

## Desviaciones de la idealidad del índice de refracción y densidad de mezclas de compuestos binarios en estado sólido.

R. Luna, M.A. Satorre, M. Domingo, C. Millán, C. Santonja

Centro de tecnologías Físicas, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain  
Email: ralunam@fis.upv.es

### RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de experimentos de laboratorio enfocados a obtener la densidad y el índice de refracción (parte real) de mezclas de compuestos binarios en estado sólido.

La densidad de las mezclas  $\text{CO}_2:\text{CH}_4$  obedece a los resultados esperables a partir de los valores individuales de densidad y las proporciones en las mezclas, mientras que las otras dos mezclas binarias estudiadas,  $\text{CO}_2:\text{N}_2$  y  $\text{CH}_4:\text{N}_2$  presentan densidades hasta un 20 % inferiores a lo esperado. El valor del índice de refracción obtenido para las tres mezclas binarias se desvía hasta un 5 % del valor teórico esperable, siendo superiores en el caso de la mezcla  $\text{CO}_2:\text{CH}_4$  e inferiores para  $\text{CO}_2:\text{N}_2$  y  $\text{CH}_4:\text{N}_2$ .

### INTRODUCCIÓN

La densidad de los hielos es importante desde el punto de vista de la observación, así como desde el punto de vista experimental y teórico (para el cálculo de la absorbancia integrada, experimentos de irradiación, etc.). Hasta ahora, en la literatura se asume una densidad para los hielos de  $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , independientemente de si se trata de hielos puros o mezclas de ellos. Se ha demostrado [1,2,3] que la densidad depende tanto de la molécula como de la temperatura. Por ello, el estudio de un escenario en particular, debería utilizar el valor real de la densidad en lugar del valor de  $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  estimado. A priori, si se necesita para un determinado cálculo la densidad de una mezcla, podría asumirse que la densidad es la media aritmética de la densidad de los hielos puros implicados. De ahora en adelante, cuando se hable de la densidad se definirá como la media aritmética ponderada de la fracción molar de cada molécula en la mezcla. En este trabajo se pone de manifiesto por qué esto no es necesariamente así.

En este trabajo presentamos nuevos resultados de densidad y parte real del índice de refracción (en adelante índice de refracción) a 632.8 nm para mezclas binarias de compuestos en estado sólido.

### RESULTADOS

Presentamos en esta sección nuestros datos experimentales comparados con los valores teóricos, según se han definido en la introducción. Para los cálculos teóricos tomamos los valores experimentales presentados en [1] para moléculas puras a 14 K (Tabla 1).

**Tabla 1:** Densidad ( $\rho$ ) e índice de refracción ( $n$ ) obtenido para depósitos de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{CO}_2$  puros a 14 K.

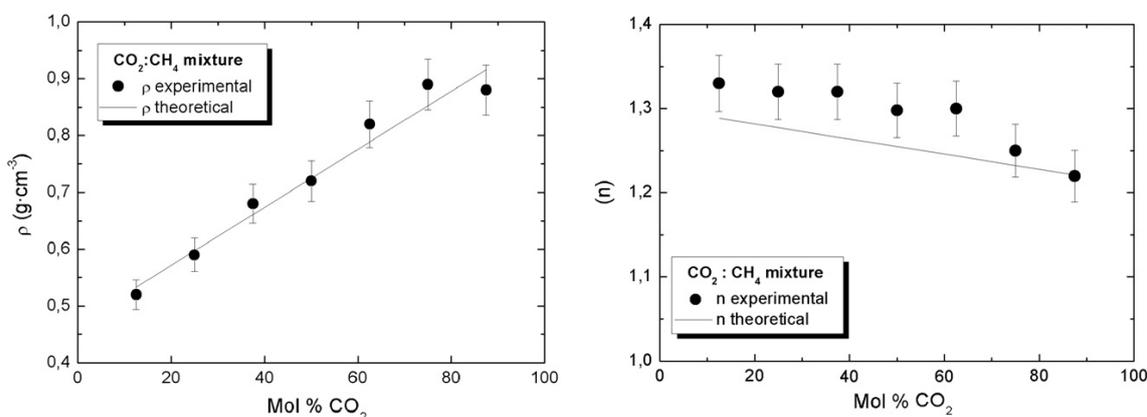
Hielo	$\rho$ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	$n$
$\text{CH}_4$	0.47	1.30
$\text{N}_2$	0.94	1.21
$\text{CO}_2$	0.98	1.21

El índice de refracción de las mezclas binarias se ha obtenido a partir de la interferometría de doble láser. La densidad se ha calculado como el cociente entre la

masa depositada en la microbalanza de cuarzo (QCMB) y el espesor del film depositado. En las figuras 1, 2 y 3 se representan los resultados teóricos de ambas magnitudes como una línea continua y en círculos los datos experimentales. En todos ellos el eje X representa la proporción en porcentaje de la fracción molar del componente más denso del hielo, el  $\text{CO}_2$  en las figuras 1 y 3 y el  $\text{N}_2$  en la figura 2. El eje Y representa la densidad para las gráficas de la izquierda y el índice de refracción en las gráficas de la derecha.

### $\text{CO}_2 : \text{CH}_4$

En la Figura 1, la densidad de la mezcla aumenta a medida que la cantidad de  $\text{CO}_2$  es mayor en la mezcla, ajustándose al valor teórico a pesar de las pequeñas desviaciones observadas, pero que entran dentro de las barras de error. Respecto al índice de refracción presenta desviaciones respecto al resultado teórico. A pesar de las barras de error (2.5 %), los valores experimentales de índice de refracción son ligeramente superiores respecto a los calculados teóricamente.



**Figura 1:** Densidad (izquierda) e índice de refracción (derecha) para la mezcla  $\text{CO}_2 : \text{CH}_4$ .

### $\text{N}_2 : \text{CH}_4$

Como en la mezcla anterior, en la Figura 2 la gráfica de la izquierda muestra que a medida que la mezcla es más rica en  $\text{N}_2$  (el componente más denso) la densidad aumenta. Los resultados experimentales en lugar de ajustarse a la combinación lineal de densidades presentan valores más bajos. Los valores centrales son alrededor del 20 % menores que los teóricos (este resultado es relevante incluso teniendo en cuenta las barras de error). Para composiciones cercanas a hielos puros (10% y 90% de  $\text{N}_2$ ) los valores de densidad experimental se aproximan a los valores teóricos. La gráfica de la derecha presenta desviaciones de alrededor del 5% en el índice de refracción respecto a los valores teóricos. En este caso el valor del índice de refracción obtenido es menor del esperado para todas las proporciones, y lo mismo ocurre con la densidad.

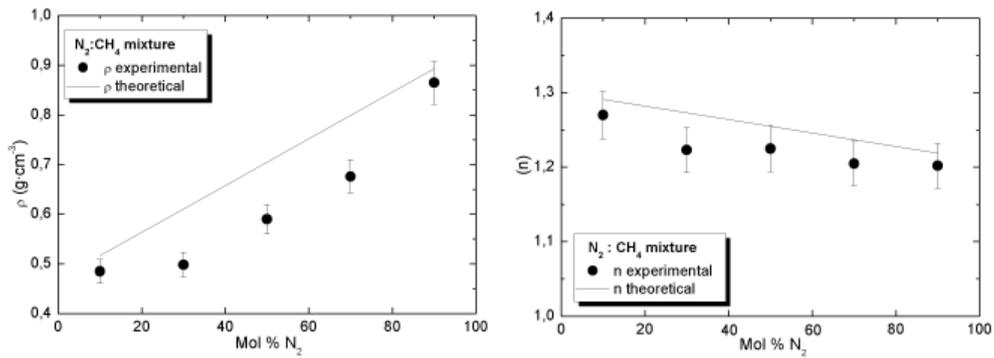


Figura 2: Densidad (izquierda) e índice de refracción (derecha) para la mezcla  $N_2:CH_4$ .

### $CO_2 : N_2$

Para la mezcla  $CO_2$  y  $N_2$  (Figura 3), los valores de densidad (gráfica izquierda) presentan una desviación de alrededor del 10 % por debajo de los valores teóricos. Como en el caso anterior, para composiciones cercanas a hielos puros (10% y 90% de  $CO_2$ ) los valores de densidad experimental se acercan a los teóricos. En el caso del índice de refracción (gráfica de la derecha en Figura 3) se observan desviaciones de alrededor del 5%. En este caso los valores del índice de refracción son menores a los esperados para todas las proporciones, al igual que ocurre con la densidad.

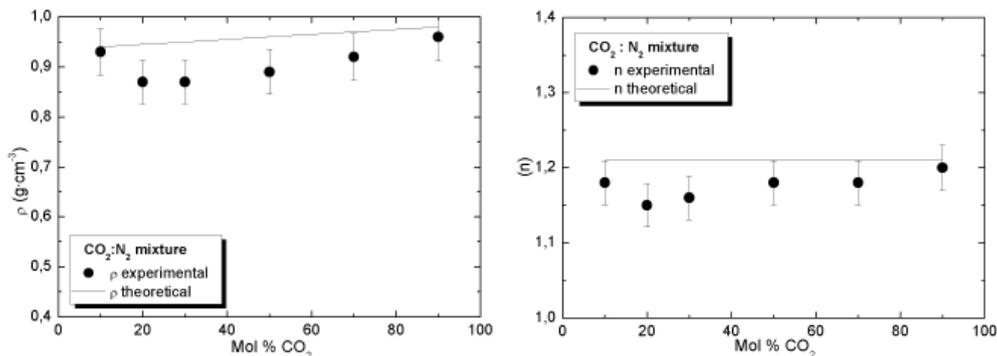


Figura 3: Densidad (izquierda) e índice de refracción (derecha) para la mezcla  $CO_2:N_2$ .

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha estudiado la densidad y el índice de refracción de tres mezclas binarias, encontrando en algunas de ellas diferencias respecto al comportamiento esperado. Por lo tanto, a priori, no es posible obtener en todos los casos, la densidad y el índice de refracción de cualquier mezcla binaria de hielos en condiciones astrofísicas, directamente de su fracción molar cuando se saben la densidad y el índice de refracción del hielo puro. Los resultados experimentales presentados aquí son estudiados tomando como punto de partida la red cristalina. La estructura cristalina de estas moléculas apenas ha sido estudiada a 14 K en condiciones de alto vacío, por lo que no es posible confirmar si se encuentran en fase cristalina o amorfa en dichas condiciones. Sin embargo, la estructura cristalina que aparece en la literatura a bajas temperaturas es FCC (cúbica centrada en las caras) para  $CO_2$  y  $CH_4$  [4] y HCP (hexagonal compacta) para  $N_2$  [4]. Considerando la densidad obtenida experimentalmente, distinguimos dos tipos de gráficos diferentes. En la figura 1,

gráfica izquierda, se obtiene experimentalmente el comportamiento esperado y en las figuras 2 y 3, un comportamiento diferente. En el caso de la mezcla  $\text{CH}_4:\text{CO}_2$  (figura 1), que implica hielos puros con la misma estructura FCC, se obtiene una densidad experimental que obedece a un comportamiento teórico lineal. Esto quiere decir que moléculas de  $\text{CH}_4$  se “acomodan” en sitios ocupados por una molécula de  $\text{CO}_2$ , manteniendo un volumen específico total similar. Por otra parte, cuando una mezcla contiene nitrógeno, cualquier molécula de  $\text{CH}_4$  o  $\text{CO}_2$  que entra en la estructura de nitrógeno (HCP) o viceversa, crea un defecto y una disminución correspondiente en la densidad porque el nitrógeno en sí mismo forma una estructura compacta perturbada por cualquier molécula que se co-deposite con él. Se sabe que el índice de refracción depende del número de partículas por unidad de volumen (la densidad) y las interacciones entre ellas. En mezclas, nuevas interacciones aparecen por el tipo de moléculas diferentes que no están presentes cuando se forman los hielos puros. En los experimentos que implican mezclas  $\text{CO}_2:\text{N}_2$  y  $\text{CH}_4:\text{N}_2$  (figuras 2 y 3), se obtiene una disminución de valores de densidad respecto al teórico y valores de índice de refracción que disminuyen también (cuantas menos partículas están presentes en el camino óptico, menor índice de refracción se obtiene). En el caso de la mezcla  $\text{CO}_2:\text{CH}_4$  (figura 1), la densidad se ajusta al comportamiento teórico esperable, pero el índice de refracción muestra valores más altos de lo esperado. En este último experimento los altos valores obtenidos (respecto a los valores esperados) sólo pueden ser explicados debido a estas nuevas interacciones que aparecen entre los diferentes tipos de moléculas.

Este trabajo es relevante puesto que las moléculas objeto de estudio, son abundantes en diferentes escenarios astrofísicos. En ellos, nuestros datos ayudan en la obtención de los valores de abundancias a partir de la absorbancia integrada, donde la densidad es un parámetro implicado en el cálculo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado en parte por el Ministerio de Educación y Ciencia (cofinanciado con fondos FEDER AYA 2009 (12974)).

## REFERENCIAS

- [1] Satorre, M.A., Domingo, M., Millán, C., Luna, R., Vilaplana, R., Santonja, C., *Planet. Space Sci.*, 56, 1748-1752 (2008).
- [2] Jenniskens, P., Blake, D.F., Willson, M.A., Pohorille, A., *ApJ*, 455, 389-401 (1995).
- [3] Narten, A.H., Venkatesh, C.G., Rice, S.A., *J. Chem. Phys.*, 64, 1106-1121 (1976).
- [4] Thompson W.R., in *ESA the atmospheres of Saturn and Titan. Proceedings of the International Workshop*, Alpbach, Austria, ESA SP-241, 109 (1985).

## Mejora de la resistencia al agua de composites basados en Posidonia Oceánica y gluten

D. Garcia-Garcia\*, M.D. Samper, A. Carbonell, O. Fenollar,  
D. Garcia-Sanoguera

*Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia (UPV)  
Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy (Alicante), España  
\*e-mail: dagarga4@epsa.upv.es*

### RESUMEN

En los últimos años ha habido un creciente interés en el empleo de fibras naturales como refuerzo en matrices poliméricas. El principal problema del empleo de fibras naturales como refuerzo en composites es la baja compatibilidad de éstas con la matriz. El tratamiento superficial de dichas fibras químicamente permite modificar las propiedades superficiales de las mismas mejorando la compatibilidad con la matriz. En este trabajo se ha obtenido materiales compuestos totalmente de origen biológico mediante termocompresión con una matriz de gluten y residuo de Posidonia Oceánica en forma de fibra corta. Para mejorar la compatibilidad fibra-matriz se ha reducido el comportamiento hidrofílico de la celulosa contenida en esta planta marina mediterránea mediante un proceso de esterificación con ácidos grasos naturales, dando lugar a una disminución en la absorción de agua del material compuesto y un aumento de la compatibilidad de fibra-matriz, mejorando así la respuesta mecánica y la estabilidad del mismo.

### INTRODUCCIÓN

El creciente aumento de la preocupación del ser humano por el ecosistema está propiciando la investigación y el desarrollo de nuevos materiales respetuosos con el medio ambiente. Este hecho es particularmente notable en la industria de los plásticos y composites donde existe un alto consumo de petróleo para la obtención de materiales y los residuos que genera no son respetuosos con el medio ambiente. Por esta razón, la industria está trabajando en el desarrollo de materiales ecológicos de alta eficiencia, dedicando especial interés en el empleo de fibras naturales como refuerzo.

Hoy en día es posible encontrar gran cantidad de biopolímeros que son empleados como matrices en materiales compuestos, incluyendo termoplásticos (tales como ácido poliláctico, almidón termoplástico o polihidroxibutirato) [1,2] y termoestables (tales como aceites vegetales epoxidados, poliéster insaturado con polioles de base biológica o resinas fenólicas de cardanol) [3-6]. Las proteínas también representan una solución atractiva para la fabricación de composites ecológicos, por ejemplo, se ha empleado ampliamente gluten, ovoalbúmina, caseína y soja en formulaciones de adhesivo [7-9], mientras que algunas proteínas (con y sin plastificantes) han sido utilizadas como matrices para materiales compuestos con refuerzos naturales [8,10-13].

## EXPERIMENTAL

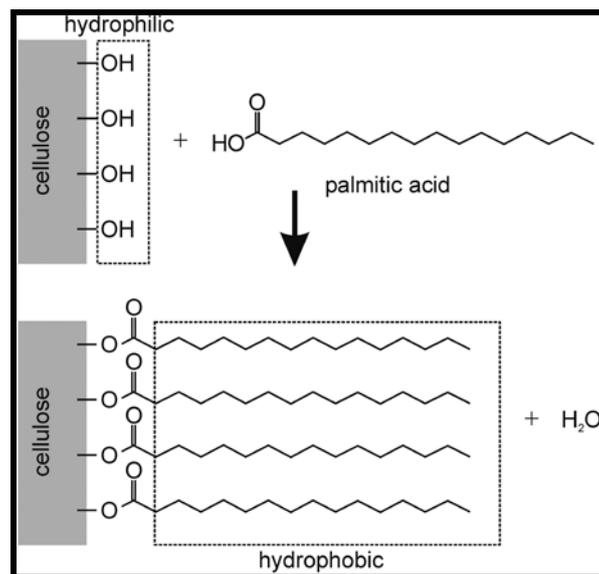
En primer lugar se fabricó el composite, para ello se empleó gluten para la matriz y fibra corta (2 a 8 mm de longitud) de Posidonia Oceánica como refuerzo [14], obteniéndose materiales totalmente de base biológica. Los composites se obtuvieron mediante moldeo por compresión en caliente, a 120°C, con una presión de 22 MPa durante 10 minutos. Los materiales obtenidos presentan unas propiedades mecánicas interesantes, obteniéndose una resistencia a flexión de 22,2 MPa para el composite en el que se ha empleado un 10% de gluten, aumentando dicho valor a 40,8 MPa para el composite en el que se ha empleado un 40% de gluten. Además, los valores del módulo de flexión se aproximan a los 3 GPa para un contenido de gluten entre 20-40% en peso.

Sin embargo, la interacción fibra-matriz en estos compuestos no es óptima. El gluten (compuesto principalmente por gliadina y gluteína) es insoluble en agua, mientras que la Posidonia Oceánica es altamente hidrofílica debido a su alto contenido de celulosa (casi el 90% en peso del componente orgánico total). La celulosa se caracteriza por una fuerte sensibilidad al agua debido a la presencia de grupos hidroxilo en su estructura, por lo que la Posidonia Oceánica presenta una alta absorción de agua, lo que provoca una considerable hinchazón de la fibra (inestabilidad dimensional) y en general al deterioro del material. Esta diferencia en el comportamiento frente a la absorción de agua entre la matriz y la fibra, en el material compuesto, se traduce en huecos entre ambos, Figura 1, que pueden tener un efecto negativo en la respuesta mecánica del material.



**Figura 1.** Imagen SEM de la superficie de la fractura del composite de gluten Posidonia-Oceánica con un 40% en peso de gluten.

Para mitigar este problema, se modificó la superficie del componente fibroso con el fin de reducir su naturaleza hidrofílica y que fuese más compatible con la matriz de gluten, insoluble en agua. Para ello, se bloqueó los grupos hidroxilo de la celulosa a través de una reacción con un ácido graso de recursos renovables: una sal de ácido palmítico llamada cloruro de palmitoilo. La larga estructura del ácido graso puede unirse a los grupos hidroxilos contenidos en la estructura de la celulosa mediante una sencilla reacción de esterificación, Figura 2.



**Figura 2.** Representación esquemática del proceso de hidrofobización de la celulosa mediante esterificación con ácidos grasos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de esterificación da lugar a la formación de una delgada capa hidrofóbica sobre la superficie de la fibra y, por tanto, le confiere buena resistencia a la absorción de agua. Como resultado se obtuvo que el tratamiento mejoró significativamente la hidrofobicidad del residuo de Posidonia Oceánica.

En la Figura 3, se puede observar el comportamiento de humectación del residuo de Posidonia Oceánica, como se observa la fibra de Posidonia que no ha sido tratada no opone resistencia al agua, es decir tiene un comportamiento hidrofílico, mientras que la fibra tratada químicamente con el cloruro de palmitoilo presenta un comportamiento hidrofóbico.



**Figura 3.** Comparativa del comportamiento de humectación del residuo de Posidonia Oceánica: fibras no tratadas (izq.) y fibras tratadas químicamente con cloruro de Palmitoilo (dcha).

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se empleó gluten como matriz y fibra corta de *Posidonia* Oceánica como refuerzo para la obtención de biocomposites mediante termocompresión. La diferencia entre el comportamiento hidrofóbico del gluten y el comportamiento hidrofílico de la fibra de *Posidonia* hace que la compatibilidad entre ambos no sea óptima. Para mejorar dicha compatibilidad se realizó un tratamiento a la fibra de *Posidonia* con el fin de aumentar la hidrofobicidad de la celulosa contenida en la misma. En dicho tratamiento se empleó cloruro de Palmitoilo, un ácido graso natural, para bloquear los grupos hidroxilos de la celulosa de la fibra mediante una reacción de esterificación. Tras el tratamiento se consiguió un aumento significativo de la hidrofobicidad de la fibra y por tanto una mejora en la compatibilidad fibra-matriz, que da lugar a mejores propiedades mecánicas del composite así como una disminución en la absorción de agua del mismo lo que supone mayor estabilidad.

## REFERENCIAS

- [1] A. Arias, M. C. Heuzey, and M. A. Huneault, Thermomechanical and crystallization behavior of polylactide-based flax fiber biocomposites, *Cellulose* 20, pp. 439–452, 2013.
- [2] B. K. Goriparthi, K. N. S. Suman, and M. R. Nalluri, Processing and characterization of jute fiber reinforced hybrid biocomposites based on polylactide/polycaprolactone blends, *Polym. Compos.* 33, pp. 237–244, 2012.
- [3] R. Wang and T. P. Schuman, Vegetable oil-derived epoxy monomers and polymer blends: a comparative study with review, *Express Polym. Lett.* 7, pp. 272–292, 2013.
- [4] H. Miyagawa, A. K. Mohanty, R. Burgueno, L. T. Drzal, and M. Misra, Development of biobased unsaturated polyester containing functionalized linseed oil, *Ind. Eng. Chem. Res.* 45, pp. 1014–1018, 2006.
- [5] D. Bertomeu, D. Garcia-Sanoguera, O. Fenollar, T. Boronat, and R. Balart, Use of eco-friendly epoxy resins from renewable resources as potential substitutes of petrochemical epoxy resins for ambient cured composites with flax reinforcements, *Polym. Compos.* 33, pp. 683–692, 2012.
- [6] M. Ionescu, X. M. Wan, N. Bilic, and Z. S. Petrovic, Polyols and rigid polyurethane foams from cashew nut shell liquid, *J. Polym. Environ* 20, pp. 647–658, 2012.
- [7] G. B. He, M. Feng, and C. P. Dai, Development of soy-based adhesives for the manufacture of wood composite products, *Holzforschung* 66, pp. 857–862, 2012.
- [8] S. Khosravi, P. Nordqvist, F. Khabbaz, and M. Johansson, Protein-based adhesives for particleboards – effect of application process, *Ind. Crop. Prod.* 34, pp. 1509–1515, 2011.
- [9] P. Nordqvist, M. Lawther, E. Malmstrom, and F. Khabbaz, Adhesive properties of wheat gluten after enzymatic hydrolysis or heat treatment – a comparative study, *Ind. Crop. Prod.* 38, pp. 139–145, 2012.
- [10] S. Hemsri, K. Grieco, A. D. Asandei, and R. S. Parnas, Wheat gluten composites reinforced with coconut fiber, *Compos. Pt. A-Appl. Sci. Manuf.* 43, pp. 1160–1168, 2012.
- [11] N. Reddy and Y. Q. Yang, Completely biodegradable soyprotein-jute biocomposites developed using water without any chemicals as plasticizer, *Ind. Crop. Prod.* 33, pp. 35–41, 2011.
- [12] Y. Fahmy, N. A. El-Wakil, A. A. El-Gendy, R. E. Abou-Zeid, and M. A. Youssef, Plant proteins as binders in cellulosic paper composites, *Int. J. Biol. Macromol.* 47, pp. 82–85, 2010.
- [13] N. Reddy and Y. Q. Yang, Biocomposites developed using water-plasticized wheat gluten as matrix and jute fibers as reinforcement, *Polym. Int.* 60, pp. 711–716, 2011.
- [14] R. Khiari, M. F. Mhenni, M. N. Belgacem, and E. Mauret, Chemical composition and pulping of date palm rachis and *Posidonia oceanica* – a comparison with other wood and non-wood fibre sources, *Bioresour. Technol.* 101, pp. 775–780, 2010.

## **Compatibilización de mezclas de polietileno ecológico con almidón termoplástico para la fabricación de films para sector envase-embalaje.**

**M.D. Samper\*, D. García-García, A. Carbonell, V. Fombuena, T. Boronat**

*Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),  
Universidad Politécnica de Valencia (UPV),  
Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, España  
\*e-mail: masammad@upv.es*

### **RESUMEN**

El presente trabajo se realizaron blends con PE y TPS. La mezcla de estos dos polímeros es inmiscible debido a las altas tensiones interfaciales entre ellos, por este motivo se ha investigado en la utilización de compatibilizantes naturales como la sepiolita y se han comparado las propiedades de este film con otros similar utilizando un compatibilizador comercial, PE-g-MA. Las propiedades de los films mejoran en ambos casos y para obtener propiedades similar se necesita incorporar mayor cantidad de sepiolita.

### **INTRODUCCIÓN**

El polietileno (PE) es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en packaging y en film para agricultura debido a su alta flexibilidad y facilidad de procesado. Sin embargo, después de su uso se generan una gran cantidad de residuos que contribuyen a la contaminación medioambiental. Por este motivo hay un interés creciente en reducir el uso del PE por mezclas poliméricas con un polímero biodegradable barato, especialmente almidón termoplástico (TPS) debido a su abundancia y renovabilidad.

La mezcla del PE y TPS es inmiscible debido a las altas tensiones interfaciales entre el PE que es no polar y el TPS que es altamente polar lo que provoca mezclas con pobres propiedades mecánicas<sup>1</sup>. Para solucionar este problema se han investigado diferentes problemas, incluyendo: modificaciones químicas del almidón y del PE<sup>2,3</sup> y la incorporación de compatibilizadores químicos entre las mezclas del PE/TPS.

Los modificadores químicos y los compatibilizadores sintéticos son relativamente caros. Alternativamente a estos, las nano/micro cargas inorgánicas como las nanoarcillas, zeolitas o sepiolitas se pueden usar para mejorar la miscibilidad de mezclas de polímeros.

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto compatibilizador de la sepiolita en una mezcla de PE/TPS y compararlo con mezclas de PE/TPS con un compatibilizador sintético.

## EXPERIMENTAL

### Materiales

Los materiales utilizados en este estudio fueron polietileno de alta densidad de origen bio SHA7260 de Baskem S.A. y almidón termoplástico Mater Bi de Novamont S.p.A. Los materiales utilizados como compatibilizantes fueron, sepiolita Pansil de Tolsa S.A. como carga inorgánica y polietileno injertado con anhídrido maleico (PE-g-MA) con una viscosidad entre 1700-4500 cP de Sigma-Aldrich como compatibilizante sintético.

### Preparación de las muestras

Las mezclas se realizaron en una microextrusora DSM xplora para obtener film para su posterior caracterización. La extrusión se realizó a 150 °C y el material se mantuvo dentro de la cámara de plastificación durante 3 minutos a 100 rpm. Después se realizó el film con una fuerza controlada de 700 N. Para observar la inmiscibilidad de las mezclas se utilizó SEM (JSM-5410).

La composición de las mezclas realizadas se puede observar en la tabla 1.

**Tabla 1.** Composición del material utilizado.

Designación	% peso HDPE	% peso TPS	% peso Sepiolita*	% peso PE-g-MA*
B	70	30	-	-
B-1MA	70	30	-	1
B-3MA	70	30	-	3
B-5MA	70	30	-	5
B-1S	70	30	1	-
B-3S	70	30	3	-
B-5S	70	30	5	-

La caracterización mecánica del film se realizó siguiendo la norma UNE-EN ISO 257 en una máquina universal de ensayos Lloyd Instrument, modelo LR 30 K. Las probetas tenían un ancho de 10 mm y una longitud total de 150 mm.

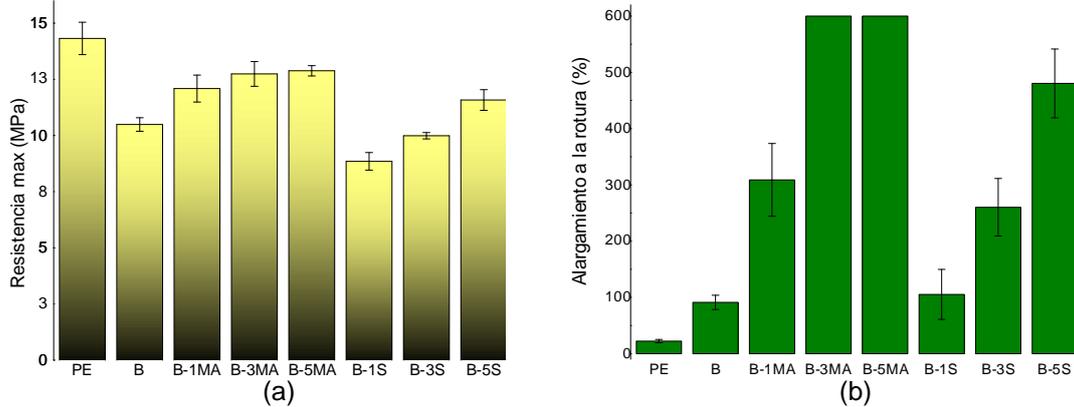
Para comprobar el comportamiento de las mezclas ante las condiciones ambientales se realizó un envejecimiento de los films usando una lámpara de mercurio de alta presión (1000W y 350 nm) y después se traccionaron (longitud probetas de 50 mm) para comprobar el comportamiento mecánico. También se realizó el compositaje de los films según la norma UNE-EN ISO 20200.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades mecánicas

Como se puede observar en la figura 1.a, la mezcla de PE y TPS muestra menos resistencia que el PE pero la incorporación del PE-g-MA mejora la resistencia de la mezcla, en cambio la adición de Sepiolita tiene que ser mayor del 3% para obtener un material con mejor resistencia que el blend. En cambio en la figura 1.b se puede

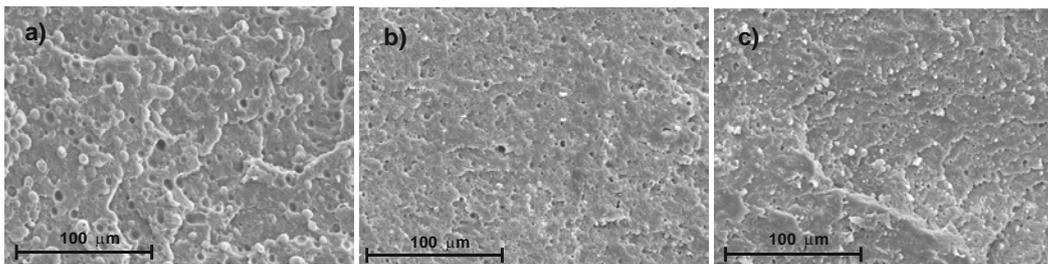
observar que el alargamiento a la rotura es la propiedad mecánica que más aumenta con la incorporación del compatibilizador y la sepiolita.



**Figura 1.** Propiedades mecánicas de las mezclas PE/TPS, a) Resistencia máxima de las mezclas PE/TPS, b) Alargamiento a la roturas de las mezclas PE/TPS

### SEM

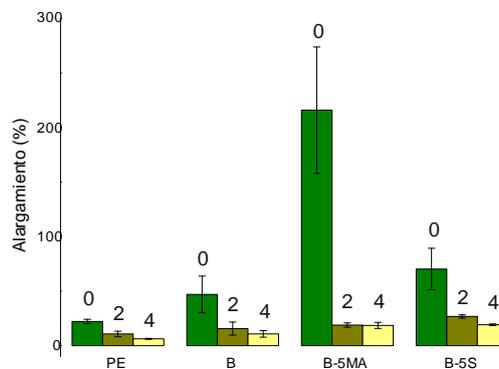
En la figura 2.a se puede observar que los huecos y las esferas producidas por el TPS en la mezcla con el PE tienen mayor tamaño que en la figura 2.b y 2.c, lo que indica que la sepiolita y el PE-g-MA actúan como compatibilizador entre el PE y el TPS.



**Figura 2.** SEM a x500 de mezclas PE/TPS. a) Muestra B, b) muestra B-5MA y c) muestra B-5S

### Exposición UV

En la figura 3 se puede observar que la exposición a luz UV de los film reduce drásticamente el alargamiento a la rotura.

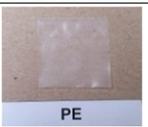


**Figura 3.** Alargamiento a la rotura de las mezclas PE/TPS después de exposición a luz UV

## Compostaje

En la tabla 2 se puede observar que el compostaje no modifica el PE, mientras que en el resto de las muestras se produce la degradación del TPS, se puede observar como el film pasa de ser transparente a ser blanco.

**Tabla 2.** Compostaje de las mezclas PE/TPS durante 28 días.

	0 días	3 días	7 días	14 días	21 días	28 días
PE	 PE	 PE	 PE	 PE	 PE	 PE
B	 PE-TPS	 PE-TPS	 PE-TPS	 PE-TPS	 PE-TPS	 PE-TPS
B-5MA	 PE-TPS-5%g	 PE-TPS-5%g	 PE-TPS-5%g	 PE-TPS-5%g	 PE-TPS-5%g	 PE-TPS-5%g
B-5S	 PE-TPS-5%Sp	 PE-TPS-5%Sp	 PE-TPS-5%Sp	 PE-TPS-5%Sp	 PE-TPS-5%Sp	 PE-TPS-5%Sp

## CONCLUSIONES

La adición de la Sepiolita y del compatibilizador PE-g-MA en las mezclas mejora las propiedades mecánicas ya que actúan como compatibilizador como se puede observar en las imágenes SEM. Pero hay que tener en cuenta que la exposición a las condiciones ambientales disminuyen las propiedades mecánicas de los films.

## REFERENCIAS

- [1] Gupta, A.P., Kumar, V., y Sharma, M., *Journal of Polymers and the Environment*, 18, 484-491 (2010).
- [2] Gupta, A.P., y Sharma, M., *Journal of Polymers and the Environment*, 18, 492-499 (2010).
- [3] Rodriguez-Gonzalez, F.J., *Advances in Polymer Technology*, 22, 297-305 (2003).

## **Propiedades acústicas de materiales reciclados a partir de triturado de GTR**

**J. E. Crespo, S. Espinosa, J. Belmonte, A. V. Nadal, F. Parres**

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Escuela Politécnica Superior de Alcoi,  
Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoi (Alicante)  
e-mail: jocream@dimmm.upv.es*

### **RESUMEN**

Las técnicas de caracterización acústica son técnicas versátiles y de gran utilidad para la industria, principalmente en materiales para la construcción. La caracterización acústica es una técnica que nos permite analizar el comportamiento acústico de un material para conocer si éste tiene un comportamiento, o bien como un material aislante, como un material absorbente ante la aplicación de una onda sonora de determinada frecuencia. Se plantea la utilización de la tecnología de caracterización acústica de materiales como técnicas empleadas con el fin de mejorar las prestaciones del material en aplicaciones donde se requiera un incremento de la absorción acústica utilizando materiales procedentes del triturado de neumático fuera de uso (NFU's) como son el caucho y la fibra.

### **INTRODUCCIÓN**

El GTR es el caucho de rueda granulado obtenido a través de la trituración mecánica. Esta trituración también puede ser criogénica, con la que se obtiene un tamaño de grano más reducido y de diferente rugosidad debido a las bajas temperaturas. Este residuo es utilizado actualmente como modificador de asfalto, superficies de atletismo y deportes, y productos moldeados y calandrados. Lo que se pretende es incrementar la calidad y consistencia del GTR, y ello conducirá a un reciclado del material mucho más extenso.

Algunos fabricantes indicaron que el uso de hasta un 10% de GTR como relleno en los neumáticos no altera sus prestaciones y calidad. Hoy en día los neumáticos contienen un 5% de material reciclado. Hay opiniones que dicen que podrían contener hasta un 30%.

Al incidir una onda sonora sobre una superficie absorbente, parte de la energía es absorbida, parte reflejada y parte transmitida al otro lado. La proporción entre ellas dependerá de la frecuencia de la onda incidente y de las características técnicas y constructivas del material, así como del ángulo de incidencia de la onda.

### **EXPERIMENTAL**

#### **Materiales**

Los materiales utilizados son residuos provenientes del triturado de neumático fuera de uso (NFU's) que principalmente están compuestos de caucho y fibra.

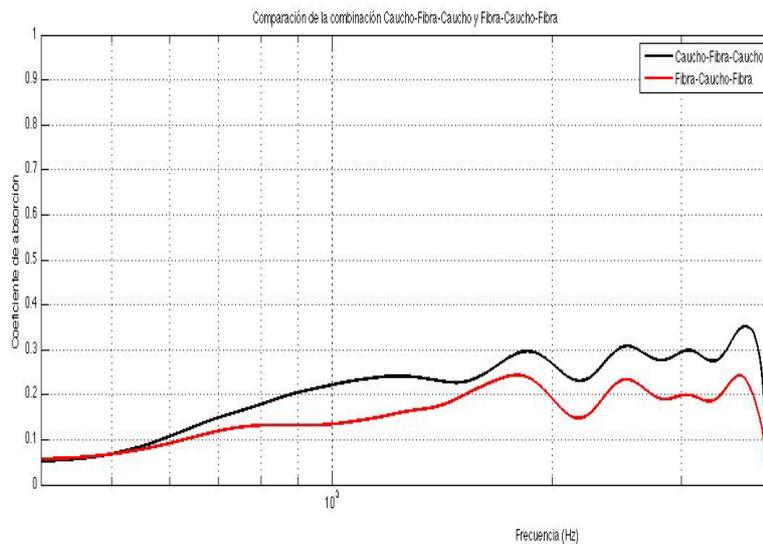
## Preparación de la muestra

El proceso de sinterizado se realiza a una presión de 50 bar para la granulometría pequeña y de 80 bar para la grande y 200 °C. Bajo este sinterizado se obtienen unas planchas de 175x255 y de 1 y 2 cm de espesor. Se realizan placas tipo sándwich con combinación “Caucho-Fibra-Caucho” y “Fibra-Caucho-Fibra” de dos formas diferentes, una en la que se introducen las tres capas y se sinteriza todo junto y otra en la que se van sinterizando las placas una encima de otra en diferentes pasos. Se varía el porcentaje en volumen de fibra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de absorción acústica se realiza a partir de la norma UNE-EN ISO 10534-2: “Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función de transferencia”.

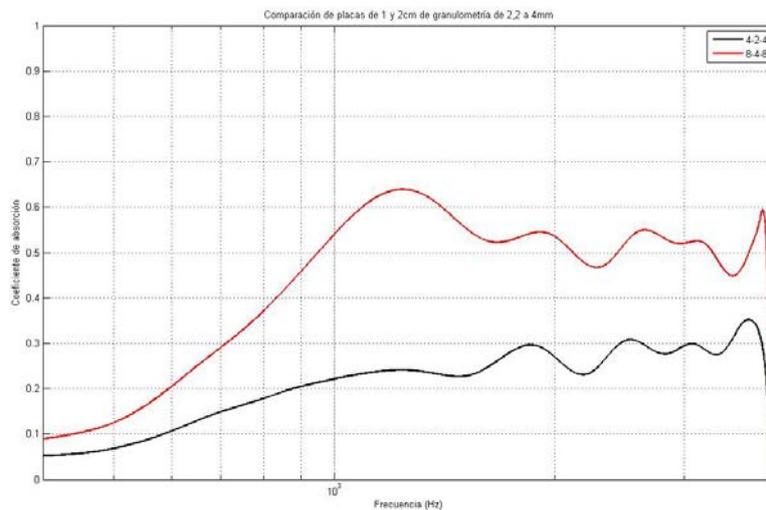
Para la realización de estos ensayos, además del equipo necesario por la norma, se ha realizado una programación en el programa Matlab con las fórmulas utilizadas en la norma para obtener así las gráficas con el coeficiente de absorción acústica de cada muestra a diferentes frecuencias.



**Figura 1.** Comparación de las combinaciones Caucho-Fibra-Caucho y Fibra-Caucho-Fibra para granulometría de tamaño grande en placas de combinación 4-2-4 sinterizadas por partes.

A continuación se realiza la caracterización acústica. Se puede observar que el residuo de mayor granulometría tiene mayor coeficiente de absorción que la propia fibra. Por otro lado, al aumentar el espesor de la muestra a 2 cm se observa cómo aumenta considerablemente la absorción. El hecho de prensar de una sola vez o en varias etapas apenas influye en la absorción.

En el caso de la combinación Fibra-Caucho-Fibra, se observa que se obtiene una mayor absorción cuando mayor es la cantidad de caucho.



**Figura 2.** Comparación de placas de 1 y 2 cm de granulometría de 2,2 a 4 mm. Combinación Caucho-Fibra-Caucho en proporción 4-2-4 y 8-4-8 mm.

## CONCLUSIONES

Tras el estudio de la absorción de acústica de todas las muestras realizadas, se pueden sacar varias conclusiones:

Una de ellas es que la forma de realizar la compactación, ya sea por fases o de una sola vez, apenas influye en el coeficiente de absorción acústica.

Se ha observado que, al contrario de lo que se pensaba en un principio, el material que más absorción acústica presenta es el residuo de neumático de granulometría grande y no la fibra, como se puede observar tanto en las gráficas de los ensayos de los materiales por separado como en la disminución del coeficiente de absorción a medida que se aumenta la cantidad de fibra.

Llegados a las conclusiones adoptadas anteriormente, se puede afirmar que el proyecto no ha sido del todo satisfactorio, ya que con los materiales utilizados y las mezclas realizadas no se llega a una absorción aceptable si no se aumenta el espesor.

Una solución a esto podría ser también aumentar la granulometría del residuo de neumático fuera de uso para así aumentar la porosidad del material, ya que se ha comprobado que cuanto mayor es ésta mayor será el coeficiente de absorción acústica.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Politécnica de Valencia, dentro del programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo (UPV PAID-05-2012) para proyectos de nuevas Líneas de Investigación Multidisciplinares (Ref.: SP20120370).

A las empresas; Insatubo (Aspe, Alicante) y Recipneu (Sines, Portugal) por el suministro del material.

## REFERENCIAS

- [1] Miravete, A. et al. "Materiales compuestos I y II". INO reproducciones, Zaragoza, 2000.
- [2] W. Tsai, S. Miravete de Marco, A. "Diseño y análisis de materiales compuestos". Reverté, Barcelona, 1988.
- [3] Hull, D. "Materiales Compuestos". Reverté. Barcelona 2003.
- [4] Giles F. Carter and Donald E. Paul "Materials Science & Engineering".
- [5] [www.elruido.com/divulgacion/curso/acondicionamiento/ABSORCION.htm](http://www.elruido.com/divulgacion/curso/acondicionamiento/ABSORCION.htm).
- [6] [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(9\)%20Control%20por%20a%20bsorcion/absorcion%20acustica.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(9)%20Control%20por%20a%20bsorcion/absorcion%20acustica.htm)

## **Estudio de la Influencia de las Características Físicas de Residuos Provenientes de Neumáticos Reciclados en el Coeficiente de Absorción Acústica**

**A. Nadal<sup>(1)</sup>, J.E. Crespo<sup>(1)</sup>, M. Zamorano<sup>(2)</sup>, E. Juliá<sup>(3)</sup>, J.M. Gadea<sup>(3)</sup>, J. Segura<sup>(3)</sup>**

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Pl. de Ferrandiz y Carbonell 03801 Alcoy (Alicante)*

*(2) Departamento de Ingeniería Textil y Papelera  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Pl. de Ferrandiz y Carbonell 03801 Alcoy (Alicante)  
e-mail: [mzamoran@upvnet.upv.es](mailto:mzamoran@upvnet.upv.es)*

*(3) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras,  
Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia  
Pl. de Ferrandiz y Carbonell 03801 Alcoy (Alicante)*

### **RESUMEN**

En los procesos de compactación de productos provenientes de los NFUs hay un gran número de variables que influyen en las propiedades finales del producto elaborado. Variables que empiezan con la naturaleza del material, su composición, su morfología, etc. Nuestro estudio pretende analizar que parámetros de conformado influyen y en que magnitud a la hora de elaborar productos de mayor valor añadido, a partir de residuos que suponen un problema medioambiental de primera magnitud, en nuestro caso el residuo a emplear es la fibra textil que se obtiene en el triturado de los NFUs, denominada "Fluff".

### **INTRODUCCIÓN**

El objetivo principal de este trabajo es el análisis físico-químico de las fibras de los ELT (End of Life Tires) y la relación existente entre este análisis físico-químico y las características de absorción acústica, análisis que nos permite conocer las propiedades de este tipo de residuos con el fin de utilizar este residuo en diferentes campos y para obtener una solución al problema ambiental que estos residuos generan [1,2], hasta ahora este residuo (fluff) es utilizado sólo por su alto contenido energético. Proponemos una caracterización física y química para analizar la fibra para su posible uso para elaboración de hilos, refuerzo para la elaboración de materiales compuestos [3] o para la fabricación de mats [4]. El análisis físico-químico es el primer paso para conocer los usos y aplicaciones [5]. Una consideración importante en la morfología de las fibras es la obtención de los valores medios de diámetro y longitud, su distribución y el análisis de la forma y superficie.

## EXPERIMENTAL

### Materiales.

Se han empleado dos tipos de fibra, una de longitud media más larga y que nos fue suministrada por la empresa Recipneu (Sines, Portugal) y la otra de longitud media más corta suministrada por la empresa InsaTurbo (Aspe, España).

### Caracterización.

La composición química de las fibras se ha desarrollado por Parres F, Crespo J.E. y Nadal A. [5]. Para la medida de diámetros y longitudes hemos utilizado un microscopio estereoscópico y para acabar una superficie de microscopía electrónica de barrido. La figura 1 muestra una imagen de microscopía electrónica de barrido (SEM). También hemos utilizado un software de análisis de imagen para la medida de longitudes y diámetros. Para la caracterización acústica se ha empleado un tubo de impedancia diámetro interior de 40 mm, dos micrófonos Bruel-kjaer mod. 4947, una tarjeta de adquisición de datos NI USB 9233 y Matlab para la adquisición y el análisis de la señal.

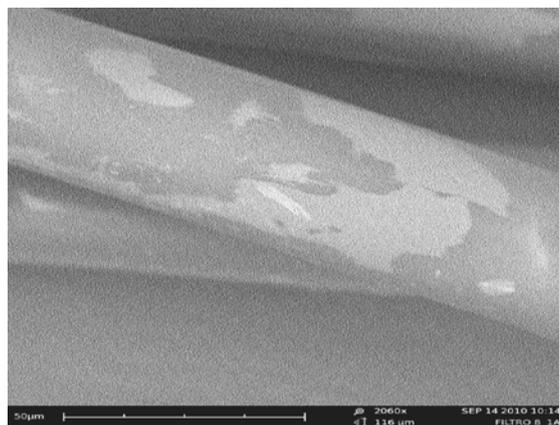


Figura 1. Imagen SEM de la fibra proveniente del triturado y separación de NFUs.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El acabado de la superficie de la fibra 1 se muestra en la figura 2 y corresponde a una superficie lisa, la fibra 2 es un hilo obtenido a partir de varias fibras del tipo 1. Las longitudes dependen del proceso de triturado, mientras que los diámetros están directamente relacionados con la estructura y la composición del tejido.

Los resultados del estudio de dos tipos de fibras obtenidos de la fibra 1 y la fibra 2 (se muestran en las figuras 1a (longitud) y la figura 1b (diámetro) de la fibra 1, y en la figura 1c (longitud) y la Figura 1d (diámetro) de la fibra 2. Como se puede ver se trata de dos tipos de fibras muy diferentes. Estos resultados pueden deberse a varios factores, cabe destacar entre ellos el proceso de triturado y la composición de ambas fibras, de hecho la fibra 1 tiene un alto porcentaje de microfibras y la fibra 2 un alto porcentaje de hilos.

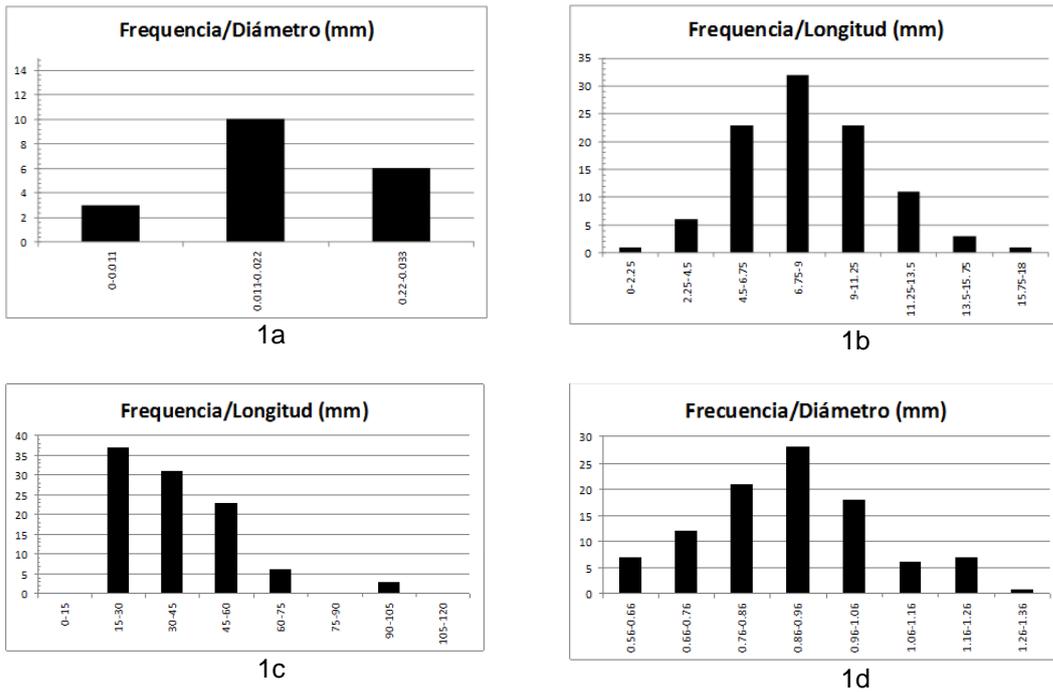


Figura 2. Longitud de las fibras NFUs.

En la figura 3 se muestra el resultado del coeficiente de absorción acústica. La figura representa el valor del coeficiente de absorción acústica frente a la frecuencia. Es evidente que la morfología y la distribución de la fibra influye en el producto ensayado. Se muestra que el máximo del coeficiente de absorción es mayor en la fibra 2 que en la fibra 1 sin embargo en la fibra 1 el coeficiente de absorción se mantiene constante en un rango mayor de frecuencias.

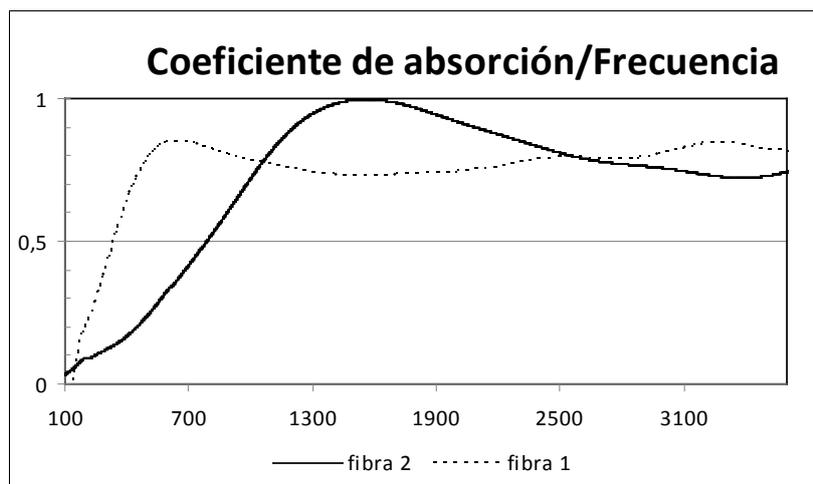


Figura 3. Coeficiente de absorción acústica.

## CONCLUSIONES

Los valores de absorción acústica obtenidos son muy buenos incluso mejores que los de cierto tipo de productos existentes en el mercado. Pretendemos elaborar hilos con la fibra 2 para la obtención de tejidos absorbentes y proceder a su caracterización.

La composición química no es un factor determinante en cuanto a la caracterización acústica. Las longitudes y diámetros de fibra obtenidos por el proceso de triturado si influyen en los resultados acústicos. Los parámetros de conformado que más influyen son las presiones de compactación y el tipo de fibra, que influyen en los espesores de las muestras y en su densidad. Descartamos en un principio el uso de fibras como material reforzante de compuestos cementicios. El proceso investigador debe continuarse en el análisis de la influencia de los parámetros de conformado y el tipo de fibra en la resistencia al flujo, porosidad y tortuosidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Politécnica de Valencia, dentro del programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo (UPV PAID-05-2012) para proyectos de nuevas Líneas de Investigación Multidisciplinares (Ref.: SP20120370).

A las empresas Insaturbo y Recipneu por su colaboración en el suministro de fibras.  
A la Consejería de Empleo, Empresa e Innovación del Gobierno de Extremadura, Ayuda GR10175 y al Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER)/ European Regional Development Fund. (ERDF).

## REFERENCIAS

- [1] Chang Ni-Bin B. Economic and policy instrument analyses in support of the scrap tire recycling program in Taiwan. *Journal of Environmental Management*, 86, 435-450. (2008)
- [2] Sienkiewicz M. et al. *Progress in used tyres management in the European Union: A review. Waste Management*, 32, 1742-175. (2012)
- [3] C. Ferrer-Giménez, A. V. Nadal-Gisbert et al. Investigación del proceso de fractura de morteros de cemento reforzados con EPDM-CR (Ethylene-Propylene-Diene-Crumb Rubber) mediante emisión acústica. Congreso de materiales Compuestos. Valladolid. 2007
- [4] Ruben Maderuelo Sanz, J.E. Crespo-Amorós, Antonio V. Nadal-Gisbert. A novel sound absorber with recycled fibers coming from end of life tires (ELTs) *Applied Acoustics*, 73, 402-408. (2012)
- [5] Francisco Parres-García, J.E. Crespo-Amorós, Antonio V. Nadal-Gisbert. Characterization of fibers obtained from shredded tires. *Journal of Applied Polymer Science*, 13, 2136-2142, (2009).

## Variación de la cromaticidad con la temperatura de unión en LEDs de alta potencia

S. Patirnac<sup>†</sup>, M.A. Satorre Aznar<sup>(1)</sup>, E. Gilabert Pérez<sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Física aplicada, Universitat Politècnica de València.

(2) Departamento de Ingeniería textil y papelera, Universitat Politècnica de València.  
msatorre@fis.upv.es;gilabert@txp.upv.es

### RESUMEN

La principal conclusión de este trabajo es que el color final que emiten los LEDs depende de la temperatura final de trabajo. Si ésta varía lleva asociada un cambio en la cromaticidad, que en algunos casos llega a ser detectable a simple vista. Además los LEDs de diferentes colores (azul, verde, rojo) no cambian del mismo modo para iguales variaciones de temperatura, haciendo de éste un trabajo necesario para el control de la luz finalmente emitida por los diodos.

### INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el auge que está experimentando el mercado de los LEDs, pronto será una realidad el uso exclusivo de los mismos en todos los ámbitos de la iluminación y esto hace que los conocimientos sobre este tipo de lámparas sean necesarios para el diseño de futuras luminarias. El objeto del presente estudio consiste en un análisis de la relación existente entre las características del color y la temperatura que se alcanza en el diodo, que para algún tipo de LED específico ya se ha empezado a estudiar [1]. Hasta ahora se toman como características de color de los LEDs las que aparecen en las especificaciones técnicas del fabricante. Sin embargo sus respuestas espectrales se obtienen para encendidos del orden de los milisegundos, esto hace que sus respuestas no sean las esperadas cuando los LEDs funcionan durante un tiempo de encendido normal donde las temperaturas finales de equilibrio en los mismos sean distintas de las que establecieron la respuesta espectral del LED. Esta temperatura real de trabajo tiene una influencia directa y crucial en la vida del dispositivo, ya que ésta disminuye al aumentar la temperatura de trabajo.

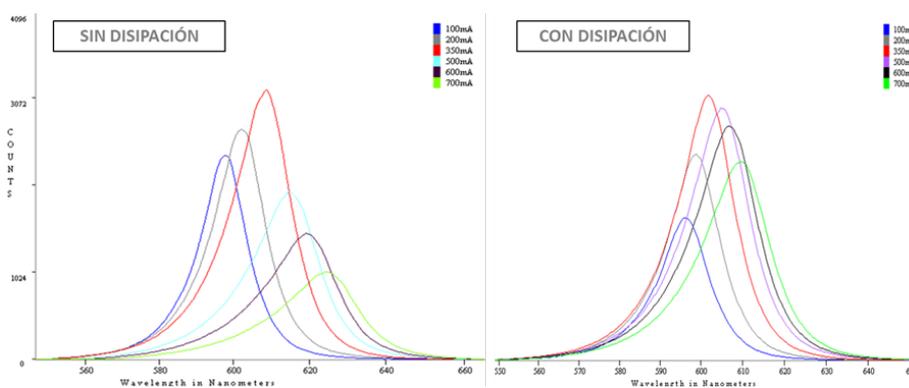
### MATERIALES Y MÉTODO

Se han usado LEDs de la marca Avago Technologies, todos de 3 W de potencia, y de los siguientes tipos: rojos (amber, red orange, red, deep red), azules (green, blue, royal blue) y blancos (cool white, neutral white, warm white). Para cada uno de ellos se han tomado medidas de la temperatura de unión a diferentes intensidades (100, 200, 350, 500, 600, 700 mA), con una cámara térmica (Cantronic Systems; modelo IR980-600) y medidas de la distribución espectral con un espectrómetro de la marca StellarNet (10 cm distancia entre sensor óptico y fuente).

Las medidas se han tomado de dos maneras: en la primera los LEDs están acoplados únicamente al PCB (20x20mm, baquelita, doble cara de Cu), y en la segunda se utiliza un disipador (Al sin anodizar: 105x100x40mm). El tiempo de medida ha sido de 10 minutos para estabilizarse a una determinada temperatura, y se deja enfriar a temperatura ambiente antes de comenzar una nueva medida. A partir de las distribuciones espectrales se calcula la cromaticidad tomando intervalos de 1 nm [2].

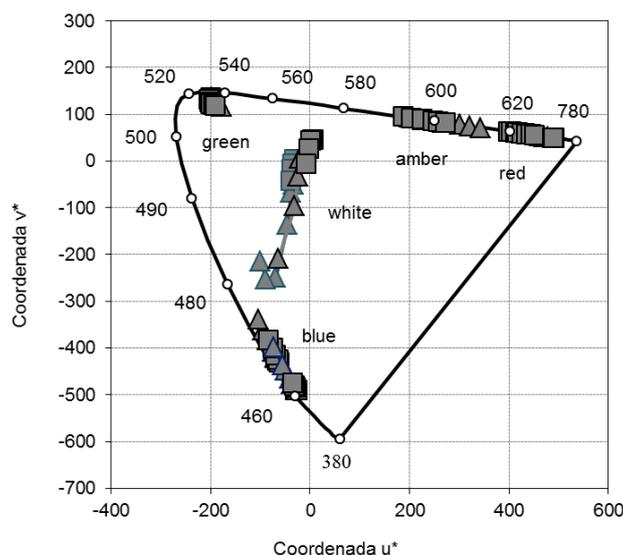
## RESULTADOS

Las gráficas que aparecen en la figura 1 muestran como ejemplo el efecto de la temperatura en los LEDs tipo Amber. En ellas se ven los desplazamientos de la longitud de onda de emisión máxima, para diferentes intensidades de corriente, similares con y sin disipador. También se observa la respuesta diferente de intensidad luminosa (eje Y) en los LEDs con y sin disipación. Aunque en ambos casos el máximo se consigue para corrientes de 350 mA, cayendo bruscamente en el caso “sin disipación” para 400 mA, pero no en el caso “con disipación”.



**Figura 1.** Distribución del LED Amber. Izquierda sin disipación. Derecha con disipación.

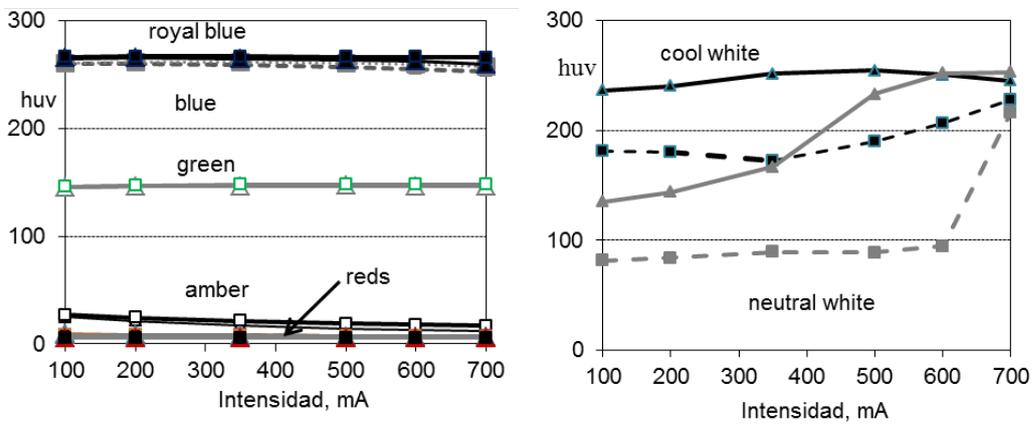
En el caso de LEDs Green, perteneciente a los azules, apenas experimenta cambios en los máximos de emisión. Sin embargo el ancho de banda cambia con intensidad de corriente (temperatura) y con la presencia del disipador. El máximo de emisión de los LEDs blancos también se desplaza hacia mayores longitudes de onda, y el cambio del ancho de media banda es más sensible que el de los LEDs rojos. Estos LEDs se caracterizan por tener dos máximos, uno correspondiente a la parte azul del espectro que es la encargada de excitar el material que le da la apariencia final de blanco.



**Figura 2.** Diagrama de cromaticidad CIE  $u^*, v^*$

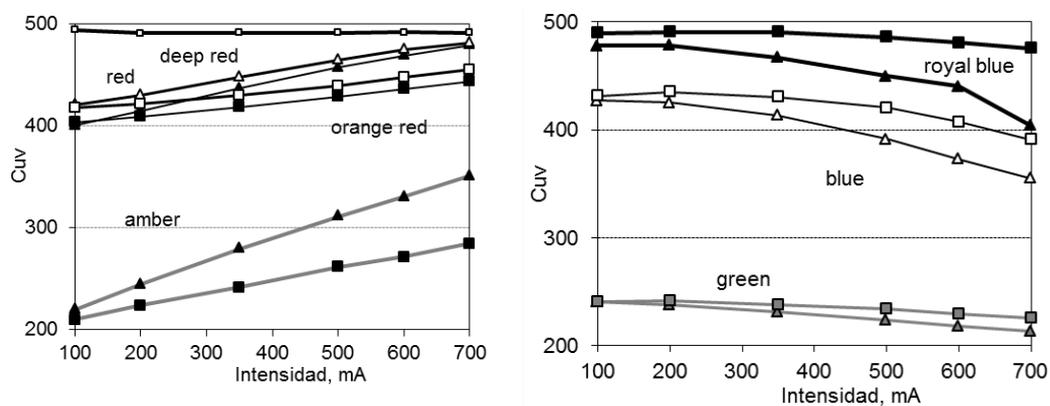
Con estas distribuciones espectrales se han calculado las cromaticidades de cada LED a cada intensidad, sin disipador y con disipador, representadas en un diagrama uniforme del espacio CIELUV 1976 (figura 2), donde el triángulo representa sin disipador y el cuadrado con disipador. Se puede comprobar cualitativamente los efectos obtenidos en las distribuciones espectrales como la de la figura 1.

De la representación del tono en función de la intensidad podemos establecer comportamientos diferentes. La Figura 3 muestra que el verde y los rojos apenas cambian de tono, azules y Amber disminuye muy poco el tono con la intensidad y, en general, casi no dependen del disipador. En cambio la Figura 4 indica que los blancos son muy variables en su comportamiento, mientras que el Cool White tiene pequeñas variaciones de tono, el Neutral White tiene cambios bruscos y pasa de tono verde amarillento a turquesa. En ambos casos, el disipador tiene un marcado efecto, y en el ejemplo del Neutral White cambia de amarillo a cian.



Figuras 3 y 4. Variaciones del tono de los LEDs

En las figuras siguientes se ha representado el croma psicométrico en función de la intensidad. En la figura 5 se muestran las variaciones de los LEDs rojos, presentando un aumento del croma en todos, excepto en Deep Red que es constante. En todos ellos el disipador disminuye el croma, siendo más importante cuanto mayor es la intensidad. En la Figura 6 se muestran las variaciones en el grupo de los azules, donde siempre hay una disminución de la saturación, aunque en el ejemplo del Green es muy pequeña. Contrariamente, la disipación provoca en los LEDs azules un aumento de la saturación.



Figuras 5 y 6. Variaciones de la saturación de los LEDs

Finalmente los LEDs blancos muestran variaciones muy diferentes a los anteriores, y el ejemplo de Cool White sin disipación muestra una variación importante con la intensidad (figura 7).

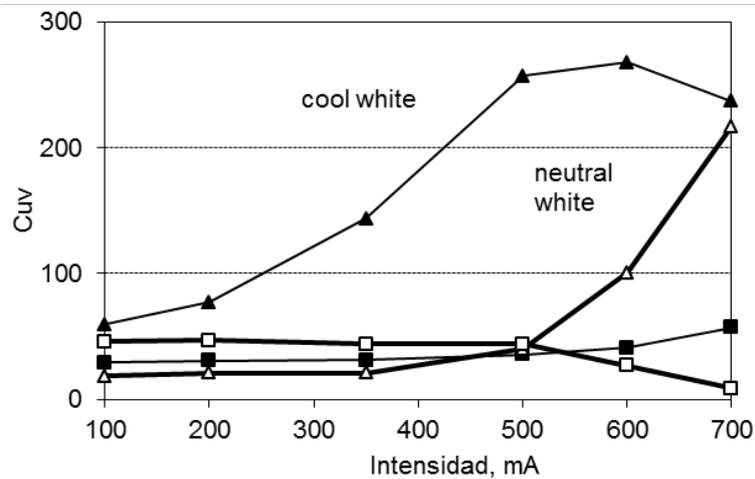


Figura 7. Variaciones de la saturación de los LEDs blancos.

## CONCLUSIONES

Un aumento de temperatura de funcionamiento, supone un cambio en el color que no afecta por igual a todos los LEDs, los rojos aumentan su longitud de onda de emisión máxima que cambia poco el tono angular pero aumenta el croma. Los LEDs azules también cambian muy poco de tono pero disminuye el croma psicofísico. El efecto del disipador es diferente en ambos grupos, así en los rojos disminuye el croma, mientras que en los azules su presencia aumenta el croma.

En el caso de los LEDs blancos la temperatura de unión afecta de forma distinta el diodo emisor y la capa fluorescente provocando una disminución de su intensidad con el aumento de la temperatura. Esto da lugar a que la radiación azul sea la dominante, provocando un aumento de la temperatura de color correlacionada y, por ende, un cambio en el índice de reproducción cromática.

Dado que el fabricante proporciona las características del color y flujo luminoso a una temperatura de 25 °C hay que tener siempre presente que variarán con el aumento de la misma. Así pues, para instalar luminarias LED en espacios donde la calidad de la luz es el factor más importante como pueden ser los museos, los expositores, bibliotecas o salas de dibujo se hace preciso conocer de qué forma se ven afectadas las características de color con el incremento de la temperatura de unión. Este conocimiento hará que el diseño de la luminaria sea más eficaz y adecuado a cada caso en particular.

## REFERENCIAS

- [1] Keppens, A.; Ryckaert, W.R.; Deconinck, G., and Hanselaer, P., *Journal of Applied Physics* 108, 043104-043111 (2010)
- [2] Eduardo J. Gilabert: "Medida del color", Ed. UPV, 473-483 (2002).

## **Comportamiento mecánico de material reciclado de GTR aglomerado con adhesivo 575**

**J. E. Crespo, S. Espinosa, J. Belmonte, A. V. Nadal, R. Navarro**

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy,  
Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrandiz y Carbonell, s/n 03801 Alcoy (Alicante)*

### **RESUMEN**

En este trabajo se ha analizado las propiedades mecánicas mediante sinterizado de residuos de Caucho de Rueda Granulado (GTR) adicionados con adhesivos. El adhesivo utilizado es el policloropreno (575) en suspensión acuosa, el cual se mezcla con las partículas de GTR bajo diferentes porcentajes de adhesivos con el objetivo de mejorar las prestaciones mecánicas obtenidas en el sinterizado inicial de las partículas. Las mayores prestaciones mecánicas para las mezclas se obtuvieron para porcentajes de adhesivos del 10% a 160 °C.

### **INTRODUCCIÓN**

El GTR es el caucho de rueda granulado obtenido a través de la trituración mecánica. Esta trituración también puede ser criogénica, con la que se obtiene un tamaño de grano más reducido y de diferente rugosidad debido a las bajas temperaturas.

La aplicación y uso de adhesivos, compatibilizadores y tratamientos sobre las partículas de cauchos elastoméricos reciclados sirven para mejorar la adhesión e interacción entre las partículas de residuo con el fin de mejorar las prestaciones del material obtenido.

### **EXPERIMENTAL**

#### **Materiales**

Los materiales utilizados en este estudio son: el residuo de GTR suministrado por la empresa INSATURBO S.L. (Aspe, Alicante) procedentes del triturado de neumático fuera de uso; el adhesivo policloropreno (575) en suspensión acuosa suministrado por la empresa Adhesivos Kefren S.A. (Alicante, España).

#### **Preparación de la muestra**

El proceso de sinterizado de la mezcla de adhesivo y partículas de GTR se llevó a cabo mediante una prensa Robima S.A. (Valencia, España) con platos calientes de Dupra S.L. (Castalla, España) con una presión y temperatura máxima de 6000 Kg y 160-180 °C respectivamente. Las proporciones de adhesivo que se utilizaron fueron de 0%, 5%, 10%, 25% y 50% en peso. Bajo este sinterizado se obtienen unas planchas de 180 x 190 mm con un espesor de 4 mm que posteriormente son troqueladas para su posterior ensayo de tracción bajo la norma ISO 527.

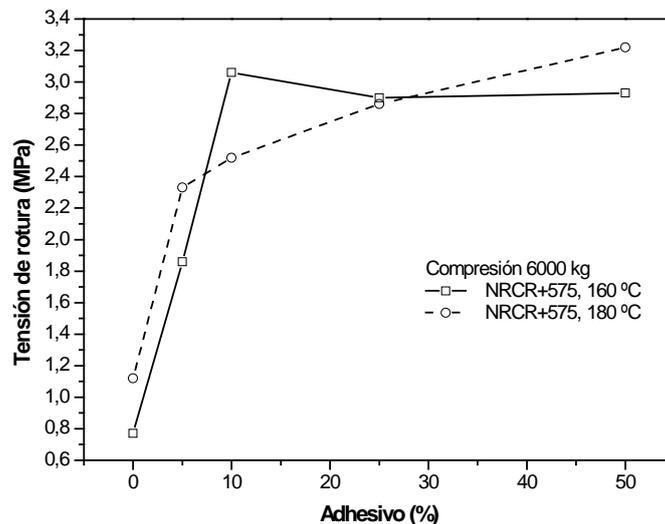
El estudio de las superficies de fractura se llevó a cabo mediante la microscopía electrónica de barrido, mediante un FEI Quanta 200 (FEI EMPRESA, Hillsboro,

EE.UU.). Las micrografías se obtuvieron en el microscopio en modo ambiental (ESEM), que no requiere el recubrimiento de oro o cualquier otro material para una correcta visualización.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones de sinterizado a aplicar son: temperatura de 160-180 °C y presión de sinterizado de 6000 kg. La cantidad de residuo empleada en la obtención de cada lámina es de 150 gr para la obtención de un espesor de aproximadamente 4 mm, que es troquelada para la obtención de probetas para su ensayo.

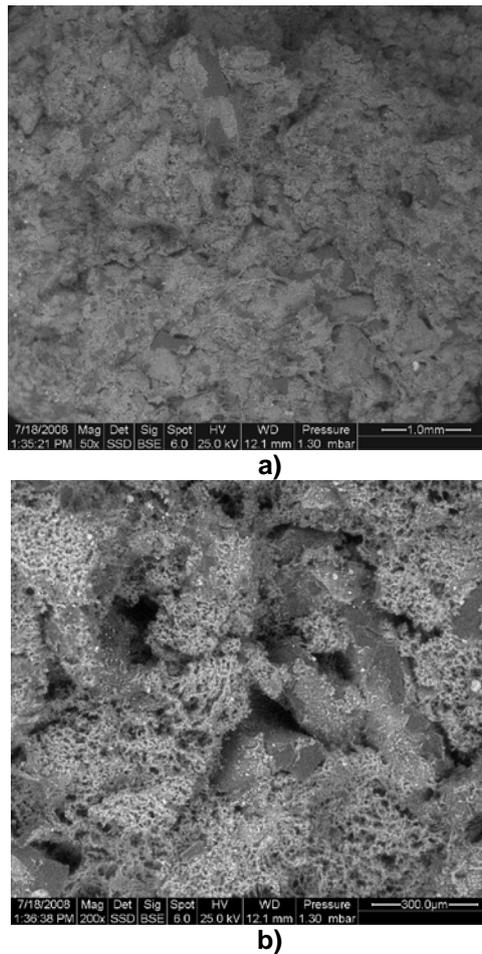
En este caso, al emplear el adhesivo 575, se observa como las propiedades mecánicas aumentan con la cantidad de adhesivo independientemente de la temperatura de sinterizado aplicada. En la Figura 1 muestra la evolución de la tensión de rotura en función del porcentaje de adhesivo adicionado. En este caso, se observa un incremento muy rápido para bajos contenidos de adhesivo (5-10 %) para estabilizarse posteriormente en contenidos del 25 y 50 % de adhesivo.



**Figura 1.** Tensión de rotura frente al porcentaje de adhesivo policloropreno (575) adicionado al residuo de neumático para diferentes temperaturas de calentamiento.

En relación al módulo elástico, la mayor rigidez del material se encuentra para la temperatura de 160 °C y un porcentaje de adhesivo del 10%. El alargamiento a la rotura, muestra un comportamiento muy similar al observado en la tensión de rotura; donde a partir del 10 % los valores se estabilizan. Referente a la dureza Shore A, los valores crecen de forma lineal en función del porcentaje de adhesivo añadido.

El proceso de sinterizado y adhesión se suman, es decir las muestras mantienen dos tipos de unión: puentes entre partícula y partícula (sinterizada) y adhesión entre partícula y partícula mediante el adhesivo. Estas uniones se pueden observar en la Figura 6, donde se muestran diferentes micrografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).



**Figura 2.** Micrografías SEM de la superficie de rotura obtenida del ensayo de tracción del residuo de neumático adicionado con el 50 % de policloropreno: a) x50, b) x200

## CONCLUSIONES

Se ha comprobado que de los residuos de partículas trituradas de neumáticos fuera de uso, mediante el proceso de sinterizado y bajo unas condiciones de temperatura de 200 °C y una presión de 6000 kg óptimas, se puede obtener un material con unas prestaciones mecánicas aceptables, debido a que se produce una buena cohesión e interacción entre las partículas del residuo en el sinterizado.

La incorporación de adhesivos al sistema de sinterizado inicial, como se ha observado, aumenta las prestaciones mecánicas del material sinterizado, obteniéndose mayores prestaciones mecánicas con el adhesivo de policloropreno 575 bajo las condiciones de temperatura de 180 °C y 6000 kg de presión de sinterizado y bajo los contenidos de adhesivo entre 5-10 %. Finalmente se ha conseguido aumentar el comportamiento mecánico de estos residuos de neumáticos triturados mediante la técnica de sinterizado y el empleo de adhesivos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universitat Politècnica de València, dentro del programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo (UPV PAID-05-2012) para proyectos de nuevas Líneas de Investigación Multidisciplinares (Ref.: SP20120370).

Agradecer a las empresas Insaturbo y Recipneu por su colaboración en el suministro de materiales.

## REFERENCIAS

- [1] Miravete, A. et al. "Materiales compuestos I y II". INO reproducciones, Zaragoza, 2000.
- [2] Tsai, W., y Miravete de Marco, A. "Diseño y análisis de materiales compuestos". Ed. Reverté, Barcelona, 1988.
- [3] Hull, D. "Materiales Compuestos". Ed. Reverté. Barcelona 2003.
- [4] Pocius, A.V. "Adhesion and Adhesives Technology. An Introduction". Ed. Hanser, 2002.
- [5] Carter, G.F. y Paul, D.E. "Materials Science & Engineering". Ed. ASM International, 1991.

## Obtención de resinas epoxi de origen renovable a partir de aceite de semilla de algodón

A. Carbonell<sup>(1)</sup>, M.D. Samper<sup>(1)</sup>, D.Garcia-Garcia<sup>(1)</sup>, L.Sánchez-Nacher<sup>(1)</sup>, R. Balart<sup>(1)</sup>

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),  
Universidad Politécnica de Valencia (UPV),  
Plaza Ferrandiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante (España)*

### RESUMEN

El continuo aumento del precio del petróleo ha derivado en la utilización de otras formas de obtener resinas. En este trabajo se plantea la forma de obtener una resina a partir del aceite de la semilla de algodón mediante la técnica de epoxidación. El aceite de semilla de algodón contiene como ácidos grasos más representativos 52,5% ácido linoleico (C18:2), 23,9% ácido palmítico (C16:0) y 17,6% ácido oleico (C18:1) con un índice de yodo, indicativo de la cantidad de dobles enlaces de 107. El epóxido de aceite de semilla de algodón (ECSO) se consigue utilizando peróxido de hidrógeno, ácido acético y ácido sulfúrico, manteniendo una temperatura de 70°C y agitación constante del reactor, consiguiéndose un contenido de oxígeno oxiránico de 4,15% con un ratio de peróxido de 1,5 y de 5,32% doblando el ratio de peróxido, frente al teórico que es 6,4%. Una vez obtenido el epóxido se procedió a caracterizarlo y curarlo con diferentes endurecedores que aportan en unos casos ductilidad y en otros fragilidad como son el “Dodecenylsuccinic anhydride” (DDSA) y “methyl nadic anhydride” (MNA) respectivamente, realizando caracterizaciones térmicas como propiedades dieléctricas, tiempo de gel, análisis mecánico dinámico (DMA), calorimetría diferencial de barrido (DSC) y caracterizaciones mecánicas. Resaltando como resultados relevantes los conseguidos en el ensayo de flexión de 141 Mpa para la resina curada con MNA frente a los 29 Mpa con DDSA.

### INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de intentar sustituir los materiales poliméricos de origen petroquímico, se están intentando encontrar otras formas de obtener productos derivados del petróleo a partir de aceites vegetales [1]. En la actualidad se pueden epoxidar muchos tipos de aceites como aceite de girasol, trigo, pescado, cártamo [2,3]. Los aceites vegetales con altos contenidos de ácidos grasos como ácido linoleico, palmítico y oleico pueden ser utilizados para conseguir grupos epóxidos.

La epoxidación de ácidos grasos es una reacción de un doble enlace carbono-carbono con oxígeno activo, lo que da como resultado la adición de un átomo de oxígeno, que convierte el doble enlace original en un anillo de epóxido de tres miembros (oxirano) [4].

Los aceites epoxidados pueden utilizarse como plastificantes del PVC, como resinas termoestables, materiales compuestos y estabilizadores de plásticos. Las resinas han sido curadas con 2 anhídridos que actúan como endurecedores: DDSA y MNA, caracterizándolas para comparar sus propiedades.

## EXPERIMENTAL

El material epoxidado ha sido aceite de semilla de algodón suministrado por Sigma Aldrich. Para llevar a cabo la epoxidación se utilizó un equipo como el de la Figura 1, en el que se introdujeron 200 ml de aceite de semilla de algodón con 19,7 ml de ácido acético (99,7%), ambos suministrados por Sigma Aldrich. Como oxidante se introducen 192 ml de Peróxido (30% p/v) y 1,53 ml de ácido sulfúrico (96%), ambos facilitados por Panreac. Para el curado de la resina se recurrió a dos endurecedores denominados MNA y DDSA, suministrados por Sigma Aldrich, con 1% de glicerol que actuó como iniciador del curado y un 2% de acelerador de la reacción denominado 1-methyl imidazole. La temperatura de trabajo fue de 70°C durante 8h con el inconveniente de mantener esta temperatura cuando se incorporó el peróxido, incluso tras una adición gota a gota, con lo que se recurrió a la introducción de nitrógeno mientras se incorporaba el peróxido para evitar la brusca reacción exotérmica.



**Figura 1.** Equipo epoxidación

La resina de semilla de algodón se procedió a caracterizarla tanto en estado líquido como curada en probetas en un molde de silicona (figura 2), pero siempre usando como endurecedores MNA y DDSA. El tiempo de curado fue de 3 horas a 110°C modificando los porcentajes de endurecedor como se observa en la tabla 1.



**Figura 2.** Curado de la resina de semilla de algodón con diferentes % de MNA y DDSA en molde de silicona.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

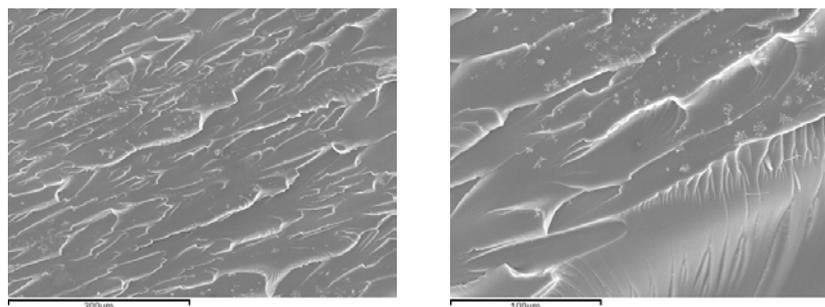
La tabla 1 muestra los resultados obtenidos del módulo de flexión de la resina curada en el molde de silicona. Se aprecia como el material curado con DDSA presenta un módulo de flexión de 29 Mpa, siendo lo esperado ya que este endurecedor proporciona peores propiedades mecánicas que el MNA por la longitud de sus cadenas. Con porcentajes combinados de MNA y DDSA se consiguen unos mejores resultados que el curado 1 pero sin llegar a los 141 Mpa conseguidos con el curado 5 (solamente con MNA como endurecedor). Lo comentado anteriormente se corrobora con las imágenes del SEM obtenidas sobre la superficie de fractura de las probetas de la resina curada 1, 3 y 5 a diferentes aumentos.

**Tabla 1.** Porcentaje de endurecedor para cada curado y comparativa del módulo de flexión y resistencia al impacto.

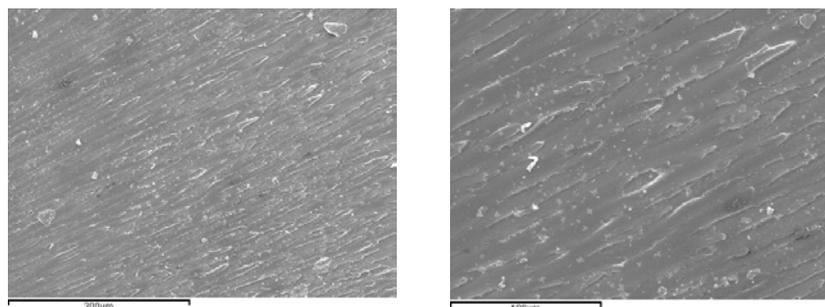
Curado	DDSA (%)	MNA (%)	Modulo Flexión (Mpa)	Fuerza Max Flexion (N)	Resist Impacto (KJ/m <sup>2</sup> )
1	100	0	29	8,20	6,75
2	75	25	67	14,9	13,5
3	50	50	52	12,5	13,75
4	25	75	49.5	10,5	16,25
5	0	100	141	22,8	20,25

De forma general, los bajos valores de energía absorbida en el impacto son debidos al comportamiento frágil de las resinas estudiadas. Las superficies de fractura obtenidas en el ensayo de impacto muestran dos tipos de morfologías de rotura. Una de ellas se caracteriza por presentar un aspecto irregular y rugoso, con formaciones de frentes de grieta en forma de olas o redondeados, figura 3. Este tipo de morfología corresponde a muestras con baja resistencia al impacto o baja resiliencia (6,75kJ/m<sup>2</sup>), concretamente al material curado con 100% DDSA que también presenta baja resistencia a flexión. El segundo tipo de morfologías de la superficie de rotura se caracteriza por presentar un aspecto más homogéneo y uniforme. Los frentes de grieta presentan un marcado paralelismo, con crestas muy finas y rectilíneas, figura 5. Este tipo de morfología corresponde a resinas con mayor respuesta frente al impacto (20.25kJ/m<sup>2</sup>) que han sido curadas con 100% MNA y que además presenta muy buen comportamiento frente a flexión.

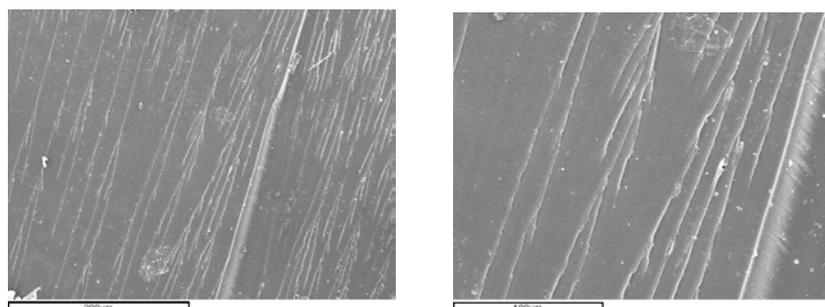
Para las resinas obtenidas con mezclas intermedias de endurecedores MNA y DDSA, las morfologías de las fracturas obtenidas por impacto presentan topografías intermedias a las dos anteriores como se observa en la Figura 4, y que corresponden a comportamientos medios de resistencia a impacto y a flexión, como se ha visto anteriormente.



**Figura 3.** Micrografía SEM correspondiente al curado con 100% DDSA a 200x y 500x.



**Figura 4.** Micrografía SEM correspondiente al curado 50% DDSA y 50% MNA a 200x y 500x.



**Figura 5.** Micrografía SEM correspondiente al curado con 100% MNA a 200x y 500x.

## CONCLUSIONES

Las epoxidación del aceite de semilla de algodón ha sido un éxito. En cuanto al curado se ha observado que solamente con MNA se consiguen las mejores propiedades mecánicas quedando bien justificado al observar la diferente estructura de los endurecedores empleados y de la micrografía SEM.

## REFERENCIAS

- [1] Goud, V.V., y al., "Epoxidation of Jatropha (*Jatropha curcas*) oil by peroxyacids", *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 5(2), 346-354 (2010).
- [2] Marks, D.W. y Larock R.C., "The conjugation and epoxidation of fish oil", *Journal of the American Oil Chemists Society*, 79(1), 65-68 (2002).
- [3] Boyaca, L.A. y Beltran A.A., "Soybean epoxide production with in situ peracetic acid using homogeneous catalysis", *Ingeniería E Investigación*, 30(1), 136-140 (2010).
- [4] Gamage, P.K., O'Brien M. y Karunanayake L., "Epoxidation of some vegetable oils and their hydrolysed products with peroxyformic acid – optimize", *J.Natn.Sci.Foundation Sri Lanka*, 37(4), 229-240 (2009).

## Propiedades mecánicas y vibratorias de mortero de cemento con reciclado de neumático

A. Nadal Gisbert<sup>(1)</sup>, J.M. Gadea Borrell<sup>(2)</sup>, F. Parres García<sup>(1)</sup>, E. Juliá Sanchis<sup>(2)</sup>, J.E. Crespo Amorós<sup>(1)</sup>, J. Segura Alcaraz<sup>(2)</sup>

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales*

*Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València.*

*Plaza de Ferrándiz y Carbonell, s/n. 03801 – Alcoy (Alicante)*

*e-mail: anadal@mcm.upv.es; jocrean@dimmm.upv.es; fraparga@dimmm.upv.es*

*(2) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras*

*Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València.*

*Plaza de Ferrándiz y Carbonell, s/n. 03801 – Alcoy (Alicante)*

*e-mail: jmgadea@mes.upv.es; erjusan@mes.upv.es; jsegura@mcm.upv.es*

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar las propiedades mecánicas estáticas y dinámicas del mortero de cemento con distintas proporciones y granulometrías de reciclado de neumático en forma de caucho.

El mortero de cemento es un material de alta rigidez. Para reducir esta rigidez se pueden añadir partículas recicladas de neumático en mayor o menor proporción. En este trabajo se presenta un estudio en el que se determina el módulo de Young de distintos materiales obtenidos de la incorporación de distintas proporciones de granos de reciclado de EPDMCR a un mortero normalizado de cemento. La determinación del Módulo de Young se realiza mediante dos técnicas diferentes. La primera se basa en un ensayo estático de determinación de la flecha a flexión. Y la segunda mediante la determinación de la velocidad de transmisión del sonido a lo largo de la probeta. Asimismo se obtendrá el ratio de amortiguamiento de cada probeta.

### INTRODUCCIÓN

Un gran número de estructuras se construyen con hormigón, material con una alta rigidez. Las consecuencias de esta rigidez no siempre son positivas, ya que el aislamiento acústico, o la absorción de energía frente al impacto, no suelen ser adecuados. La adición de caucho (o fibras) es una técnica empleada para reducir su rigidez. Con ello se modifica el comportamiento vibratorio de la estructura, intentando que se adecúe a una aplicación concreta, o a los requisitos acústicos que actualmente la normativa sobre edificación ha endurecido significativamente [1].

Actualmente el uso del caucho proveniente del reciclado de neumáticos se ha incrementado muchísimo. Las grandes cantidades de este material contaminante generadas en el mundo y el interés en resolver un grave problema medioambiental, han originado investigaciones para promover su uso en diferentes aplicaciones [2], [3]. La utilización de estos materiales compuestos puede ser adecuada para incrementar el aislamiento tanto acústico como térmico

Por la importancia del Módulo de Young y dada la dispersión de resultados encontrada en la literatura técnica, se han utilizado dos métodos para su determinación, uno estático y otro dinámico, cotejándose los resultados obtenidos.

Los resultados del Módulo de Young en cada método experimental suelen diferir de manera significativa, sobre todo entre los métodos dinámicos y estáticos. Aunque A. Malaikah y otros [4] no incluyen partículas de caucho en sus investigaciones, es interesante su análisis de distintas muestras de hormigón en masa y hormigón armado, al observar variaciones de poco

más del 5% entre el valor experimental del módulo de Young determinado estáticamente y el determinado con métodos dinámicos.

En cuanto a la medida del módulo de elasticidad mediante ultrasonidos E. Ohdaira y N. Masuzawa [5] estudian la influencia del porcentaje de humedad en la velocidad de propagación del pulso ultrasónico y la frecuencia, comprobando que un incremento del % de agua, supone un incremento en la velocidad y también en la frecuencia de propagación. C. Albano, N. Camacho [6] comprobaron la baja influencia que en los resultados de la velocidad de propagación ultrasónica tenían tanto la granulometría empleada como la presencia de interfaces.

Por último un artículo a tener en cuenta, por ser reciente y revisar parte de las investigaciones realizadas hasta el momento sobre la adicción de reciclados de caucho de neumático al hormigón es el que escriben K.B. Najim y Matthew R. Hall [7].

## EXPERIMENTAL

### Materiales.

Para la elaboración de muestras de mortero reforzado con goma reciclada EPDMGR (Ground Rubber from EPDM elastomer), se ha utilizado cemento CEM I 52,5R, arena normalizada, dos tipos de granulometría de EPDMGR y la proporción agua cemento A/C = 0.5, según especifica la Norma EN 196-1 "Methods of testing cement. Part 1. Determination of Strength". Los porcentajes utilizados en peso de EPDMGR varían entre 10 y 40% en peso y siempre se utilizan sustituyendo el peso equivalente de arena, dado que estas granulometrías se encuentran dentro del concepto de árido fino. El producto fue suministrado por la empresa Cauchos Verdú S.L. (Alcoy-Spain) y proviene del triturado de juntas de estanqueidad en desuso. El proceso de triturado se llevó a cabo en la Empresa Insaturbo (Aspe-Spain) y el triturado fue no criogénico.

### Muestras

Se emplearon muestras de 40x40x600 para el ensayo de las propiedades a flexión, según especifica la Norma EN 196-1. Con estas muestras se determinó el módulo de elasticidad con dos métodos, uno estático y otro mediante ultrasonidos.

Las muestras se entumecieron bajo agua durante un mes y se dejaron secar durante 48 horas en el laboratorio a una temperatura constante de 23 °C y una humedad del 42%. Después de estas condiciones de curado y secado, deben ser consideradas con un contenido mínimo de agua, evitando así la influencia de ésta en los resultados obtenidos. En la tabla 1 se indican las proporciones granulometría y densidades de las muestras.

**Tabla 1.** Composición y densidades del material utilizado

Material, tipo y porcentaje de caucho	Densidad en kg/m <sup>3</sup>	Material, tipo y porcentaje de caucho	Densidad en kg/m <sup>3</sup>
Mortero cemento	1965	10% fino	1735
10% grueso	1775	15% fino	1545
20% grueso	1696	30% fino	1390
30% grueso	1630	40 % fino	1320
40% grueso	1625	10% fino	1731

### Montajes experimentales

El módulo de Young estático se ha determinado a flexión. El montaje consiste en una viga simplemente apoyada en sus extremos a la que se aplica una carga central, y se determina la flecha en ese mismo punto.

La determinación del módulo elástico mediante ultrasonidos se realizó utilizando las muestras de 600 mm de longitud, el equipo MATEST C372N y palpadores de 54 Hz. empleando la norma EN 120504 "Testing Concrete. Part 4. Determination of ultrasonic pulse velocity".

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra la variación de la densidad con el porcentaje en peso de EPDMGR. Los porcentajes en peso analizados han sido 10, 20, 30 y 40%. Las densidades obtenidas con el grano fino, han sido ligeramente inferiores a las obtenidas con el grano grueso. Dado que los porcentajes en peso han sido los mismos, la mayor ligereza puede ser debida a la inclusión de un mayor porcentaje de aire, en el proceso de mezcla.

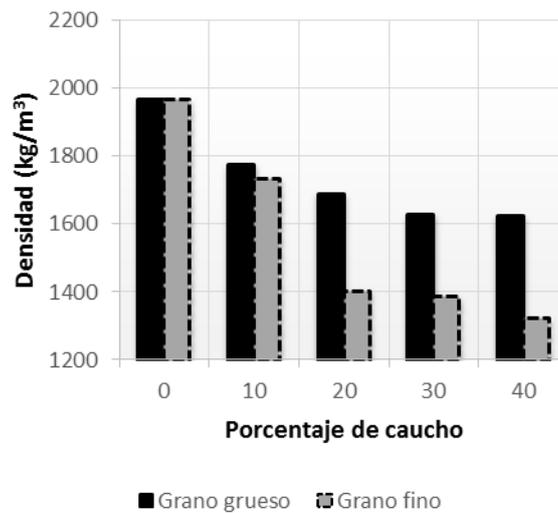


Figura 1. Relación entre el porcentaje de grano y densidad

En las figuras 2 y 3 se muestran dos gráficas en las que se expresa la relación entre el porcentaje de caucho y los módulos de elasticidad para los dos tipos de granulometría.

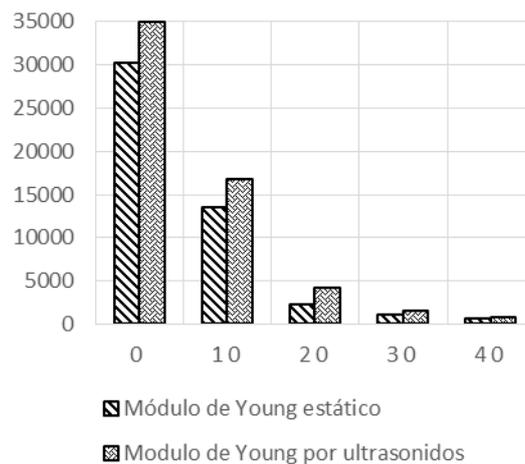
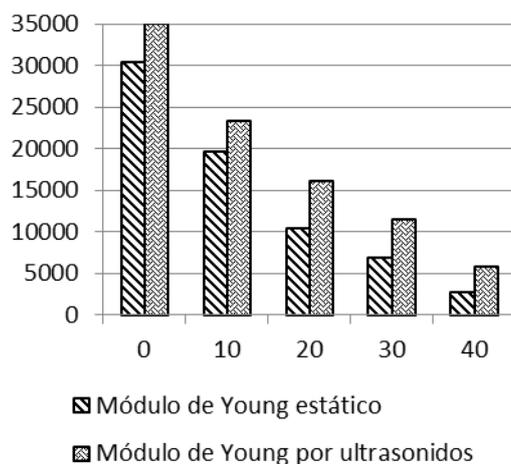


Figura 2. Módulos de Young para grano fino



**Figura 3.** A la izquierda para grano fino y a la derecha grano grueso

## CONCLUSIONES

La densidad del mortero con grano grueso es mayor, hecho este consecuente con la mayor superficie en la interfase de contacto entre el mortero y el grano fino lo que provoca un mayor contenido de aire ocluido. Este aspecto provoca que los módulos elásticos sean superiores para la granulometría gruesa.

En cuanto a la diferencia entre los valores obtenidos por cada método utilizado, destacar que la tendencia entre ambos es en cierto grado homologable, a pesar de la gran diferencia intrínseca de los dos métodos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo de INSATURBO SA (situada en Aspe, Alicante) y la Sra. Vanesa García Sánchez (Junior Ingeniero de Fábrica).

## REFERENCIAS

- [1] Código Técnico de la Edificación, CTE. DB-HR "Protección frente al ruido". Ministerio de la Vivienda de España (2006).
- [2] Chang Ni-Bin B. *Journal of Environmental Management*, 86, 435-450, (2008)
- [3] Sienkiewicz M. et al. *Progress in used tyres management in the European Union: A review. Waste Management*, 32, 1742-175 (2012)
- [4] Ala Malaikah, Khalid Al-Saif and Rajeh Al-Zaid. Prediction of the dynamic modulus of elasticity of concrete under different loading conditions. International Conference on Concrete Engineering and Technology, Universiti Malaya (2004)
- [5] Ohdaira, E. y Masuzawa, N. *Ultrasonics* 38, 546-552 (2000)
- [6] Albano, C., Camacho, N., *Composite Structures*, 71, 439-446, (2005)
- [7] Najim, K.B.; Hall, M.R. A review of the fresh/hardened properties and applications for plain-(PRC) and self-compacting rubberised concrete (SCRC). *Construction and Building Materials*, 24, 2043-2051 (2010).

## Color y música. Concordancia de la luminosidad del color con la intensidad de notas musicales.

**J. Pérez Fuster<sup>(1)</sup>, E.J. Gilabert<sup>(2)</sup>, F. Martínez Verdú<sup>(3)</sup>,  
P. Miró i Martínez<sup>(4)</sup>, J.M. Mateo Gómez<sup>(5)</sup>**

(1) Dpto. de Ingeniería Gráfica

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy (Alicante)*

E-mail: jperez@upv.es

(2) Dpto. de Ingeniería Textil y Papelera,

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante (Alicante)*

(3) Dpto. de Óptica Farmacología y Anatomía

*Universidad de Alicante.*

*Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690 Alicante*

(4) Dpto. de Estadística e Investigación Operativa Aplicada y Calidad,

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, (Alicante)*

(5) Área de Sistemas de Información y Comunicaciones,

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València  
Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, (Alicante)*

### RESUMEN

En el presente trabajo se buscó el grado de concordancia entre la claridad del color y la intensidad de sonido de notas musicales. Se preparó un test con un grupo de cuestiones que relacionaban sucesiones de color de distinta claridad y con el mismo tono y croma con sucesiones de notas musicales del mismo tono y volumen variable, emitidas por el mismo instrumento. Las series de colores utilizadas se obtuvieron del sistema de ordenación de color Munsell y las notas musicales utilizadas fueron obtenidas de la serie armónica natural de la nota tónica. El test se ubicó en <http://clapton.alc.upv.es/jperez/> y se solicitó la participación de observadores. Los resultados se analizaron estadísticamente y se obtuvo que existe una mayor tendencia a relacionar la mayor intensidad de sonido con la mayor cantidad de color (menor luminosidad del color).

### INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores se propuso la relación ente las dimensiones físicas del color (tono, claridad y croma) con las dimensiones físicas del sonido (altura, volumen y timbre) obteniéndose una relación matemática entre tono de color y altura de sonido [1], una ordenación de pureza en el sonido musical [2] y una concordancia entre tonos de color y notas musicales, así como una concordancia entre croma de color y timbre de instrumentos musicales [3].

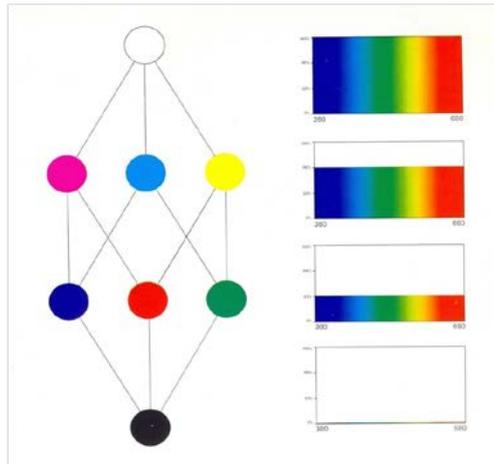
El objetivo de este estudio es obtener un propuesta de concordancia entre la variación de *value* (en series de colores del mismo *hue* y *chroma*) y la variación de la intensidad sonora de una nota musical emitida por un mismo instrumento musical.

**CONSIDERACIONES PREVIAS**

Un color más claro o luminoso se percibe más cercano que el mismo color más oscuro. En grafismo, al representar un volumen se utiliza el claro-oscuro para transmitir el efecto de cercanía sobre una superficie plana (Figura 1). La suma de mayor número de  $\lambda$  emitidas se compone en luz blanca (Figura 2) [4]; de esta forma percibimos con mayor claridad (casi el blanco) las zonas de superficie de los objetos iluminados más cercanos al observador.



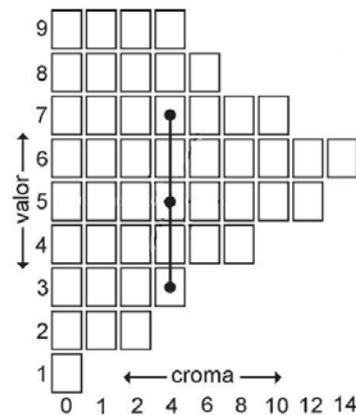
**Figura 1.** Madona amamantando a su hijo. Miguel Angel.



**Figura 2.** Romboedro de Küppers.

Para dos instrumentos musicales y un observador situado a la misma distancia de ambos, se percibe como más cercano aquel instrumento con mayor intensidad de volumen. Así, tanto la vista como el oído perciben como más cercano aquello que refleja, emite o transmite la luz o el sonido con mayor intensidad.

Para el estudio o análisis de la relación entre la variación de *value* de tonos de color y la intensidad (volumen) de notas musicales se han utilizado colores con el mismo *hue* y *chroma* (Figura 3).



**Figura 3.** Posiciones de variaciones de *value* para un mismo *hue* y *chroma*.

**PROCEDIMIENTO**

Para el test relativo a la concordancia entre la variación del *value* y la variación de la intensidad sonora de una nota musical se utilizó un tono de color de  $\lambda$  larga, media y alta; y un tono acromático. Los instrumentos musicales relacionados se escogieron, en cuanto a tesitura y timbre, según las concordancias obtenidas en estudios anteriores [2], para el color acromático se utilizó un instrumento de percusión.

Se construyeron cuatro series de colores con disminución de claridad y se relacionaron con dos series de notas musicales con aumento o disminución de volumen.

Para la variación de luminosidad en escala acromática se ha considerado el sonido del tambor. Siendo que se trata de un instrumento de percusión el cual no emite ninguna nota musical concreta, no se puede relacionar con ningún tono de color. Para esta relación se han utilizado tres valores de la escala de grises (Figura 4).



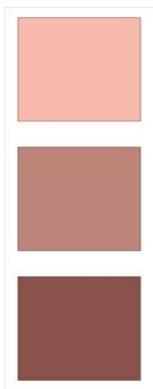
**Figura 4.** Colores acromáticos con variación de *value*.

Para los tonos de  $\lambda$  largas se escogió el color rojo con un *chroma* de 5 ya que el piano tiene un timbre concordante con un *chroma* entre 5 y 6 [3]. Los valores de R,G,B para tres variaciones de *value* se exponen en la tabla 1. Los colores concordantes con las notas C3 emitidas por el piano a distinta intensidad se representan en la figura 5.

**Tabla 1.** Datos relativos a sonido y color para C3 y 8.00R 8/5, 6/5 y 4/5.

SONIDO	COLOR												
	Colores teóricos							Colores ajustados					
	$f$ (Hz)	$\lambda$ (nm)	$\lambda$ (nm)	R, G, B	Munsell			Munsell			R,G,B		
					Hue	Value	Chroma	Hue	Value	Chroma	R	G	B
C3	130,813	2,599	647	255,0,0	7.96R	5,16	20,47	8.00R	8	5	247	186	173
C3	130,813	2,599	647	255,0,0	7.96R	5,16	20,47	8.00R	6	5	190	134	123
C3	130,813	2,599	647	255,0,0	7.96R	5,16	20,47	8.00R	4	5	137	82	75

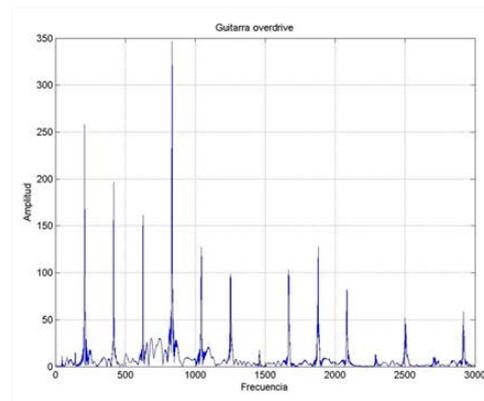
Para los tonos de  $\lambda$  medias se escogió el tono amarillo (Figura 6). En este caso fue la guitarra eléctrica con efecto *overdrive* (Figura 7) quien sonó concordante con el color.



**Figura 5.** Color 8R 4/5, 8R 6/5 y 8R 8/5.



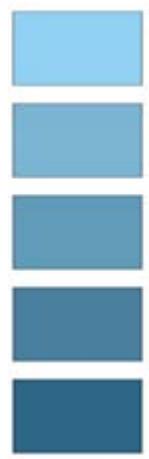
**Figura 6.** Color 4Y con variación de *Value*.



**Figura 7.** Espectro de guitarra eléctrica.

Para la variación de luminosidad de  $\lambda$  altas se ha considerado el tono azul. En este caso se relaciona la variación de volumen de la nota F6# emitida por el piano con su correspondiente tono de color con variaciones de *value*. La correspondencia entre el color azul y su nota musical concordante fue la obtenida en estudios anteriores [1]. Los colores a concordar con la nota F6# emitida por el piano con aumento paulatino de volumen son 10.00B 8/6, 10.00B 7/6, 10.00B 6/6, 10.00B 5/6 y 10B 4/6 (Figura 8).

La puesta en marcha del test, para su uso por internet, se realizó en programación HTML-PHP. Se ubicó en <http://clapton.alc.upv.es/jperez/> y se solicitó la participación de observadores, quienes escogían su mejor combinación sensitiva entre series de colores y series de notas musicales. Los resultados se recogieron en base de datos SQLITE y analizados posteriormente mediante la utilización del programa de cálculo Microsoft Office Excel.



**Figura 8.** Colores 10B 8/6, 7/6, 6/6, 5/6 y 4/6.

## RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 93 encuestas. Siendo que para este grupo de cuestiones no hay un cambio de tono en los colores utilizados, se ha contado con la opinión del 100% de los participantes. El 78% para la serie acromática, el 78% para la serie de rojos, el 67 % para la serie de amarillos y el 60 % para la serie de azules relacionaron la mayor intensidad de sonido con la mayor cantidad de color.

## CONCLUSIONES

Del resultado obtenido se puede deducir que la asociación entre mayor intensidad de volumen con mayor cantidad de color (menor luminosidad) deriva de la sensación de peso; lo cual es más propio para los colores superficie que para los colores luz.

## REFERENCIAS

- [1] Joaquín Pérez, Eduardo J. Gilabert, "Color y música: Relaciones físicas entre tonos de color y notas musicales", *Óptica Pura y Aplicada*, No. 43 (4), pág. 267-274 (2010).
- [2] Joaquín Pérez, Eduardo J. Gilabert, "Contaminación acústica en la armonía musical. Caso práctico: violonchelo vs fagot", *actas del VII Congreso. La investigación ante la sociedad del conocimiento: Sostenibilidad y medioambiente*, pág. 115-118 (2011).
- [3] Pérez Fuster, Joaquín; Gilabert Pérez, Eduardo J; Martínez Verdú, Francisco; Miró i Martínez, Pau; Mateo Gómez, Juan Manuel, "Color y música: Análisis de las sensaciones perceptivas entre estímulos visuales y auditivos", *actas del X Congreso Nacional de Color*, pág. 592-596. Valencia, 26-27-28 junio 2013.
- [4] Harald Küppers, "Color", 1ª edición, (Editorial Lectura, Caracas, 1973)

## Estudio de la miscibilidad de polímeros a través del análisis de la fractura.

**M.A. Peydró, F. Parres, R. Navarro, J. E. Crespo**

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,  
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de Valencia  
Plaza Ferrandiz y carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

### RESUMEN

La miscibilidad entre materiales es un campo de la ciencia de gran importancia ya que estos estudios en metales han permitido conseguir las diversas aleaciones que se utilizan a nivel industrial. Estos estudios se han trasladado al campo de los polímeros y existen múltiples estudios que tratan de ello, donde se utilizan técnicas analíticas de diversa sensibilidad para evaluar los efectos en las propiedades mecánicas, térmicas, reológicas de dichas mezclas.

Por otro lado, la mecánica de la fractura es aquella parte de la ciencia de los materiales que analiza la superficie de fractura con el fin de vincular dicha superficie a unas condiciones de tensión y tipo de esfuerzo. Estos estudios se han aplicado enormemente en los materiales metálicos, siendo en menor número los que se pueden encontrar respecto materiales poliméricos.

La información que puede aportar el estudio de las superficies de fractura solo poseen carácter cualitativo y no cuantitativo, pero la presencia de zonas lisas, rugosidades, desgarros y otros fenómenos permiten acotar las causas que han podido provocar dichas morfologías superficiales.

### INTRODUCCIÓN

La miscibilidad de polímeros es un tema ampliamente estudiado y analizado por múltiples autores (buscar). La mayoría de estos estudios tienen su origen en los procesos de recuperación y revalorización de residuos poliméricos, donde en el propio proceso aparecen diversos materiales mezclados.

Otros estudios tienen como objetivo la mejora de propiedades, tal y como se puede observar en la mezcla de materiales metálicos (aleaciones); donde la mezcla final ofrece mejores propiedades que los materiales base utilizados. Este campo ha llegado a ser de elevado interés y se han desarrollado modelos matemáticos con el fin de poder predecir el comportamiento de las mezclas binarias de material polimérico [1].

En general, estos estudios se centran en la variación de propiedades del sistema binario formado, bien sean propiedades mecánicas, térmicas, reológicas,... además en muchos de ellos se puede observar la existencia de micrografías mediante el uso de microscopía electrónica de barrido (SEM) las cuales permiten conocer la interacción de las fases generadas durante el proceso de mezclado [2-3].

Tomando como referencia las superficies de rotura obtenidas tras ensayar los materiales vírgenes es posible conocer la miscibilidad de una mezcla de material

polimérico mediante la comparación de dichas superficies. La interacción entre materiales tendrá como resultado superficies similares a las obtenidas con los materiales base, en cambio, la falta de interacción conllevará la generación de superficies de fractura de carácter frágil.

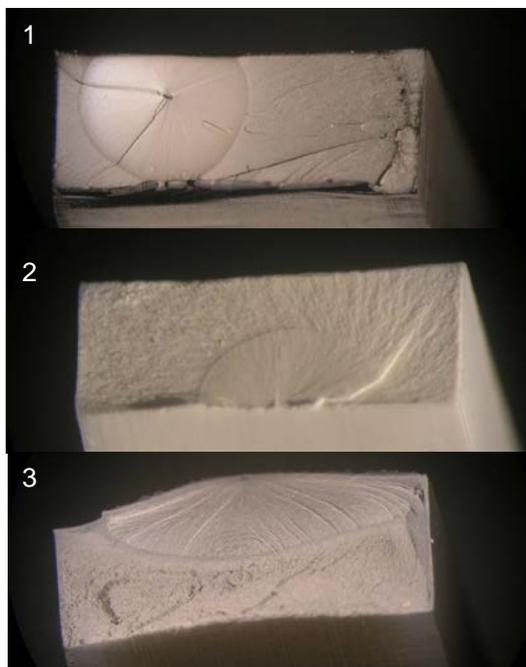
## EXPERIMENTAL

### Técnicas empleadas

La adquisición de las imágenes se ha llevado a cabo mediante el uso de un Microscopio Estereoscópico de Olympus modelo SZX7 Zoom, sobre muestras de HIPS (PS Impact 6541; Total petrochemical, Belgium), ABS (Terluran® GP22, BASF, Germany), and SEBS (Megol®, Applicazioni Plastiche Industriali, Italy)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

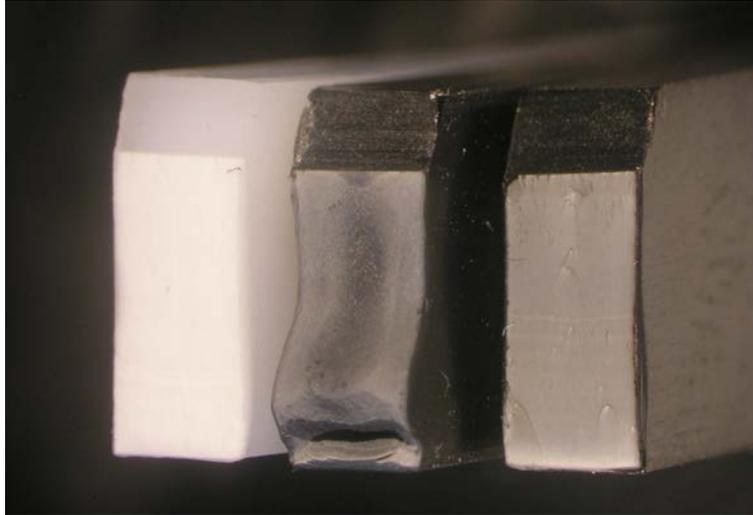
La observación de la superficie de esta mezcla binaria (50% ABS – 50% HIPS) no presenta grandes diferencias respecto los materiales base, ABS y HIPS. En este caso, se observan al igual que en el ABS y el HIPS dos zonas claramente diferenciadas. Aunque si se analiza la superficie con detalle sí que se observa una diferencia significativa, en este caso, la primera zona de rotura aparece con cierto ángulo respecto la de la normal de la superficie final de rotura; en cambio, la segunda zona aparece de nuevo perpendicular a la aplicación de los esfuerzos (Figura 1). Este cambio en la superficie de rotura es indicativo de cambios en el comportamiento de la mezcla.



**Figura 1.** Macrografía de las superficies de fractura del ABS (1), el HIPS (2), y la mezcla binaria del 50% de ABS – HIPS (3) tras el ensayo de tracción.

Este cambio en la superficie de rotura es indicativo de cambios en el comportamiento de la mezcla, de hecho si se analiza las superficies obtenidas tras la realización del

ensayo de impacto se observa como la grieta avanza linealmente para el caso del ABS y el HIPS; en cambio, la mezcla binaria presenta una superficie con cambios de dirección de la grieta e incluso una mayor rugosidad en la parte final del proceso de rotura (Figura 2).



**Figura 2.** Macrografía de la superficie de fractura de las muestras tras sufrir el impacto. De izquierda a derecha, HIPS, mezcla binaria de ABS – HIPS (50%), ABS.

Tras la visualización de las superficies de rotura puede plantearse la siguiente hipótesis: la similitud entre las superficies de rotura cuando están sometidas a esfuerzos de tracción (baja velocidad de aplicación de cargas) son muy semejantes y por ello no van a suponer grandes diferencias en las propiedades obtenidas con este tipo de ensayo; por el contrario, las diferencias en las superficies de impacto son indicativas de grandes diferencias en los valores de resiliencia.

Los valores de la caracterización mecánica de las muestras ensayadas corroboran la hipótesis planteada, donde todo parece indicar cierta interacción entre el ABS y el HIPS cuando los esfuerzos son aplicados a baja velocidad (tracción).

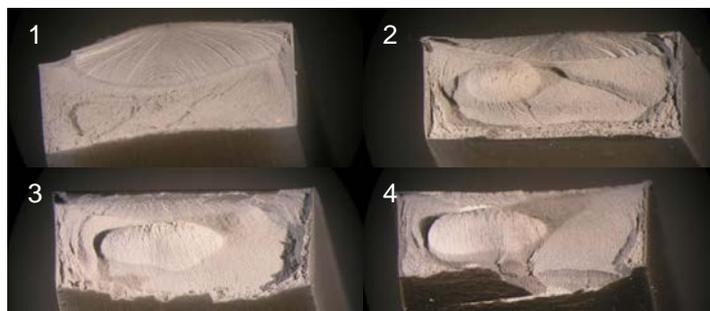
En cambio la aplicación de esfuerzos a alta velocidad (impacto) la interacción de ambos materiales es bajas y los valores de la resiliencia caen estrepitosamente, siendo incluso más bajos que los obtenidos con el HIPS virgen.

**Tabla 1.** Valores de la caracterización mecánica del ABS, HIPS y la mezcla binaria del 50%.

	<b>ABS</b>	<b>50% ABS – 50% HIPS</b>	<b>HIPS</b>
<b>Tensión de Rotura, MPa</b>	42	27	19
<b>Alargamiento, %</b>	10.5	8	16
<b>Resiliencia, kJ m<sup>-2</sup></b>	22	5	9

La incompatibilidad de materiales poliméricos es subsanada por la adición de agentes compatibilizadores que actúan como nexo de unión entre las fases incompatibles [4]; en algunas ocasiones es la adición de un tercer polímero el que actúa como agente compatibilizante. Dada la pérdida de resiliencia observada en la mezcla binaria ABS – HIPS se añaden diferentes porcentajes de un termoplástico elástico (TPE) que sea capaz de aportar tenacidad a la mezcla binaria de ABS – HIPS.

La adición de SEBS a la mezcla binaria provoca cambios importantes en la superficie de rotura. La incorporación de SEBS provoca la aparición de un pequeño montículo en la parte central, el cual se hace más acusado a medida que el porcentaje de SEBS aumenta indicando una mayor deformación plástica y por lo tanto, una mayor capacidad de absorción de energía (Figura 3).



**Figura 3.** Macrografía de las superficies de fractura: 1, mezcla binaria (ABS – HIPS); 2, muestra con un 10% de SEBS; 3, muestra con un 20% de SEBS; 4, muestra con un 30% de SEBS.

## CONCLUSIONES

El estudio de las superficies de fractura es una de las ramas de la ciencia de mayor dificultad ya que en ella se propone vincular la morfología de la superficie con las causas que han provocado dicha superficie de fractura.

La miscibilidad, entendida como capacidad de mezcla que poseen dos materiales, puede ser observada a través de la comparativa entre los materiales base y la mezcla obtenida mediante cambios significativos en la superficie generada tras el proceso de rotura. Este proceso puede variar en función del tipo de esfuerzo aplicado y de la velocidad con la que se han aplicado.

A priori, los resultados indican cierto grado de interacción entre el ABS y el HIPS cuando la velocidad de aplicación de cargas es bajas (tracción), en cambio, la interacción se pierde a medida que la velocidad aumenta (impacto). Por otro lado, las mezclas ternarias presentan una tendencia a fenómenos de deformación plástica mucho más característicos del comportamiento de polímeros dúctiles con fluencia.

## REFERENCIAS

- [1] Shen, J., Wang, M., Li, J., Guo, S., Xu, S., Zhang, Y., Li, T., Wen, M., *European Polymer Journal* 45:11 3269-3281 (2009).
- [2] Malas, A., Pal, P., Das, C.K., *Materials in Engineering*, 55, 664 -673 (2014)
- [3] Boondamnoen, O., Rashid, A.A., Chayjuljit, S., Ohshima, M., Ariffin, A., *Journal of Elastomers and Plastics* 45:6, 523-535 (2013)
- [4] Yoo, S.J., Lee, S.H., Jeon, M., Lee, H.S., Kim, W.N., *Macromolecular Research* 21:11, 1182-1187 (2013)

## Investigación de materiales compuestos de matriz elastomérica para su aplicación en muros contra impactos

**F. J. López, S. Espinosa, A.V. Nadal, J. E. Crespo**

*Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales.*

*Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA), Universitat Politècnica de València (UPV)*

*Plaza Ferrándiz y Carbonell, s/n 03801 - Alcoy (Alicante)*

### RESUMEN

En el presente trabajo se investiga la posibilidad de elaborar productos resistentes contra impactos de proyectil y explosivos a partir de GTR (Ground Tire Rubber) , CTR (Crumb Tire Rubber) y hormigón armado. Se han elaborado productos de estos materiales mediante sinterizado, con diferente granulometría. La simulación se ha realizado con los productos obtenidos mediante sinterizado de GTR y CTR.

### INTRODUCCIÓN

Nuestro trabajo se centra en el análisis de la posibilidad de emplear, en productos de mayor valor añadido, los productos provenientes del triturado de neumáticos y en concreto la parte de naturaleza elastomérica. Este trabajo es continuación del trabajo presentado en IV Congreso “La investigación ante la sociedad del conocimiento”. Sostenibilidad y medioambiente en su IV edición [1]. Intentando ahora buscar una nueva aplicación para el residuo GTR (Ground Tire Rubber) y CTR (Crumb Tire Rubber). La generación de productos de mayor valor añadido, sigue siendo escasa, a pesar del esfuerzo investigador en caracterizar este producto [2-3-4] para su utilización en diferentes sectores.

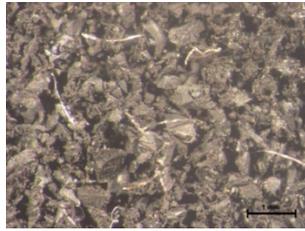
Así pues el objetivo final del estudio es la elaboración de materiales resistentes al impacto de proyectiles utilizando materiales reciclados CTR y GTR, creando un material elastomérico, mejorando las características de los muros anti-impacto, disminuyendo el espesor y el peso de los muros tradicionales, así como emplear estos materiales como absorbentes, también de explosiones, mediante el rebote y absorción de la onda expansiva.

Se plantea además la utilización de simulación mediante el programa de cálculo de elementos finitos Ansys. Para ello hemos seguido el artículo Numerical prediction of penetration into reinforced concrete using a combined grid based and meshless lagrangian approach [5] en el cual se calcula con Ansys un impacto sobre un muro de hormigón. Por otro lado en el artículo Numerical simulation of structural deformation under shock and impact loads using a coupled multi-solver approach [6] se comprueba que el uso del software Ansys se adapta al modelo físico del impacto de un proyectil.

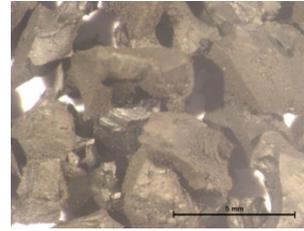
### MATERIALES Y PROCESOS

Los materiales utilizados en este estudio son por un lado materiales de naturaleza elastomérica procedente del triturado de neumáticos fuera de uso, NFUs. Estos productos son denominados GTR y CTR, dependiendo de su granulometría, siendo

GTR la granulometría 2.2-4 mm y CTR la granulometría Hasta 0.7 mm. figura 1 y figura 2.



**Figura 1.** GTR granulometría hasta 0.7mm.



**Figura 2.** CTR granulometría de 2.2-4.

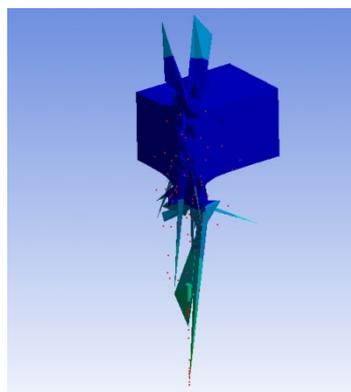
En este tipo de materiales es muy importante la relación de compresión, ya que nos permite analizar las variables que determinan el proceso de densificación y elegir los valores adecuados en función de la aplicación del material.

El equipo utilizado es una prensa PH-7050/50, con platos calientes Dupra S.L (Castalla (Alicante)). La presión a aplicar, la masa y la temperatura, son los parámetros a controlar para obtener productos con mayor o menor grado densificación, en función de la aplicación se busque para el producto final. El molde tiene una cavidad de 175 x 250mm con 40 mm de espesor.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la simulación nos permiten obtener la velocidad de entrada y de salida del proyectil. La velocidad es de 970 Km/h, con un peso de 55gr, para la simulación de un calibre 5,56mm.

Se han simulado los modelos (hormigón, caucho, hormigón), (caucho, hormigón, caucho) y (hormigón, hormigón, hormigón).

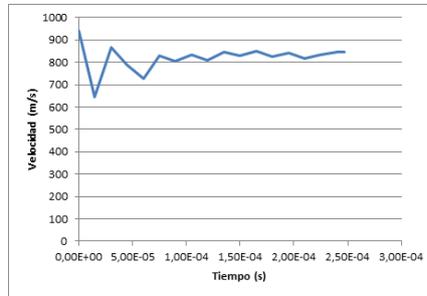


**Figura 3.** Simulación de impacto.

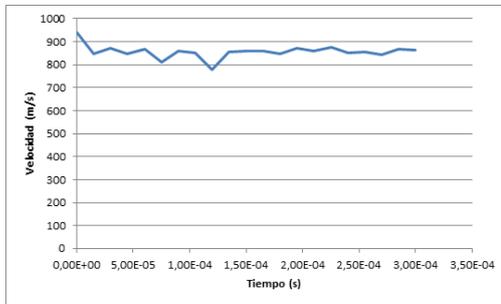
Con la simulación comprobamos que en el modelo sin caucho la fragmentación del hormigón es mayor, debido a la fragilidad del hormigón. Sin embargo en el modelo con

caucho podemos observar cómo disminuye notablemente la metralla generada por el impacto.

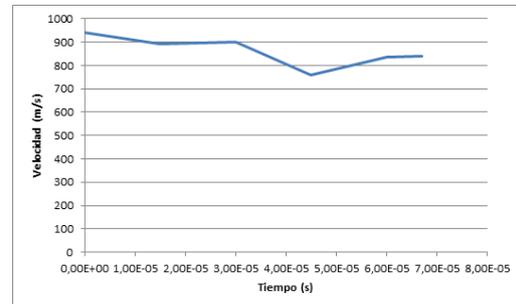
En las siguientes gráficas podemos observar la velocidad del proyectil en los distintos casos:



**Gráfica 1.** Hormigón, hormigón, hormigón.



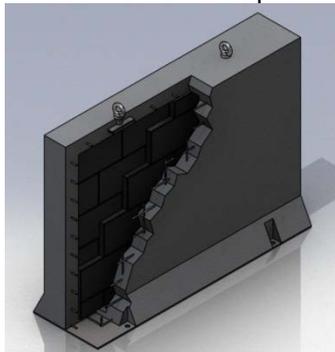
**Gráfica 2.** Hormigón, caucho, hormigón.



**Gráfica 3.** Caucho, hormigón, caucho.

Basándonos en las simulaciones planteamos las configuraciones a ensayar con el objetivo de obtener la mayor eficiencia frente al impacto, siendo estas las mostradas en la las figuras 7-8.

A. Hormigón/Caucho/Hormigón elemento transportable.



**Figura 4.** Primera propuesta muro transportable.

B. Caucho/Hormigón/Caucho elemento transportable.



**Figura 5.** Segunda propuesta muro transportable.

## CONCLUSIONES

La simulación realizada predice el buen comportamiento de los diseños realizados en el caso de defensa contra proyectiles.

La caracterización mecánica de los diferentes productos y combinaciones es fundamental para introducir en el software de Ansys las propiedades de este tipo de productos.

Las medidas con ensayos reales de proyectiles y/o explosiones podrán corroborar la proximidad o no de los procesos de simulación y los resultados reales.

El resultado final de esta comparación nos permitirá entre otros aspectos dirimir tanto la configuración como los espesores y refuerzos de los diferentes elementos constitutivos así como su secuencia de aplicación.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las empresas Recipneu (Sines, Portugal) y a Insaturbo (Aspe, Alicante) su amabilidad en el suministro de los productos de GTR y CTR.

## REFERENCIAS

- [1] Nadal Gisbert A.V. Crespo J.E, Parres F., Macías A., "Investigación de la influencia del residuo de NRCR (Natural Rubber Crumb Rubber) en las propiedades físicas de los morteros de cemento." *EPSA (Alcoy)* (2008).
- [2] Nadal Gisbert, López J., A.V. Crespo J.E, Macías A., " Study of Thermal Dagradaation Kinetics of Elastomeric Powder (Ground Tyre Rubber). Polymer-Plastics Technology and Engineering", en *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, vol 44, 7, Taylor and Francis (2008)..
- [3] Péra J., Ambroise J., Chabannet M., *Cement and Concrete research*, 34 557 (2004).
- [4] Di Mayo a, Zega C., "Estimation of compressive strength of recycled concretes with ultrasonic method", *Journal of ASTM International*, 2:5 (2005).
- [5] Meuric O.F.J., Sheridan J., O'Caroll C., Clegg R.A., Hayhurst C.J., "Numerical prediction of penetration into reinforced concrete using a combined grid based and meshless lagragian approach". *10th International Symposium on Interaction of the Effects of Munitions with Structures, California* (2001).
- [6] Quan X., Birnbaum N.K., Cowler M.S., Geber B.I., "Numerical simulation of structural deformation under shock and impact loads using a coupled multi-solver approach", *5th Asia-Pacific Conference on Shock and Impact Loads on Structures, China* (2003).

## Propiedades Acústicas de Láminas Multicapa a partir de Residuos de Neumático

J. Segura<sup>(1)</sup>, J.E. Crespo<sup>(2)</sup>, E. Juliá<sup>(1)</sup>, A. Nadal<sup>(2)</sup>, J.M. Gadea<sup>(1)</sup>, A. Delgado

*(1) Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras.*

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia*

*Pl. Ferrándiz y Carbonell, s/n. 03801 Alcoy (Alicante)*

*e-mail: jsegura@mcm.upv.es*

*(2) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,*

*Escuela politécnica superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia*

*Pl. Ferrándiz y Carbonell, s/n. 03801 Alcoy (Alicante)*

### RESUMEN

En este trabajo se realiza un estudio de la absorción acústica de paneles multicapa conformados a partir de materiales provenientes de neumáticos reciclados (GTR's), tratando de dar una repuesta al problema medioambiental generado por estos residuos. El artículo se enmarca como un primer paso para la evaluación de la absorción acústica de estos nuevos paneles multicapa para su aplicación como barreras acústicas, insonorización de maquinaria y equipos industriales, acondicionamiento acústico de recintos, etc. Se han preparado dos tipos básicos de paneles multicapa con 10 y 20 mm de espesor. Cada panel multicapa está constituido por tres capas de diferentes espesores siempre con la disposición fibra-caucho-fibra. Para determinar el coeficiente de absorción se ha utilizado el método del tubo de impedancia acústica. Para el caucho se ha trabajado con granulometrías de entre 0,7 y 2,2-4 mm. Los resultados demuestran que los paneles multicapa con caucho de granulometría 2,2-4 mm presentan una mayor absorción acústica dentro del rango de frecuencia estudiado (400-3500 Hz).

### INTRODUCCIÓN

El problema de los residuos generados por los neumáticos usados se ha ido incrementando junto con el aumento de la población, esto ha provocado que los gobiernos de diferentes países implementen políticas para el tratamiento de estos residuos. En el caso de España se han gestionado más de 625000 toneladas durante el periodo 2006-2009 según informe SIGNUS [1], destinándose el 63% a la recuperación de materiales, el 28% a la recuperación de energía y el 9% a la reutilización. El residuo de los neumáticos se emplea comúnmente en aditivos para asfaltos y hormigones [2, 3], suelos de superficies deportivas o de parques infantiles, productos moldeados y calandrados. Básicamente se pueden obtener dos tipos de producto del residuo de neumático: fibras y caucho.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Sinterizado

El sinterizado es un tratamiento térmico en el que se aplica presión y temperatura a un polvo o compactado metálico produciéndose difusión atómica entre las superficies de contacto de las partículas, lo que provoca su unión. El equipo de sinterizado es una prensa Robima S.A. (Valencia, España) con un plato caliente Dupra S.L. (Castalla, España). En este caso se trata de conformar varias capas de material reciclado de neumáticos. Las condiciones de sinterizado son 50 bar para la compactación en el

caso del residuo de tamaño de partícula de 0,7 mm, y 80 bar por el tamaño de partícula de entre 2,2 y 4 mm, en ambos casos la temperatura es de 200 °C. Estas condiciones de presión y temperatura vienen definidas a partir de distintos estudios previos [4, 5]. Con estos parámetros de fabricación se consiguen las mejores características mecánicas de forma que el panel multicapa obtenido presenta una rigidez y resistencia suficiente como para ser autoportante. La Figura 1 muestra la morfología de distintos paneles multicapa utilizados.



**Figura 1.** Morfología de algunos paneles.

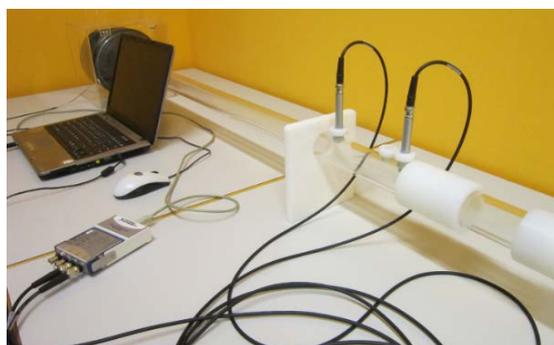
Estas muestras se ensayan en el tubo de impedancia acústica. La tabla 1 muestra las combinaciones de espesores en los materiales multicapa.

### **Caracterización acústica**

Básicamente hay dos métodos en laboratorio para medir el coeficiente de absorción acústica de los materiales: el método descrito en la Norma ISO 354:2003 [6], que precisa de una cámara reverberante y el descrito en la Norma ISO 10534-2, en el que se utiliza un tubo de impedancia acústica. Para los ensayos del coeficiente de absorción acústica se han seguido las recomendaciones de la ISO 10534-2. Hay dos parámetros en la normativa que condicionan el rango de frecuencias de medida: el diámetro del tubo y la distancia entre micrófonos. En este caso el diámetro del tubo es de 40 mm y la separación entre micrófonos es de 50 mm, lo que permite un rango aproximado de medida de entre 400 y 3100 Hz.

El método basado en el tubo de ondas estacionarias, o tubo de impedancia acústica, para medir el coeficiente de absorción en materiales, es una de las técnicas más utilizadas en la caracterización acústica de materiales porosos y fibrosos [7-11]. En general los materiales porosos y fibrosos presentan un mecanismo de absorción acústica basado en la transformación por fricción de la energía de la onda acústica incidente en calor.

La Figura 2 muestra una fotografía del tubo de impedancia acústica utilizado para los ensayos.



**Figura 2.** Fotografía del tubo de impedancia acústica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las siguientes gráficas muestran los coeficientes de absorción acústica obtenidos con el tubo de impedancia para cada panel multicapa ensayado. El rango de frecuencias estudiado entre 400 y 3500 Hz es función del diámetro del tubo y de la distancia entre micrófonos. En algunas gráficas puede observarse una drástica caída del coeficiente de absorción cuando se supera la frecuencia límite superior de medida.

### Fibra – Caucho – Fibra. Muestras de 20 mm.

La Figura 3 muestra el coeficiente de absorción acústica para multicapas 8-4-8, 6-8-6, 4-12-4 con granulometría de 0,7 mm: a) comprimiendo las capas en una fase, b) comprimiendo las capas en tres fases.

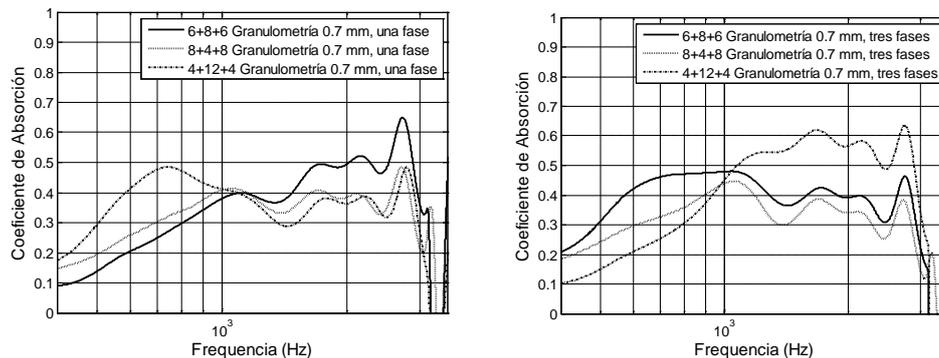


Figura 3. Absorción de sonido para multicapas 8-4-8, 6-8-6, 4-12-4 (0,7 mm).

La Figura 4 muestra el coeficiente de absorción acústica para multicapas 8-4-8, 6-8-6, 4-12-4 con granulometría de 2,2-4 mm: a) comprimiendo las capas en una fase, b) comprimiendo las capas en tres fases.

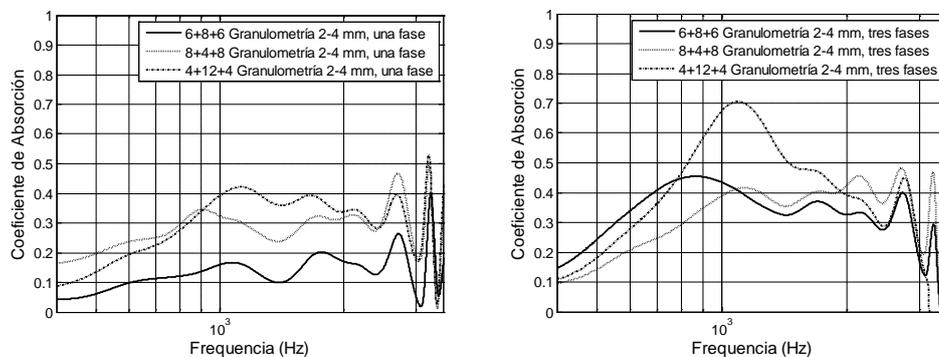


Figure 4. Absorción de sonido para multicapas 8-4-8, 6-8-6, 4-12-4 (2-4 mm).

## CONCLUSIONES

Las gráficas de absorción acústica de las combinaciones multicapa analizadas, muestran que la absorción es menor de 0,7 para todo el rango de frecuencias estudiado.

El proceso de conformado por sinterizado tiene una influencia directa en el acabado superficial de las muestras. El prensado a alta presión y temperatura crea unas superficies con menor porosidad y cantidad de oquedades. En este tipo de paneles multicapa, la fibra es el primer material que encuentra la onda acústica. Al estar conformadas mediante un proceso de sinterizado a alta presión, estas capas quedan muy compactadas dando lugar a superficies altamente reflectantes de la onda

incidente. Esta circunstancia hace que, en general, el coeficiente de absorción acústica del material multicapa, sea más bajo cuanto mayor es el contenido en fibra.

En cuanto al caucho se observa que las muestras con granulometría gruesa, presentan un mayor coeficiente de absorción acústica, siendo aún mayor en el panel con mayor porcentaje de caucho.

Por último se concluye que no hay ninguna combinación de espesores fibra-caucho-fibra que demuestre ser óptima en todo el rango de frecuencias estudiado. Esto puede explicarse en parte, a que se ha trabajado con muestras de pequeño espesor donde las diferencias en el comportamiento absorbente no son significativas, lo que en algunos casos hace que los resultados no siempre sigan un orden intuitivo.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación PAID-06-11, dentro del plan de I+D+i financiado por la Universitat Politècnica de València.

## REFERENCIAS

- [1] SIGNUS. End of life tyre prevention plan; 2010-2013. <[http://www.signus.es/Portals/0/Plan\\_Empresarial\\_extracto\\_Ingl.pdf](http://www.signus.es/Portals/0/Plan_Empresarial_extracto_Ingl.pdf) (30/04/2012)>.
- [2] Aiello MA, Leuzzi F, Centonze G, Maffezzoli A,. Waste Manage 2009, 29, p. 1960-70. (doi: 10.1016/j.wasman.2008.12.002).
- [3] Khaloo AR, Dehestani M, Rahmatabadi P,. Waste Manage 2008, 28, p. 2472-82. (doi: 10.1016/j.wasman.2008.01.015).
- [4] Asdrubali F, D'Alessandro F, Schiavoni S. "Sound absorbing properties of materials made of rubber crumbs". Acoustics Conference Paris 2008, p. 35-40.
- [5] Nadal A. " Investigación del reciclado de neumáticos a requisitos elastoméricos por técnicas de termocompresión". Tesis doctoral 2004.
- [6] Standard ISO 354:2003. Acoustics. Measurement of sound absorption in s reverberation room.
- [7] Attenborough K. J. Acoust. Soc. Am. 1987, 81, p. 93-102. (doi: 10.1121/1.394938).
- [8] Beranek L. "Noise and vibration control engineering". John Wiley & Sons; 1992.
- [9] Dunn IP, Davern WA. Calculation of Acoustic Impedance of Multilayer Absorbers". Applied Acoustics 1986, 19, p. 321-334.(doi: 10.1016/0003-682X(86)90044-7).
- [10] Song BH, Bolton JS. J. Acoust. Soc. Am. 2000, 107 (3), p. 1131-1152. (doi: 10.1121/1.428404).
- [11] Horoshenkov KV et al. J. Acoust. Soc. Am. 2007, 122, p. 345-353. (doi: 10.1121/1.2739806).

---

## **LISTADO DE PARTICIPANTES**

---



<u>Listado de autores</u>	<u>Paginas</u>
Abad, A.	29 87
Andrés B.	3
Balart, J.	33
Balart, R.	33 51 145
Bana-Murillo, E.	51
Belmonte, J.	129 141
Blanes, G.	17
Bonet, M.	13 63 95 109
Boronat, T.	33 125
Bou-Belda, E.	13 109
Brotos, A.	91
Campos, J.	63
Cantó, B.	55
Cantó, R.	59
Carbonell, A.	33 121 125 145
Cardona, S.C.	29 103
Coll, C.	55
Crespo, J.E.	67 79 113 129 133 141 149 157 161 165
Cuesta-Frau, D.	99
Delgado, A.	165
Denia, F.D.	67
Diaz, P.	13 63 109
Domingo, M.	17 71 117
Eixeres, B.	21
Espinosa, S.	79 129 141 161
Esquerdo, T.V.	67
Faulín, J.	75
Fenollar, O.	33 121
Ferrandiz, S.	83
Ferre, J.	29 103
Fombuena, V.	33 125
Gadea, J.M.	79 133 149 165
García-García, D.	33 121 125 145
García-Sanoguera, D.	33 121
Gilabert, E.	51 137 153
Gomis, O.	9
Gonga, E.	29 87
Jimenez, M.	83
Jordán, J.	25 91 99
Jordá-Vilaplana, A.	39
Juliá, E.	79 133 149 165
Lo lacono, V.G.	29
López, F.J.	79 161

López, J.	83								
López-Pérez, M.F.	29	87							
Lora-García, J.	29	87							
Luna, R.	17	71	117						
Manjón, F.J.	9								
Martínez-Verdú, F.	51	153							
Mateo, J.M.	153								
Micó-Vicent, B.	25	51							
Millán, C.	17	71	117						
Miró, P.	25	99	153						
Monllor, P.	13	63							
Montava, I.	13	63	95	109					
Monzó, M.	33								
Nadal, A.V.	67	79	129	133	141	149	161	165	
Navarro, R.	113	141	157						
Navarro-Laboulais, J.	29	103							
Oltra, S.	25								
Parres, F.	113	129	149	157					
Patirnac, S.	137								
Pérez, A.J.	75								
Pérez, L.M.									
Pérez-Bernabeu, E.	21	67	75						
Pérez-Fuster, J.	153								
Peydró, A.	113	157							
Picó, J.F.	43								
Pla, R.	21								
Poler, R.	47								
Reig, M.J.	21								
Ricarte, B.	59								
Salas, F.	149								
Samper, M.D.	33	121	125	145					
Sánchez, E.	55								
Sánchez-Caballero, S.	21								
Sánchez-Nácher, L.	33	39	145						
Sanchis, R.	47								
Sans, J.A.	9								
Santonja, C.	17	71	117						
Satorre, M.A.	17	71	117	137					
Seguí, V.J.	21								
Segura, J.G.	79	95	133	149	165				
Segura, M.P.	95								
Sellés, M.A.	21	75							
Torregrosa, J.I.	29								
Urbano, A.M.	59								

Valcarcel, Y.	103
Valor, A.	29
Varela-Entrecanales, M.	99
Vargas-Rojo, B.	99
Vilaplana, R.	9
Zamorano, M.	133