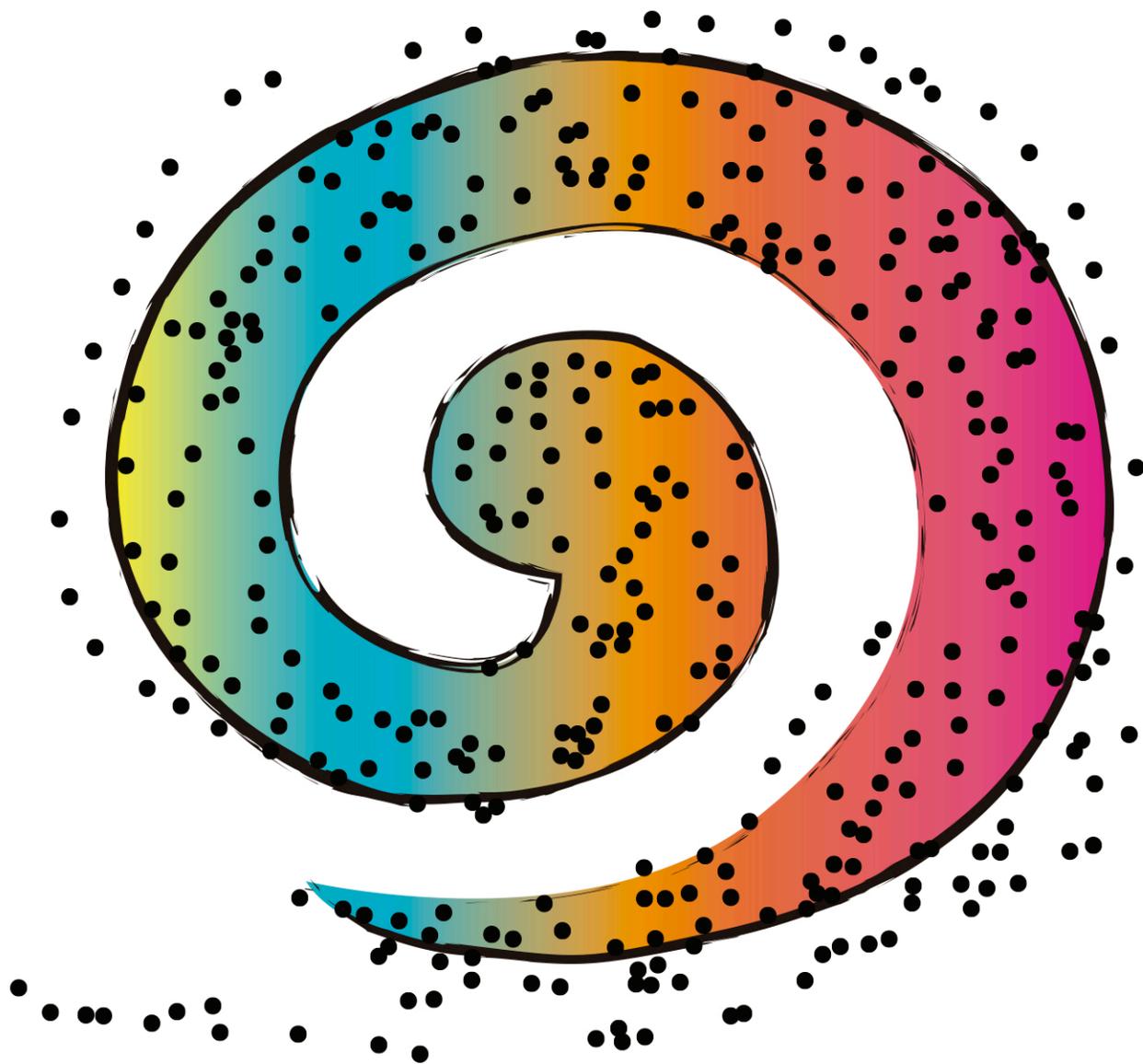


VII Congreso I+D+i Campus d'Alcoi



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA

VII Congreso I+D+i

Campus d'Alcoi

Creando Sinergias



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

**VII CONGRESO I+D+i CAMPUS DE ALCOY.
CREANDO SINERGIAS**

LIBRO DE RESÚMENES

Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Alcoy, 3 y 4 de julio de 2019

Edita: Compobell, S.L.

ISBN: 978-84-949173-5-6

DEPÓSITO LEGAL: MU 1175-2019

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 Ángeles Bonet Aracil

Eva Bou Belda

Salvador C. Cardona Navarrete

Begoña Cantó Colomina

Jorge Jordán Núñez

Miguel Ángel Satorre Aznar

Rafael Cantó Colomina

María Fernanda López Pérez

Vicent Fombuena Borrás

Octavio Fenollar Gimeno

Comité Científico

Ramón Luna Molina

Samuel Sánchez Caballero

Amparo Jordá Vilaplana

Jaime Masiá Vañó

Juan Ignacio Torregrosa López

Rosa Vercher Pérez

Juan Francisco Picó Silvestre

Miguel Ángel Sellés Cantó

Elena Pérez Bernabéu

José Ángel Maestro Cano

Bárbara Micó Vicent

Manuel Díaz-Madroñero Boluda

Modesto Pérez Sánchez

Raquel Sanchis Gisbert

Daniel García García

PRÓLOGO

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.

Se reúnen las contribuciones orales y pósters que se presentaron relacionadas con las investigaciones que se llevan a cabo por los diferentes grupos de investigación participantes en el VII Congreso de I+D+i Campus de Alcoi celebrado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoi (3 y 4 de julio de 2019).

ÍNDICE

CONFERENCIA PLENARIA

- CP1. Envases alimentarios basados en bionanocomposites para una economía circular.**
M.P. Arrieta.....3

COMUNICACIONES ORALES

- CO1. Combinatoria. Particiones de Enteros Positivos y Distribuciones Acotadas.**
B. Cantó, R. Cantó, A. M. Urbano.....13
- CO2. Opti-Ace: Desarrollo de componentes deportivos con sensores ópticos integrados.**
A. Gaona, N. García-Boch, D. Sartiano, E. Torres.....17
- CO3. Modelado del consumo eléctrico en una estación de galvanizado en caliente por inmersión en Zinc.**
J.C. García-Díaz, O. Trull.....21
- CO4. Procedimiento de medida de las fibras desprendidas en las aguas de lavados de textiles.**
M. Berruezo, M. Bonet-Aracil, E. Bou-Belda, J. Gisbert-Payá, I. Montava.....25
- CO5. Optimización del proceso de impregnación para la aplicación de grafeno sobre tejidos de algodón.**
J. Gisbert-Payá, T. Ruiz-Calleja, E. Bou-Belda, P. Díaz-García.....29
- CO6. Desarrollo de procedimientos rápidos de determinación de ⁸⁹Sr y ⁹⁰Sr en muestras de aerosoles y vegetación aplicando métodos de deconvolución.**
M. Sáez Muñoz, D. Ginestar, S. Carlos, J. Ortiz, S. Martorell33
- CO7. Estudio comparativo de la disipación de calor de los tejidos de algodón tratados con grafeno o con PCM.**
J. Gisbert-Payá, T. Ruiz-Calleja, E. Bou-Belda, P. Díaz-García.....37
- CO8. Influencia de las inhomogeneidades en películas delgadas: Fracturas.**
C. Millán Verdú, C. Santonja, R. Luna, M. Domingo, M. Á. Satorre.....41
- CO9. Descontaminación de agua con elevado contenido en metales mediante ósmosis inversa para el abastecimiento de pequeñas poblaciones.**
J. Lora-García, S.C. Cardona, María-Fernanda López-Pérez, V. Fombuena.....45
- CO10. Uso de aditivos naturales en materiales para impresión 3D.**
C. Pavón, M. Aldas, J. López-Martínez, S. Ferrándiz.....49

| | |
|---|-----------|
| CO11. Caracterización mecánica y morfológica de mezclas de politereftalato de etileno de origen reciclado y bio-basado. <i>S. Montava-Jorda, V. Fombuena, A. Agüero, L. Quiles-Carrillo, N. Montanes.....</i> | <i>53</i> |
| CO12. Estudio de curado de una resina epoxi parcialmente de origen bio. <i>D. Lascano, S. Montava-Jorda, A. Agüero, L. Quiles-Carrillo, T. Boronat.....</i> | <i>57</i> |
| CO13. Obtención de la solución analítica en la ecuación convección-difusión. <i>L. Agud, M. Boix, S.C. Cardona, M.L. Plá.....</i> | <i>61</i> |
| CO14. Optimización de la concentración de zumo de granada. Simulación basada en ProMax®. <i>J. Gómez-Caturla, J. Lora-García, S.C. Cardona, María-Fernanda López-Pérez, V. Fombuena.....</i> | <i>65</i> |
| CO15. Propiedades mecánicas de mezclas basadas en almidón y polivinil alcohol preparadas por moldeo por inyección. <i>M. Aldas, F. Pawlak, H. de la Rosa-Ramírez, M.P. Arrieta.....</i> | <i>69</i> |
| CO16. Diseño, montaje y puesta a punto de sistemas de control de procesos de bajo coste. <i>A. López-Borrell, L. Tormo-Rico, A.A. Tejedor-García, X.I. Escobar-Carrera, R. Seguí-Revert, M. Jorda-Reolid, A. Hernández-Serrano, S.C. Cardona.....</i> | <i>73</i> |
| CO17. Estudio de las mezclas binarias entre bioPET y bioPA-10,10. <i>M. Jorda-Reolid, S. Montava-Jorda, D. Lascano, L. Quiles-Carrillo, O. Fenollar.....</i> | <i>77</i> |
| CO18. Estudio de las propiedades a tracción de un material compuesto a base de Policaprolactona y harina de Lino con distintos aditivos de origen vegetal. <i>A. Agüero, M.C. Morcillo, D. Lascano, L. Quiles-Carrillo, R. Balart.....</i> | <i>81</i> |
| CO19. Perspectiva de un futuro sostenible mediante PLA. <i>M.C. Morcillo, M. Jorda-Reolid, D. Lascano, D. Garcia-Sanoguera, L. Sanchez-Nacher.....</i> | <i>85</i> |
| CO20. Degradación de contaminantes emergentes utilizando sustancias tipo húmicas mediante proceso foto-Fenton a pH próximo a la neutralidad. <i>P. García-Negueroles, S. García-Ballesteros, María-Fernanda López-Pérez, A.M. Amat.....</i> | <i>89</i> |
| CO21. La obsolescencia tecnológica en las centrales nucleares. <i>I. Martón, S. Martorell, J.F. Villanueva, A. Sánchez, S. Carlos</i> | <i>93</i> |

COMUNICACIONES EN POSTER

- P1. La Plataforma Europea para la Fabricación Cero Defectos.**
R. Sanchis, R. Poler, F. Fraile, A. Ortiz.....99
- P2. Valorización de residuos peligrosos procedentes de plantas de tratamiento de aguas mediante evaporación multi-efecto.**
J. Lora-García, María-Fernanda López-Pérez, S.C. Cardona, V. Fombuena103
- P3. Situación Actual y Retos del Sector Textil/Moda Español.**
R. Sanchis, R. Poler107
- P4. Evaporación previa a la polimerización en membrana de polisulfona.**
I. Dominguez, E. Gil, A. Lerma, M. Pérez, A. Pérez Fernández, I.M. Verdú, V. Fombuena, V.G. Lo-Iacono-Ferreira.....111
- P5. Sostenibilidad aplicada al desarrollo de soluciones para los sectores textil-hogar y moda.**
V. Sanz, E. Fages, E. Franco, M^a. Ortiz, M. Blanes, M.Soler115
- P6. Desarrollo de estructura textil Spacer con tecnología de punto por trama para la fabricación de artículos de ortopedia.**
R. Baeza-García, J.V. Gisbert.....119
- P7. Aditivación de resinas de poliéster para mejorar el comportamiento contra el fuego en la fabricación de composites.**
E. Gongga, E. Fages, F. Burgada, L. Frochoso, M. Soler-Calbo, J. Campos, J. Doménech.....123
- P8. Mejora de fibras sintéticas para la tecnología Bulk Continuous Filament.**
F. Fornés, P. Morant, J. Pascual, F. Rico.....127
- P9. BIENESMART - Investigación y desarrollo de textiles inteligentes que permitan monitorizar parámetros fisiológicos para la mejora del bienestar de las personas.**
J. Moreno, M. Valor, G. Martinez, E. Mira, J. Doménech.....131
- P10. Obtención de mobiliario decorativo mediante el empleo de residuo del sector alfombras.**
E. Franco, E. Fages, M.M. Ortiz, L. Frochoso135
- P11. Obtención de materiales inorgánicos a partir de residuo de refuerzo textil de neumático usado.**
A. de Lucas, S. Gironés, E. Fages.....139

P12. Mejora del comportamiento FR de tejidos de cáñamo para su aplicación en el sector del hábitat.

E. Fages, S. Gironés, E. Gongga143

P13. E-BRODER 2– Investigación y desarrollo de textiles inteligentes empleando tecnología de bordado.

G. Martínez, J. Moreno, M. Valor, J. Campos, J. Doménech, J. M^a. García147

P14. Eco-acabados. Investigación y estudio de aplicación de acabados sostenibles.

Personalización de tejidos y prendas mediante el uso de marcado láser y calandra.
M. Blanes, L. Cappelli, O. Calvo, J. Llopis.....151

P15. Investigación y desarrollo de sensores y circuitos electrónicos sobre sustratos flexibles mediante tecnologías de fabricación aditiva.

J. Ferri, A. M. Rodes, E. Mira Abad, J. Moreno Cantón, J. M. García Gonzalo, E. García-Breijo, R. Llinares.....155

P16. GREENFILS: Desarrollo de hilos 100% biodegradables funcionalizados mediante extrusión reactiva. Estudio comparativo inicial de propiedades mecánicas.

N. García-Bosch, A. Gaona, E. Torres.....159

P17. Integración de células fotovoltaicas flexibles en textiles.

A. Rodes, J. Moreno, G. Martínez, J. Gisbert-Payá.....163

P18. TeCoS (Thermoplastic Composites Structures).

J. González, S. Giner, F. Rico, J. Pascual167

P19. Accesorios textiles para la mejora de la recuperación del deportista.

I. Aparicio, J.I. Priego, I. Martínez, J. Llopis, M. Blanes, P. Pérez171

P20. Determinación de polifenoles en la tintura de algodón con extractos de achiote.

R. Navas, A. Carbonell, I. Montava-Seguí, E. Carvajal, E. Bou-Belda.....175

P21. Mejora de las propiedades mecánicas y térmicas de blends de PHB/PBSA mediante la incorporación de diferentes cantidades de extensores de cadena.

D. García-García, M.D. Samper, V. Fombuena, M.P. Arrieta179

P22. Estimación del límite superior de pureza de materiales tecnológicos usando condiciones de alto vacío.

R. Luna, M. Domingo, C. Millán, C. Santonja, M. Á. Satorre.....183

P23. Actividad de aprendizaje experiencial para el desarrollo de competencias Lean.

A. Peiro-Signes, O. Trull-Dominguez187

P24. Tintura de tejido de algodón con colorante de achiote en nanoarcillas de montmorillonita K10.*I. Montava-Seguí, E. Carvajal, E. Bou-Belda*.....191**P25. Estudio del comportamiento de los coloides en la formación y eliminación de fouling en el proceso de ultrafiltración para la reutilización de aguas depuradas de una industria papelera.***B. Sanjines-Silva, S. Matta-Catacora, María-Fernanda López-Pérez, Mayko Rannany S. Sousa, J. Lora-García, S.C. Cardona, V. Fombuena*.....195**P26. Estudio comparativo del proceso de biodegradabilidad por compostaje en polímeros y biopolímeros usados en el sector del envase y embalaje.***V. Fombuena, J. Lora-García, S.C. Cardona, María-Fernanda López-Pérez*.....199**P27. Determinación de variables que afectan al resultado eco-innovador.***C. García-Meseguer, A. Peiro-Signes*203**P28. Distribución en planta: apuntes para un estado del arte.***P. Pérez-Gosende, J. Mula, J. M. Díaz-Madroñero*.....207**P29. Validación de las propiedades de los compuestos activos procedentes de algas, para aplicaciones cosméticas.***S. Moldovan, C. Gimenez, M. Garcia*211**P30. Fruto de planta exótica como carga en materiales ecoeficientes.***H. de la Rosa-Ramírez, C. Pavón, F. Pawlak, M.D. Samper*215**P31. Nanomateriales para la recuperación de colorantes de las aguas residuales textiles.***D. López, B. Micó Vicent, E. Bou-Belda, M. Bonet-Aracil*.....219

CONFERENCIA PLENARIA

Envases alimentarios basados en bionanocomposites para una economía circular

M.P. Arrieta⁽¹⁾

*(1) Departamento de Química Orgánica,
Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid
Plaza de Ciencias, Ciudad Universitaria, Madrid (España)
e-mail: marrie06@ucm.es*

RESUMEN

Las crecientes preocupaciones ambientales relacionadas con la contaminación de los materiales plásticos de corta duración, como los envases alimentarios, han hecho que aumente considerablemente el uso de nuevos materiales plásticos más sostenibles. En particular el poli(ácido láctico) (PLA) es en la actualidad el polímero biobasado y biodegradable más prometedor para reemplazar a los plásticos tradicionales. Sin embargo, el PLA presenta algunas limitaciones para ser introducido completamente en el sector del envasado de alimentos. En el presente trabajo se resumen las ventajas de incorporar nanopartículas lignocelulósicas a la matriz polimérica de PLA. Así, se describen materiales basados en PLA reforzados con nanopartículas de celulosa o lignocelulósicas, procesados por extrusión para simular las condiciones industriales y teniendo en cuenta el interés en el sector del envasado de alimentos.

INTRODUCCIÓN

Los materiales plásticos son sin duda los materiales más utilizados en el sector del envasado de alimentos, superando ampliamente a otros materiales como las cerámicas, el vidrio o el cartón, debido a que ofrecen aplicaciones prácticas para el sector del envase y embalaje tanto por motivos prácticos como económicos. Son ligeros, de bajo coste, fácil procesamiento, etc.

Las crecientes preocupaciones ambientales y las evidentes problemáticas relacionadas tanto con el uso del petróleo para la producción de plástico como la acumulación de residuos plásticos en mares y vertederos, ha dado lugar al desarrollo de nuevas formulaciones basadas en materiales plásticos más sostenibles para aplicaciones comerciales de corta duración. De los alrededor de 350 millones de toneladas de plástico que se producen a nivel mundial cada año, aproximadamente un 40% están destinadas al sector del envasado y de la agricultura, siendo muchas de estas aplicaciones de corta duración (Plastic Europe, 2018). Asimismo, la legislación asociada con la gestión de los residuos plásticos es cada vez más exigente y los servicios de gestión de residuos incrementan y mejoran cada año. Tal es así, que hoy en día gran parte de los residuos plásticos se revalorizan recuperando el material mediante el reciclado aproximadamente 8,5 millones de toneladas de plásticos, mientras que la revalorización de los residuos plásticos en forma de energía supera las 11 millones de toneladas (Figura 1). Sin embargo, gran cantidad de los residuos plásticos recolectados por los sistemas de gestión de residuos continúan llegando a vertederos, aproximadamente un 27% (Plastic Europe, 2018), mientras que otra gran cantidad de residuos que no alcanzan los sistemas de gestión de residuos se acumulan en ríos, mares y océanos cada año. Es por ello, que en aplicaciones de corta duración hay una

tendencia a reemplazar los materiales poliméricos tradicionales por alternativas más sostenibles. Así, en los últimos años se han observado importantes avances en el campo de los biopolímeros (García-García, García-Sanoguera, Fombuena, Lopez-Martínez, & Balart, 2018).

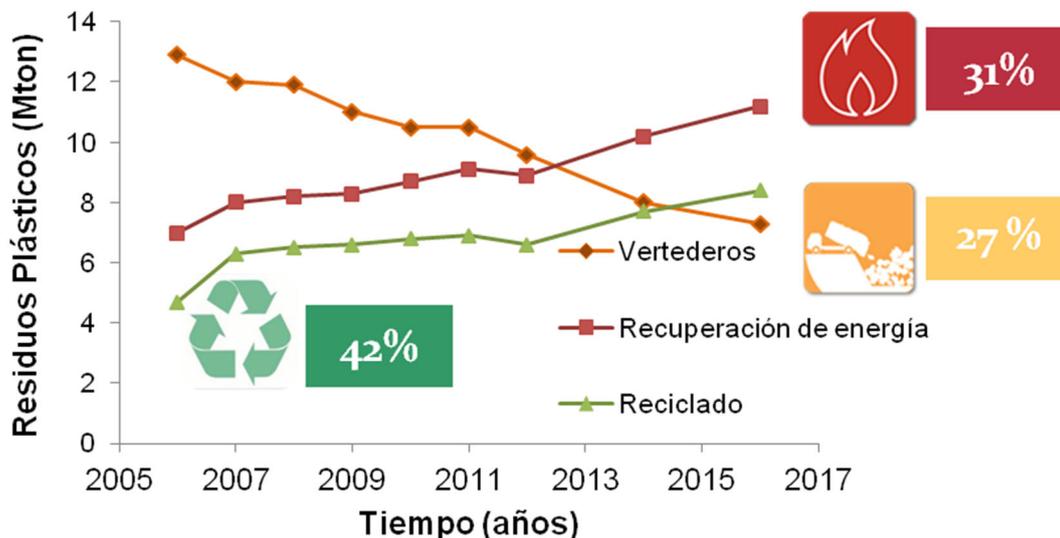


Figura 1. Promedio anual de recolección de residuos plásticos post-consumo en Europa (2006-2016).

Muchos de los plásticos tradicionales hoy en día se pueden obtener a partir de la síntesis de sus monómeros de partida obtenidos de recursos renovables, como es el caso del biopolietileno (Bio-PE) el cual se obtiene de la caña de azúcar durante la producción de bioetanol (García-García, Carbonell-Verdu, Jordá-Vilaplana, Balart, & García-Sanoguera, 2016). Este tipo de materiales biobasados, pero no biodegradables, resultan interesantes para el desarrollo de productos de larga duración y, una vez que se cumpla su vida útil, pueden ser reciclados en forma de material y/o energía. Sin embargo, para aplicaciones de corta duración, como los envases de alimentos, se prefieren los materiales plásticos biobasados pero también biodegradables. Así, la producción global de bioplásticos está creciendo continuamente y, hoy en día, comienzan a ser económicamente competitivos.

Entre todos los materiales poliméricos biobasados y biodegradables el poli(ácido láctico) (PLA) es uno de los más utilizados para aplicaciones alimentarias, no sólo el sector académico sino también en la industria donde se comercializa en forma de materiales rígidos como botellas o productos de mono uso, como cubiertos y vasos descartables, así como también en forma de películas flexibles o film (Arrieta, Samper, Aldas, & López, 2017; Auras, Harte, & Selke, 2004). El PLA se obtiene a partir de productos ricos en hidratos de carbono, siendo el más frecuente el maíz, pero también se ha obtenido ácido láctico a partir de caña de azúcar, remolacha azucarera, entre otros productos agrícolas simples (Auras, et al., 2004; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012). Además, el PLA se procesa con los mismos equipos disponibles en la industria del plástico para la transformación de plásticos convencionales (Arrieta, et al., 2017; Auras, et al., 2004). Sin embargo, el PLA presenta algunas desventajas relacionadas con su baja estabilidad térmica, relativamente malas propiedades mecánicas y de barrera (Burgos, Martino, & Jiménez, 2013).

Por lo tanto, para mejorar las propiedades del PLA se utilizan distintos aditivos. En este sentido, el PLA es frecuentemente plastificado no solo para aumentar la flexibilidad (Burgos, et al., 2013; Courgneau, Domenek, Guinault, Avérous, & Ducruet, 2011), sino también para facilitar el proceso de transformación (Arrieta, Fortunati, Dominici, López, & Kenny, 2015).

Para mejorar las propiedades termomecánicas del PLA, una estrategia interesante es el desarrollo de bionanocompuestos, ya que la adición de nanocargas permite reforzar la matriz polimérica mejorando no sólo las propiedades termomecánicas, sino también las propiedades de barrera (Arrieta, et al., 2015; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012). En ese sentido, para desarrollar un material totalmente sostenible se prefieren incorporar nanopartículas también biobasadas y biodegradables.

Los materiales lignocelulósicos, se han utilizado ampliamente en forma de madera y fibras vegetales por un gran número de industrias (por ejemplo: papelera, textil, etc.) durante décadas (Brinchi, Cotana, Fortunati, & Kenny, 2013). El alto rendimiento mecánico y nanomecánico que presentan los materiales naturales extraídos de la agricultura es conferido por las estructuras celulósicas jerárquicas de las plantas (Rayón Encinas, López Martínez, & Arrieta, 2013). En este sentido, la segunda generación de materiales lignocelulósicos, están centrados en la escala nanométrica, y se encuentran representados por nanocristales de celulosa (CNC) (Arrieta, et al., 2015; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012) y nanopartículas basadas en lignina (Arrieta, Peponi, López, & Fernández-García, 2018; Yang et al., 2018).

En este trabajo se resumen las ventajas principales de adicionar nanopartículas de celulosa y/o lignocelulósicas a la matriz polimérica de PLA, para poder aumentar su competitividad para el sector del envasado de alimentos.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Los nanocristales de celulosa (CNC) se obtienen frecuentemente a partir de celulosa microcristalina (MCC), disponible comercialmente. El principal proceso para la obtención de regiones cristalinas celulósicas a partir de las fibras, en su forma de nanocristales, se basa en una fuerte hidrólisis ácida generalmente mediada por ácido sulfúrico (Habibi, Lucia, & Rojas, 2010) (Figura 2-a). Referido a las nanopartículas lignocelulósicas, en un trabajo reciente las mismas se han extraído a partir de residuos de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) mediante un proceso de extracción acuoso, y por lo tanto más sostenible (Figura 2-b). Se determinan las dimensiones de las nanopartículas por microscopía electrónica de transmisión (TEM) y su estabilidad térmica por análisis termogravimétrico (TGA).

Para simular las condiciones industriales todos los materiales que se resumen en este trabajo han sido procesados por el proceso de extrusión a la temperatura de procesamiento del PLA (160-190 °C), seguidos de un proceso de formación de film. Se obtienen films transparentes en todos los casos cuyo espesor varía entre 30 y 100 µm (Arrieta, et al., 2018; Arrieta, et al., 2015; Courgneau, et al., 2011; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012; Fortunati, Armentano, Zhou, Puglia, et al., 2012).

Se mencionan y comparan las propiedades de mayor interés para el sector de transformación del plástico y de envasado de alimentos: propiedades mecánicas (ensayo de tracción), propiedades térmicas (TGA) y de humectabilidad (determinadas mediante ángulo de contacto).

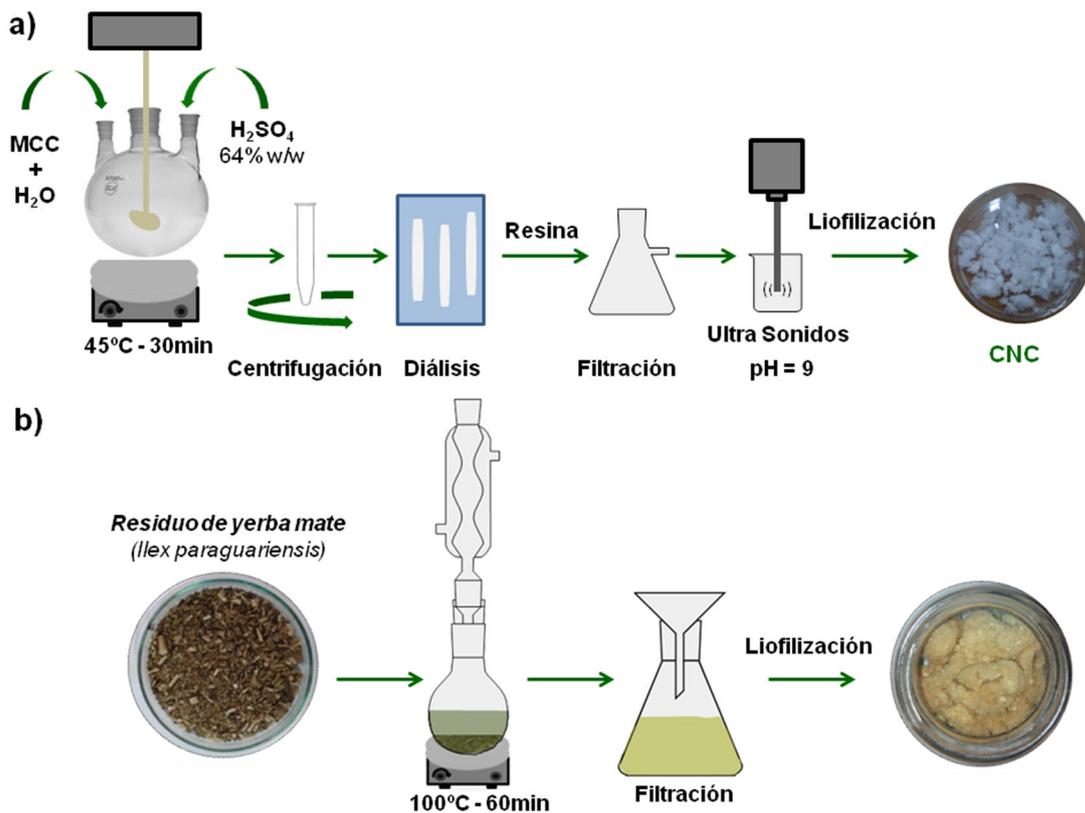


Figura 2. Representación esquemática de la obtención de: a) CNC a partir de MCC y b) nanopartículas lignocelulósicas a partir de residuos de yerba mate (mateNP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 3-a se muestran imágenes tomadas por microscopía electrónica de transmisión (TEM) donde se pueden observar CNC obtenidas a partir de la hidrólisis ácida de la celulosa microcristalina de dimensiones entre 100 y 300 nm (Arrieta, et al., 2015; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012). Mientras que en la Figura 3-b se observan nanopartículas lignocelulósicas obtenidas mediante una extracción acuosa de residuos de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) de dimensiones algo más pequeñas, entre 50-100 nm (mateNP) (Arrieta, et al., 2018).

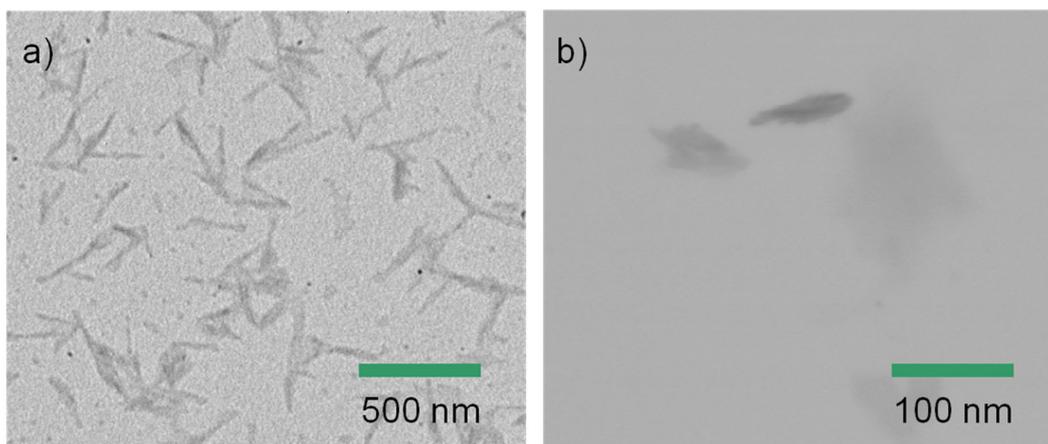


Figura 3. Imágenes TEM de suspensiones de: **a)** CNC (50.000 X) y **b)** mateNP (30.000 X)

Para poder escalar el proceso de síntesis de los nanocrisales de celulosa a escala industrial, estos deben obtenerse en forma de polvo y para ello las dispersiones de CNC se liofilizan (Arrieta, et al., 2015; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012). Debido a la gran cantidad de grupos hidroxilo (-OH) en la superficie, durante el proceso de liofilización los CNC interactúan mediante puentes de hidrógeno, formando aglomerados que pueden resultar difícil de dispersar en la matriz polimérica de PLA. Por lo tanto, una estrategia para evitar la aglomeración de los CNC es modificando la superficie de los mismos. En este sentido la modificación de CNC mediante el uso de surfactantes obstaculiza la unión de puente de hidrógeno entre los CNC funcionalizados (CNC_s) durante el proceso de liofilización evitando su posterior aglomeración (Fortunati, Armentano, Zhou, Puglia, et al., 2012). Esta metodología permite obtener CNC funcionalizados los cuales presentan una buena dispersión en la matriz de PLA. En la Figura 4, se muestra el análisis termogravimétrico de los CNC, CNC_s y mateNP. Se observa que el uso del surfactante aumenta la estabilidad térmica de la nanocelulosa, desplazando el inicio de la degradación térmica. Así, se ha observado un aumento de la estabilidad térmica en bionanocomposites basados en PLA reforzados con nanopartículas lignocelulósicas (Arrieta, et al., 2018; Arrieta, et al., 2015; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012; Fortunati, Armentano, Zhou, Puglia, et al., 2012).

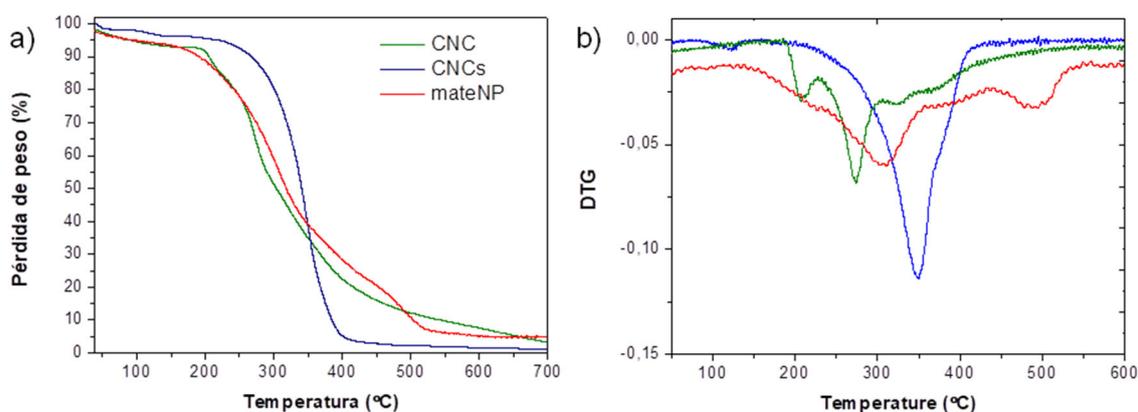


Figura 4. Análisis termogravimétrico: **a)** curva TGA y **b)** DTG de los CNC, CNC_s y mateNP

El PLA es un material ópticamente transparente. Teniendo en cuenta que uno de los requisitos más importantes para los consumidores es poder ver el alimento, éste es una ventaja muy importante. La adición de plastificante ATBC (Arrieta, et al., 2015; Courgneau, et al., 2011) o de nanocelulosa (Arrieta, et al., 2015; Fortunati, Armentano, Zhou, Iannoni, et al., 2012; Fortunati, Armentano, Zhou, Puglia, et al., 2012) no afecta la elevada transparencia del PLA. Sin embargo, las nanopartículas lignocelulósicas extraídas de yerba mate brindan una tonalidad amarillenta al material (Arrieta, et al., 2018).

Con respecto a las propiedades mecánicas de los bionanocompuestos basados en PLA reforzado con nanopartículas lignocelulósicas, se ha observado que la adición de CNC o nanopartículas de mate mejora el rendimiento mecánico del PLA debido a los efectos de refuerzo inducidos por los cristales lignocelulósicos. En la Tabla 1 se muestran las propiedades mecánicas de varios bionanocomposites basados en PLA-CNC y PLA-NPmate procesados por extrusión reportados en la literatura, en los cuales se usaron un 5% en peso de nanopartículas así como también sus bionanocompuestos plastificados con acetil tributil citrato (ATBC), que es uno de los plastificantes más utilizados para aumentar la ductilidad del PLA (Arrieta, et al., 2017; Courgneau, et al., 2011)

Tabla 1. Propiedades mecánicas de bionanocomposites basados en PLA reforzado con nanopartículas lignocelulosicas.

| Formulaciones | E (MPa) | σ_B (MPa) | ϵ_B (%) | Referencias |
|-------------------------------|-------------|---------------------|---------------------|--|
| PLA | 1200 - 2400 | 40 - 50 | 45 - 90 | (Arrieta, et al., 2015; Fortunati et al., 2012) |
| PLA-ATBC | 550 - 1200 | 30 - 40 | 50 - 180 | (Arrieta, et al., 2018; Arrieta, et al., 2015) |
| PLA-CNC5 | 1700 - 2930 | 30 - 55 | 30 - 35 | (Arrieta et al., 2014; Fortunati, et al., 2012) |
| PLA-CNC _s 5 | 1400 - 4400 | 35 - 45 | 20 - 30 | (Arrieta, et al., 2014; Fortunati, et al., 2012) |
| PLA-CNC5-ATBC15 | 1050 ± 50 | 26 ± 3 | 15 ± 1 | (Arrieta, et al., 2015) |
| PLA-CNC _s 5-ATBC15 | 600 ± 50 | 25 ± 3 | 50 ± 3 | (Arrieta, et al., 2015) |
| PLA-mateNP5 | 2650 ± 50 | 50 ± 5 | 3.0 ± 0.4 | (Arrieta, et al., 2018) |
| PLA-mateNP5-ATBC15 | 900 ± 100 | 25 ± 2 | 85 ± 10 | (Arrieta, et al., 2018) |

E: Módulo de Young; σ_B : resistencia a la tracción y ϵ_B elongación a la rotura

El PLA presenta algunos inconvenientes cuando se usa en productos que son sensibles a la humedad debido a la alta permeabilidad al vapor de agua que presenta. En este sentido, una buena dispersión de las nanopartículas en la matriz polimérica puede provocar cierta tortuosidad para difundir moléculas. De hecho, las propiedades de barrera se controlan principalmente por el tamaño y la morfología de las nanopartículas, así como por su dispersión efectiva en la matriz polimérica. La adición de CNC causa un aumento en la humectabilidad de la superficie de PLA debido a la alta cantidad de grupos hidroxilo de CNC (Arrieta, et al., 2014). Sin embargo, los CNC_s no modifican significativamente la humectabilidad del PLA (Arrieta, et al., 2014) y se atribuye a que la nanocelulosa funcionalizada está mejor dispersada en la matriz de PLA (Arrieta, et al., 2015). De hecho, la parte hidrofílica del surfactante se adsorbe en la superficie del CNC, mientras que la parte hidrofóbica proporciona nanocristales con superficie no polar (Fortunati, et al., 2012; Petersson, Kvien, & Oksman, 2007). Por su parte, las mateNP

generan un aumento inesperado del carácter hidrófobo del PLA, lo que se ha relacionado con los cambios en las propiedades topográficas del film debido a la presencia de éstas nanopartículas (Arrieta, et al., 2018). El plastificante ATBC produce un aumento del carácter hidrófobo de las superficies de los films de PLA, y se ha relacionado con el carácter hidrófobo de este plastificante (Arrieta, et al., 2015).

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que la adición de nanopartículas lignocelulosicas a la matriz polimérica de PLA permiten obtener materiales transparentes de interés para el sector de envasado de alimentos. Los CNC no afectan las propiedades ópticas del PLA. Sin embargo, las nanopartículas lignocelulósicas extraídas de la yerba mate le brindan una tonalidad amarillenta al material. La funcionalización de la superficie de las nanopartículas de celulosa evita la interacción de puente de hidrógeno entre ellas y mejora su estabilidad térmica. Así, las nanopartículas funcionalizadas (CNC_s) permiten obtener bionanocomposites en donde la dispersión de las nanopartículas en la matriz polimérica es mejor. Por lo tanto, el uso de surfactante permite obtener bionanocomposites de PLA-CNCs con mayor resistencia mecánica y mayor estabilidad térmica. Por su parte, las nanopartículas lignocelulósicas también aumentan la estabilidad térmica y mecánica del PLA. Referido a la adición del plastificante ATBC mejora la interacción entre los componentes del sistema, facilita su procesabilidad y genera un aumento de la ductilidad y transparencia del material final.

Se puede concluir que la modificación del PLA mediante la adición de plastificantes, nanocristales de celulosa y/o nanopartículas lignocelulosicas presenta un elevado potencial para el desarrollo de bionanocompuestos destinados al envasado de alimentos. Siendo materiales provenientes de recursos naturales renovables y biodegradables.

AGRADECIMIENTOS

M.P. Arrieta agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades por el contrato postdoctoral Juan de la Cierva-Incorporación (IJCI-2017-33536) y a la organización del VII Congreso de I+D+i Creando Sinergias 2019.

REFERENCIAS

Arrieta, M., Peponi, L., López, D., & Fernández-García, M. (2018). Recovery of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) residue for the development of PLA-based bionanocomposite films. *Industrial Crops and Products*, *111*, 317-328.

Arrieta, M. P., Fortunati, E., Dominici, F., López, J., & Kenny, J. M. (2015). Bionanocomposite films based on plasticized PLA-PHB/cellulose nanocrystal blends. *Carbohydrate Polymers*, *121*, 265-275.

Arrieta, M. P., Fortunati, E., Dominici, F., Rayón, E., López, J., & Kenny, J. M. (2014). PLA-PHB/cellulose based films: Mechanical, barrier and disintegration properties. *Polymer Degradation and Stability*, *107*, 139-149. Arrieta, M. P., Samper, M. D., Aldas, M., & López, J. (2017). On the use of PLA-PHB blends for sustainable food packaging applications. *Materials*, *10*(9), 1008.

- Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2004). An overview of polylactides as packaging materials. *Macromolecular bioscience*, 4(9), 835-864.
- Brinchi, L., Cotana, F., Fortunati, E., & Kenny, J. (2013). Production of nanocrystalline cellulose from lignocellulosic biomass: technology and applications. *Carbohydrate Polymers*, 94(1), 154-169.
- Burgos, N., Martino, V. P., & Jiménez, A. (2013). Characterization and ageing study of poly(lactic acid) films plasticized with oligomeric lactic acid. *Polymer Degradation and Stability*, 98(2), 651-658.
- Courgneau, C., Domenek, S., Guinault, A., Avérous, L., & Ducruet, V. (2011). Analysis of the structure-properties relationships of different multiphase systems based on plasticized poly (lactic acid). *Journal of Polymers and the Environment*, 19(2), 362-371.
- Fortunati, E., Armentano, I., Zhou, Q., Iannoni, A., Saino, E., Visai, L., Berglund, L., & Kenny, J. (2012). Multifunctional bionanocomposite films of poly (lactic acid), cellulose nanocrystals and silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1596-1605.
- Fortunati, E., Armentano, I., Zhou, Q., Iannoni, A., Saino, E., Visai, L., Berglund, L. A., & Kenny, J. M. (2012). Multifunctional bionanocomposite films of poly(lactic acid), cellulose nanocrystals and silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1596-1605.
- Fortunati, E., Armentano, I., Zhou, Q., Puglia, D., Terenzi, A., Berglund, L. A., & Kenny, J. (2012). Microstructure and nonisothermal cold crystallization of PLA composites based on silver nanoparticles and nanocrystalline cellulose. *Polymer Degradation and Stability*, 97(10), 2027-2036.
- Garcia-Garcia, D., Garcia-Sanoguera, D., Fombuena, V., Lopez-Martinez, J., & Balart, R. (2018). Improvement of mechanical and thermal properties of poly(3-hydroxybutyrate) (PHB) blends with surface-modified halloysite nanotubes (HNT). *Applied Clay Science*, 162, 487-498.
- Garcia-Garcia, D., Carbonell-Verdu, A., Jordá-Vilaplana, A., Balart, R., & Garcia-Sanoguera, D. (2016). Development and characterization of green composites from bio-based polyethylene and peanut shell. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(37).
- Habibi, Y., Lucia, L. A., & Rojas, O. J. (2010). Cellulose nanocrystals: chemistry, self-assembly, and applications. *Chemical reviews*, 110(6), 3479-3500.
- Petersson, L., Kvien, I., & Oksman, K. (2007). Structure and thermal properties of poly(lactic acid)/cellulose whiskers nanocomposite materials. *Composites Science and Technology*, 67(11-12), 2535-2544.
- Plastic Europe. (2018). *Plastics - The Facts. An analysis of European plastics production, demand and waste data.*
- Rayón Encinas, E., López Martínez, J., & Arrieta, M. P. (2013). Mechanical characterization of microlaminar structures extracted from cellulosic materials using nanoindentation technique. *Cellulose Chemistry and Technology*, 47(5-6), 345-351.
- Yang, W., Fortunati, E., Gao, D., Balestra, G. M., Giovanale, G., He, X., Torre, L., Kenny J.M., & Puglia, D. (2018). Valorization of acid isolated high yield lignin nanoparticles as innovative antioxidant/antimicrobial organic materials. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(3), 3502-3514.

COMUNICACIONES ORALES

Combinatoria. Particiones de Enteros Positivos y Distribuciones Acotadas

B. Cantó, R. Cantó, A. M. Urbano

Instituto de Matemática Multidisciplinar

Universitat Politècnica de València

Camino de Vera s/n 46022 Valencia

e-mail: {bcanto,rcanto,amurbano}@mat.upv.es

RESUMEN

En este trabajo abordamos una cuestión de Combinatoria y Teoría de Números relacionada con la distribución de objetos en distintas cajas. En particular vamos a estudiar las diferentes posibilidades de colocar n objetos idénticos en k cajas iguales, es decir, ni los objetos ni las cajas se distinguen entre sí, y de manera que en cada caja haya al menos un objeto. Una restricción significativa, y que no se contempla en el caso anterior, aparece cuando acotamos el máximo número de objetos que podemos distribuir en cada caja, problema al que nos referimos con el término de distribuciones acotadas. La resolución de este problema nos permite calcular cuántas formas canónicas de Jordan asociadas al valor propio cero podemos obtener para un determinado tipo de matrices (irreducibles y totalmente no negativas).

DISTRIBUCIONES ACOTADAS. PARTICIONES DE ENTEROS POSITIVOS

Es conocido que, en muchas ramas de las matemáticas como podrían ser las ecuaciones diferenciales o los procesos estocásticos, es muy útil descomponer matrices grandes en forma de producto de matrices más sencillas. Una de las descomposiciones más conocidas es la diagonalización de matrices y, en el caso en que la matriz no sea diagonalizable, la obtención de la forma canónica de Jordan. Lo importante de esta última descomposición es que toda matriz puede ser descompuesta de esta forma.

La forma canónica de Jordan ha sido ampliamente utilizada dentro del Álgebra Matricial para descomponer todo tipo de matrices. Actualmente, estamos trabajando en la caracterización de todas las estructuras de Jordan de matrices irreducibles totalmente no negativas asociadas a ternas (n,r,p) . Este tipo de matrices se caracterizan porque todos sus menores (determinantes de todas sus submatrices cuadradas) son no negativos y además no existe una matriz de permutación P tal que reordene a una matriz A , de tamaño $n \geq 2$ de esta forma:

$$P^T A P = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{pmatrix}.$$

La terna (n,r,p) identifica tres parámetros de la matriz: su tamaño n , su número de filas (o columnas) totalmente independientes o rango r y su p-rango p , que se define como el tamaño de la submatriz principal invertible más grande de la matriz A [1, 2].

Nuestro objetivo consiste en caracterizar todas las estructuras de Jordan de matrices irreducibles totalmente no negativas de tamaño n , rango r y p-rango p . Es conocido que este tipo de matrices tiene p valores propios no nulos y diferentes. Para el valor propio cero se verifica que la multiplicidad geométrica es $n-r$, es decir hay $n-r$ bloques de Jordan

asociados al cero, y la correspondiente multiplicidad algebraica es $n-p$, es decir, la suma de los tamaños de todos los bloques de Jordan asociados al cero es $n-p$, siendo p el mayor tamaño que pueden tener dichos bloques de Jordan.

¿Cuántas estructuras de Jordan asociadas al valor propio cero podemos obtener para este tipo de matrices? Notar que este problema es equivalente a calcular las particiones del número $n-r$, en $n-p$ partes y con cada parte menor o igual que h , es decir,

$$p_{n-r}^{(h)}(n-p)$$

El estudio del número total de particiones de un número entero positivo dado como suma de otros enteros positivos más pequeños ha sido estudiado en Combinatoria y Teoría de Números. En esta disciplina, una partición de un entero positivo n , también llamada partición entera, es una forma de escribir n como la suma de k partes, y de manera que dos particiones que sólo difieren en el orden de sus partes se consideran la misma partición.

Supongamos que tenemos n objetos que queremos distribuir en k cajas y que no podemos distinguir entre los objetos ni entre las cajas. Las posibles distribuciones se corresponden con las particiones del entero positivo n (véase, por ejemplo, [3]). Si se supone que ninguna caja puede quedarse vacía, entonces el número n deber ser mayor o igual que k , y la respuesta es el número de particiones de n en exactamente k partes que denotamos por $p_k(n)$.

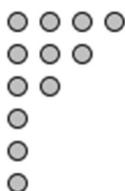
Si no se fija el número de cajas, es decir, el número de partes de la partición, entonces la respuesta es el número total de particiones del entero n que viene dado por:

$$p(n) = \sum_{j=1}^n p_j(n)$$

Propiedades.

- $p(n) = 0$, para cualquier entero negativo n ,
- $p_1(n) = 1$, para cualquier entero positivo n ,
- $p(0) = 1$, $p_2(2) = 1$, $p_2(3) = p_3(3) = 1$,
- y para $n \geq 4$, $p_2(n) = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor$, $p_{n-2}(n) = 2$, $p_{n-1}(n) = p_n(n) = 1$.

Para calcular $p_k(n)$ no se dispone de fórmulas explícitas. Conocida una partición de este tipo podemos representarla gráficamente mediante el diagrama de Ferrers. Por ejemplo, la representación de una partición del número $n=12$ en $k=4$ partes, $p_4(12)$ dada por la secuencia (6,3,2,1) es:



Apoyándonos en dicho diagrama podemos obtener, de forma sencilla, la siguiente fórmula de recurrencia:

$$p_k(n) = \sum_{j=1}^{\min\{k, n-k\}} p_j(n-k). \tag{1}$$

Así pues, el número total de secuencias que podemos obtener en el ejemplo se obtiene a partir de la expresión:

$$p_4(12) = \sum_{j=1}^4 p_j(8) = p_1(8)+p_2(8)+p_3(8)+p_4(8).$$

Notar que si $0 \leq n - k < 6$ el valor de $p_j(n - k)$ puede obtenerse directamente a partir de las propiedades dadas. En otro caso, es decir cuando $n - k \geq 6$, el siguiente algoritmo calcula $p_k(n)$ utilizando los elementos de una tabla T . En dicha tabla el elemento t_{ij} representa el número de particiones de i en exactamente j partes, esto es, $p_j(i)$.

```

Algorithm 1  $[T, p] = \text{triangle}(n, k), n - k \geq 6$ 


---


 $T = \text{zeros}(n - k, n - k); T(1 : 3, 1 : 3) = \text{tril}(\text{ones}(3));$ 
for  $i = 4 : n - k$ 
     $T(i, 1:2) = [1, \lfloor \frac{i}{2} \rfloor]; T(i, i - 2:i) = [2 \ 1 \ 1];$ 
end
for  $i = 6 : n - k$ 
    for  $j = 3 : i - 3$ 
         $q = 0; r = \min([j, i - j]);$ 
        for  $h = 1 : r$ 
             $q = q + T(i - j, h);$ 
        end
         $T(i, j) = q;$ 
    end
end
 $p = 0; u = \min([k, n - k]);$ 
for  $j = 1 : u$ 
     $p = p + T(n - k, j);$ 
end

```

Aplicando el Algoritmo 1 al ejemplo con $n=12$ y $k=4$ obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 1. Particiones de $n \leq 8$ en k partes.

| | k=1 | k=2 | k=3 | k=4 | k=5 | k=6 | k=7 | k=8 | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| n=1 | 1 | | | | | | | | p(1)=1 |
| n=2 | 1 | 1 | | | | | | | p(2)=2 |
| n=3 | 1 | 1 | 1 | | | | | | p(3)=3 |
| n=4 | 1 | 2 | 1 | 1 | | | | | p(4)=5 |
| n=5 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | p(5)=7 |
| n=6 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | p(6)=11 |
| n=7 | 1 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | p(7)=15 |
| n=8 | 1 | 4 | 5 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1 | p(8)=22 |

Por tanto, $p_4(12) = p_1(8)+p_2(8)+p_3(8)+p_4(8) = 1 + 4 + 5 + 5 = 15$.

Con el Algoritmo 1 obtenemos el número total de particiones del entero n en exactamente k partes. Recordemos que existe un algoritmo obtenido a partir de la

disertación de C.F. Hindenburg del siglo XVIII [*Infinitinonii Dignitatum Exponentis Indeterminati* (Göttingen, 1779), pp. 73-91] (véase [4]) para generar todas esas particiones. Sin embargo, si queremos que el mayor valor que alcance cada término de una partición sea menor o igual que un número h , entonces la ecuación (1) debe actualizarse. En este caso, el objetivo consiste en distribuir n objetos en k cajas con las restricciones de que el número de objetos en cada caja sea menor o igual que h y que cada caja contenga al menos un objeto, y lo denotamos como $p_k^{(h)}(n)$. Por ejemplo, si queremos obtener el número de particiones de $n=12$ en $k=4$ partes con $h=3$ el resultado se reduce significativamente de 15 a 1, partición dada por la secuencia (3,3,3,3), ya que $p_4^{(3)}(12) = 1$.

El cálculo del número de particiones cuando imponemos como restricción un número máximo de objetos en cada caja no es sencillo de obtener dada la casuística con la que nos podemos encontrar. Este cálculo nos permite responder a la pregunta inicial de ¿Cuántas estructuras de Jordan asociadas al valor propio cero podemos obtener para las matrices irreducibles y totalmente no negativas asociadas a la terna (n,r,p) ?

La tabla anterior juega un papel fundamental a la hora de obtener el número de particiones, pero hasta llegar a ella necesitamos una subdivisión en casos que depende de los valores de n , k y h . Los interesados en el tema pueden ver dicho resultado en el Teorema 3.4 de [2].

Para finalizar, comentar que otro problema importante que aparece una vez obtenido el número de particiones, o en nuestro ámbito estructuras de Jordan, que podemos conseguir es saber cuáles son. Para ello estamos diseñando un algoritmo que permite obtenerlas en [5].

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto MTM2017-85669-P-AR.

REFERENCIAS

- [1] Cantó, R. y Urbano, A.M., On the Jordan canonical form of irreducible totally positive Matrices, Proceedings of the XXV Cedy + XV CMA 2017, ISBN: 978-84-944402-1-2, Cartagena, Spain, (2017).
- [2] Cantó, B., Cantó, R. y Urbano, A.M., The number of Jordan canonical forms associated with realizable triples, sometido a una revista internacional, (2019).
- [3] Andrews, G.E., The Theory of Partitions, Encyclopedia of Mathematics and Its Applications, 2, Addison-Wesley, Reading, (1976).
- [4] Knuth, D.E., The Art of Computer Programming, 4A, Combinatorial Algorithms, Part 1, Addison-Wesley, Boston, (2011).
- [5] Cantó, B., Cantó, R. y Urbano, A.M., An algorithm for obtain all Jordan canonical forms of irreducible totally nonnegative matrices, en preparación, (2019).

Opti-Ace: Desarrollo de componentes deportivos con sensores ópticos integrados.

A. Gaona⁽¹⁾, N. García-Boch⁽¹⁾, D. Sartiano⁽²⁾, E. Torres⁽¹⁾

(1) AITEX - Instituto Tecnológico Textil,

Pl. Emilio Sala n1, Alcoy (Alicante)

e-mail: agaona@aitex.es

e-mail: etorres@aitex.es

(2) Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (ITAM),

Universitat Politècnica de València. Camí de Vera s/n, Valencia

e-mail: desar@teleco.upv.es

RESUMEN

En la última década la industria del deporte está creciendo de forma incesante en nuestro país. De hecho, el pasado año, este sector generó 15.000 millones de euros, lo que lo sitúa en quinta posición en término absolutos en nuestro PIB. Más concretamente, dentro de la industria del deporte, el mercado de dispositivos de monitorización de la actividad física ha aumentado su número de ventas de forma vertiginosa. De forma paralela, el desarrollo de sensores ópticos mediante Fibra Óptica Polimérica (POF) crece incesantemente debido a su gran versatilidad, encontrando numerosas aplicaciones en diferentes campos, tales como biomedicina, ingeniería civil o textil, entre otros. Es por ello que, el proyecto Opti-Ace pretende desarrollar componentes deportivos, concretamente, una pala de pádel, capaz de captar y procesar los datos del juego con el fin de evaluar el rendimiento del jugador.

INTRODUCCIÓN

En 2005, frente a las convencionales fibras ópticas basadas en materiales vítreos, Mitsubishi comercializó por primera vez una Fibra Óptica Polimérica (POF) bajo el nombre de ESKA® (Figura 1a). Este tipo de POF se obtiene mediante un proceso en dos etapas, extrusión monofilamento de polimetilmetacrilato (PMMA), seguida de un proceso deep-coating que recubre el filamento con polifluoruro de vinilideno (PVDF).^{1,2}

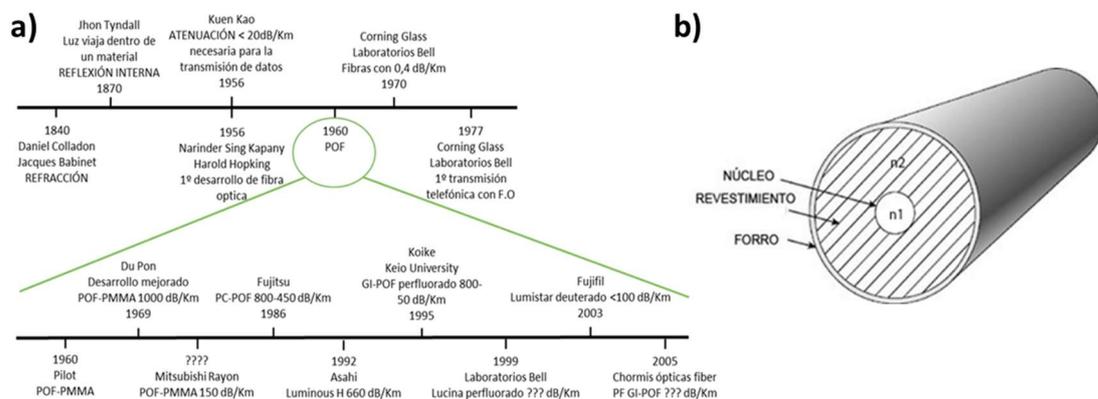


Figura 1. (a) Evolución cronológica de la fibra óptica convencional y polimérica. (b) Estructura típica de una fibra óptica con estructura core-sheath.³

Concretamente, el PMMA (Pexiglas®) es el polímero comúnmente empleado como núcleo en la obtención de POF, un material amorfo y, consecuentemente, transparente. Por su parte, como cladding o recubrimiento, se emplea la fibra fluorada Lumistar®. Esta fibra, patentada por la empresa Fujifilm, aunque se encuentra disponible en el mercado, no existen distribuidores en Europa, desconociéndose, además, su coste de producción (Figura 1b). Así, las fibras ópticas poliméricas, gracias a su mayor flexibilidad y propiedades mecánicas, están aumentando su uso comercial en diferentes sectores. Por otra parte, gracias al proyecto IVACE VOLFIL 2018, subvencionado por fondos GVA y desarrollado conjuntamente por AITEX y el Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (UPV), se simplificó y optimizó el proceso de obtención mediante una sola etapa de extrusión bicomponente.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Extrusión monofilamento bicomponente

- **Materiales:** Para la obtención de la POF bicomponente se utilizó PMMA Plexiglas® 8N como polímero óptico y PVDF Kynar Flex® 2500-20 como cladding. Previo a la etapa de extrusión, el PMMA se secó durante 10 horas a 75°C, mientras que el PVDF, dada su alta hidrofobicidad, no se sometió a ningún tratamiento térmico.
- **Extrusora monofilamento:** Las condiciones óptimas del proceso establecieron temperaturas de trabajo de ~ 240°C, velocidades de trabajo inferiores a 60 rpm y un cabezal específico para monofilamentos bicomponentes (Figura 2).

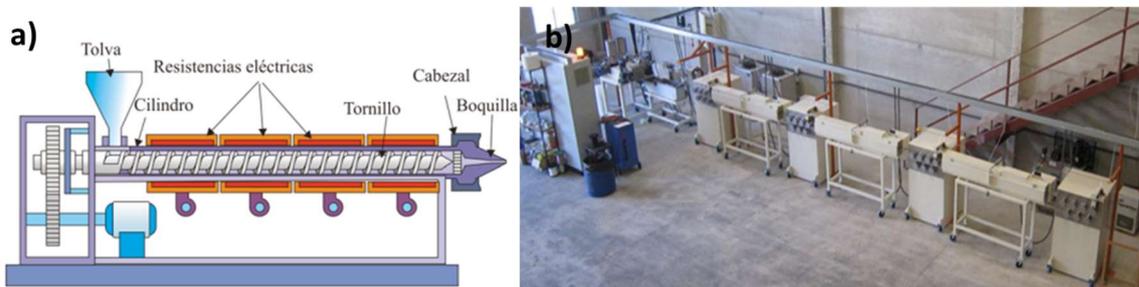


Figura 2. (a) Representación esquemática de una extrusora monofilamento. (b) Planta piloto de extrusión monofilamento bicomponente (AITEX).

Obtención de una pala de pádel

Para la fabricación de la pala de pádel, mediante una etapa inicial de tejeduría, se obtuvo un tejido de fibra de carbono con POF incorporada. En una segunda etapa, se añadieron más tejidos de fibra de carbono, los cuales fueron fijados entre sí mediante una resina termoestable, dando lugar a la formación de un composite. La fabricación de este composite se realizó por duplicado, ya que éstos fueron colocados en la zona externa de la pala, recubriendo la espuma de poliuretano que actúa de relleno. Por último, se aplicó la resina termoestable mediante vacío formando la pieza final, donde la espuma de poliuretano, en forma de pala, es recubierta por ambas caras formando un sándwich (Figura 3).

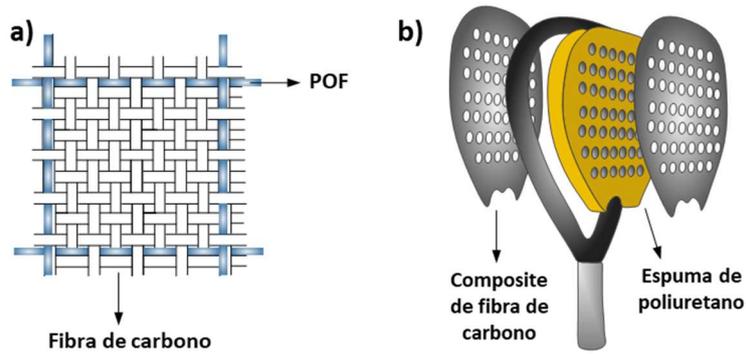


Figura 3. (a) Tejido de fibra de carbono con POF incorporada. (b) Prototipo pala de pádel.

Medición de la transmitancia de la luz

La pérdida de potencia óptica o atenuación, α (dB/m), de las POF's se midió mediante un dispositivo LED con cabezal de AlGaInP ($\lambda = 645$ nm). Más concretamente, el LED se dirigió con una corriente constante, implementado con un convertor digital-a-analógico de 12-bit (DAC) (MCP4822 (Microchip, Chandler, AZ, USA)), un amplificador operacional general (LM358 (Texas Instrument, Dallas, TX, USA)), un transistor de silicóna BJT (2N2222A (STMicroelectronics, Geneva, Switzerland)) y un resistor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extrusión monofilamento bicomponente

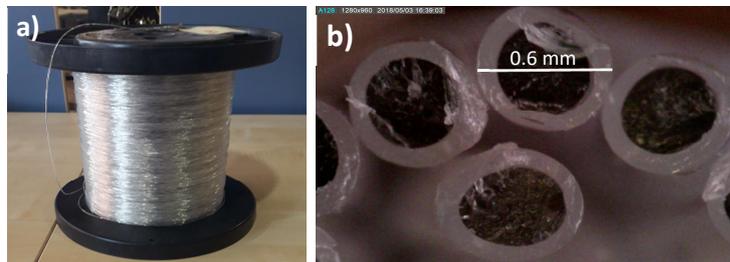


Figura 4. (a) Carrete de POF bicomponente PMMA-PVDF. (b) Fotografías de POF bicomponente PMMA-PVDF obtenidas con microscopio óptico.

Tejido de fibra de carbono con POF incorporada



Figura 5. (a), (b) Planta piloto de tejeduría (AITEX). (c) Tejido de fibra de carbono con POF incorporada.

Formación del composite

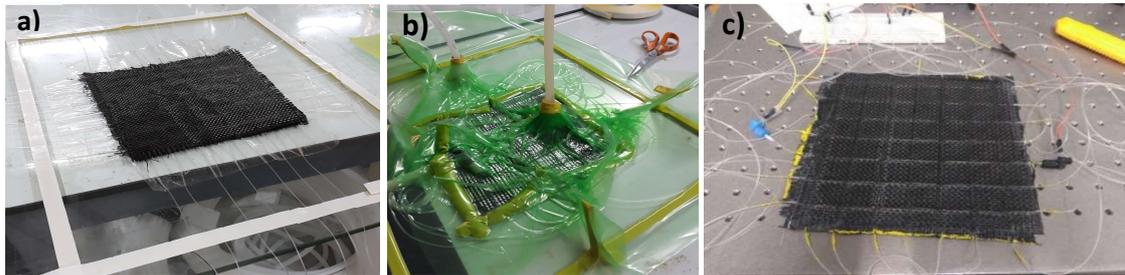


Figura 6. (a) Composite de fibra de carbono con POF incorporada. (b) Formación de un composite de fibra de carbono y una resina termoestable mediante aplicación de vacío. (c) Medida de la atenuación en el composite.

Obtención del prototipo final

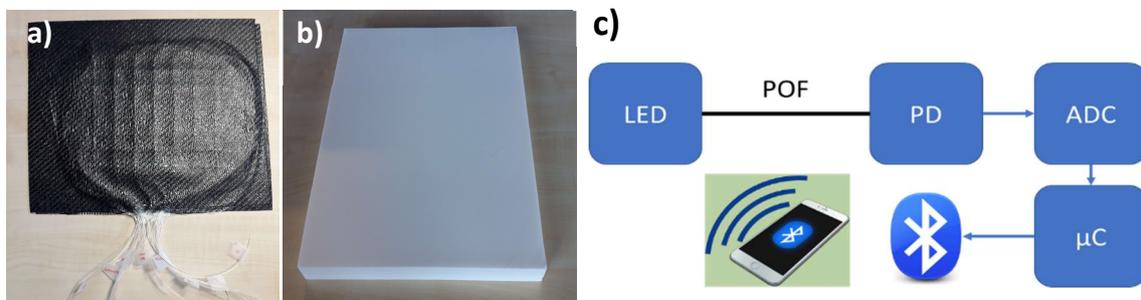


Figura 7. (a) Composite de fibra de carbono con POF incorporada. (b) Espuma de poliuretano, relleno de la pala de pádel. (c) Representación esquemática del circuito de control.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Opti-Ace, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

REFERENCIAS

- (1) Zubia, J., Arrue, J. (2001). Plastic Optical Fibers: An Introduction to Their Technological Processes and Applications. *Opt. Fiber Technol*, 7 (2), 101–140.
- (2) Maxwell, I.A. (2003). Materials for Polymer Optical Fibers. WO2003012500A1.
- (3) Berganza, A. (2013). Estudio y Caracterización de Las Fibras Ópticas de Plástico Multinúcleo, *Universidad del País Vasco*.

Modelado del consumo eléctrico en una estación de galvanizado en caliente por inmersión en Zinc

J.C. García-Díaz ⁽¹⁾, O.Trull ⁽¹⁾

*(1) Departamento de Estadística e Investigación operativa aplicada y Calidad
Universitat Politècnica de València
e-mail: juagardi@eio.upv.es*

RESUMEN

El proceso de galvanizado en caliente mediante inmersión en baño de Zinc es un proceso industrial muy comúnmente utilizado en la industria española. Este proceso tiene un punto clave para su rentabilidad: el baño de Zinc, y su calentamiento. Este calentamiento se produce mediante una serie de inductores de alto consumo energético. Este artículo contribuye a la mejora de la gestión económica del proceso mediante la utilización de modelos de series temporales de Holt-Winters para la predicción de consumo energético en el baño de zinc, permitiendo a las empresas conocer su futura demanda y coste, permitiendo una mejor negociación con su proveedor de electricidad.

INTRODUCCIÓN

El galvanizado es un proceso muy utilizado en la industria para proteger el acero frente a corrosión y otros factores. El proceso de galvanizado mediante la inmersión en baño caliente de Zinc se ha impuesto como uno de los métodos más habituales, debido, entre otros motivos, a su viabilidad económica. Sin embargo, uno de los factores clave que tiene este proceso es el uso de energía eléctrica para el calentamiento del baño, el cual requiere de una gran elevada energía eléctrica. El precio de la energía eléctrica está subiendo considerablemente, y en concreto, en España, el precio de la energía para usos industriales ha aumentado un 9% (Robinson, 2015). Esta situación obliga a un control considerable sobre el consumo energético. En este artículo se propone un nuevo método de control y optimización del consumo eléctrico mediante el uso de series temporales. La utilización de los métodos de Holt-Winters doble estacionales aplican perfectamente al modelo de demanda energética del baño de Zinc, y permite realizar predicciones de consumo en los procesos. Esta información debe ser gestionada por la empresa para la negociación con sus proveedores de electricidad.

MODELADO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO

Proceso de galvanizado

El acero es galvanizado para poder dotarlo de una protección frente a la corrosión manteniendo las propiedades mecánicas del acero. El proceso de galvanizado continuo mediante la inmersión de un baño caliente de zinc produce un enorme valor añadido al acero, además de proporcionar un proceso continuo y de calidad (Debón & Carlos García-Díaz, 2012). El acero entra en láminas desde un rollo y pasa por un calibrado donde se mide el espesor y se calienta en un horno de recocido. Posteriormente entra en el baño de zinc, que se encuentra a una temperatura media de 460°C. El zinc se deposita sobre la superficie del acero mediante un sistema de difusión, y posteriormente es enfriado y enrollado de nuevo (Ajersch, Ilinca, & Héту, 2004; J. C. García-Díaz, 2009; Tang, 1999). El crisol dispone de un sistema de inducción donde el baño se hace circular

a través de un canal interno situado en el núcleo (Fig. 1). Cuando se hace circular corriente por el núcleo, se generan corrientes de Foucault que calientan el líquido presente en el canal. Es necesario mantener las temperaturas, y el crisol está recubierto con una pared refractaria (Tama, 1974). Al estar situada esta pared en el fondo del crisol, es necesario hacer circular el baño a través del canal del inductor y para controlar la temperatura del baño, se utilizan varios sensores de temperatura localizados a diferentes alturas del crisol. Esta temperatura varía con la introducción de nuevo material de aporte (zinc en lingotes) así como por el propio proceso. El control activa y desactiva los inductores para llegar a la temperatura de consigna.

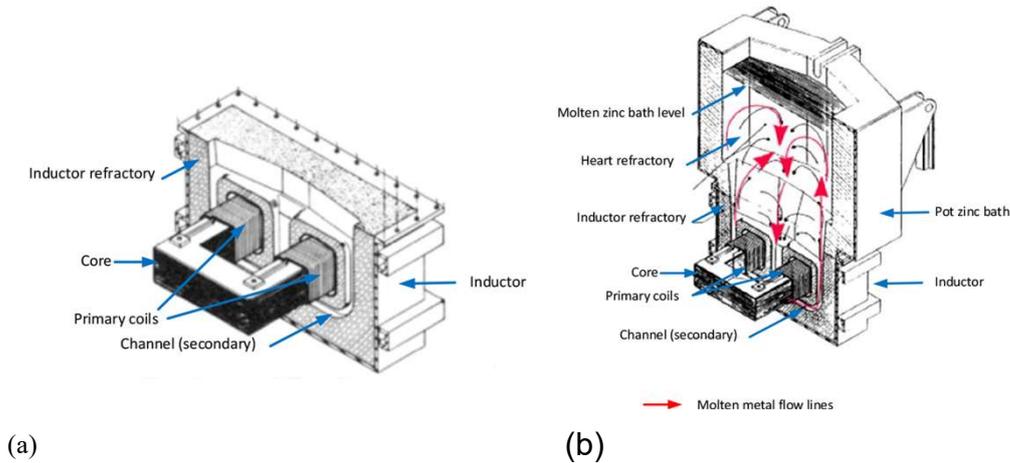


Figura 1. Crisol de Zinc. Sistema de calentamiento por inducción (adaptado de Tama, 1974). a) Inductor por flujo. b) Sistema de calentamiento por inducción en el crisol.

Modelo de demanda eléctrica

El consumo realizado por los inductores a lo largo del tiempo puede observarse en la Fig. 2. Aquí se muestra la demanda energética en kWh frente al tiempo (medido en minutos). El resultado es una serie temporal en la que se aprecia claramente dos estacionalidades presentes: una cada 10 minutos y otra cada 70 minutos.

Viendo la fuerte influencia de las estacionalidades, se decide por la utilización de un modelo de Holt-Winters múltiple estacional. Estos modelos fueron propuestos por Taylor en 2003 (Taylor, 2003, 2010). García-Díaz y Trull (J.C. García-Díaz & Trull, 2016) analizan los modelos de Holt-Winters múltiple estacionales (nHWT), que se muestra en las ecuaciones (1-4).

$$L_t = \frac{\alpha X_t}{\prod_{i=1}^{n_s} I_{t-s_i}^{(i)}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

$$T_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1} \quad (2)$$

$$I_t^{(i)} = \delta^{(i)} \frac{X_t}{L_t \prod_{j=1, j \neq i}^{n_s} I_{t-s_j}^{(j)}} + (1 - \delta^{(i)}) I_{t-s_i}^{(i)}, \quad i = 1, \dots, n_s \quad (3)$$

$$\hat{X}_{t+k} = (L_t + kT_t) \prod_{i=1}^{n_s} I_{t-s_i+k}^{(i)} + \varphi_{AR}^k \varepsilon_t \quad (4)$$

Donde L_t , T_t , $I_t^{(i)}$ y \hat{X}_{t+k} son las ecuaciones de nivel, tendencia, índices estacionales y previsión, basada en los parámetros de suavizado α , γ y $\delta^{(i)}$. Los valores observados X_t son utilizados para obtener el modelo con sus parámetros, mientras que con la ecuación de previsión se realizan las nuevas innovaciones del modelo. El valor φ_{AR}^k

permite corregir el modelo mediante un ajuste utilizando el error de autocorrelación de primer orden. Dependiendo de la forma de combinar las ecuaciones, pueden obtenerse hasta treinta modelos, listados en la Tabla 1.

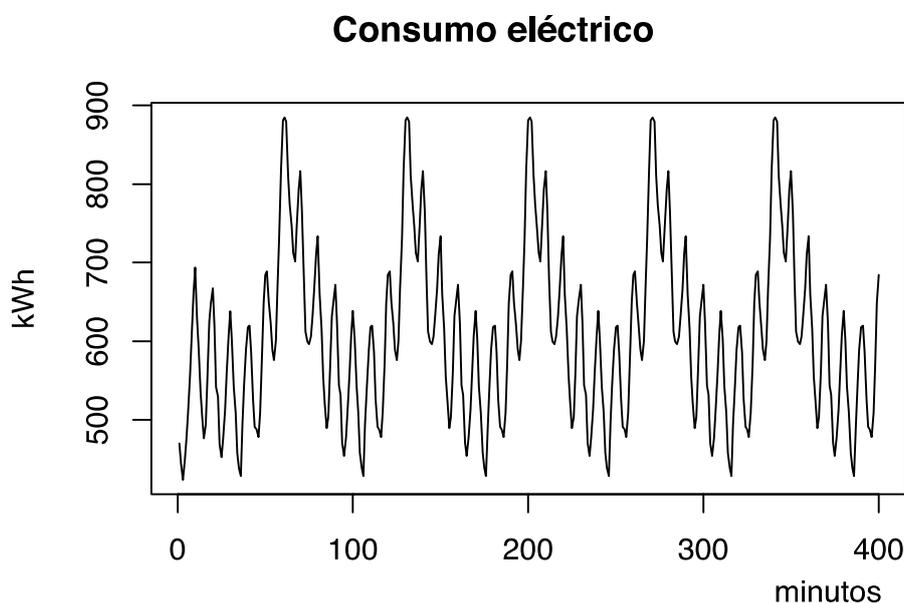


Figura 2. Demanda eléctrica del baño de zinc en el proceso de galvanizado. Las lecturas que se muestra corresponden a un turno de producción.

Tabla 1. Cuadro de combinaciones de las ecuaciones de los modelos de Holt-Winters. Las letras indican el modelo, y los números las estacionalidades (J.C. García-Díaz & Trull, 2016).

| Estacionalidad | Ninguna | Aditiva | Multip. | Ninguna | Aditiva | Multip. |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Sin ajustar | | | Con ajuste AR(1) | | |
| Tendencia | | | | | | |
| Ninguna | NN _{10,70} | NA _{10,70} | NM _{10,70} | NNC _{10,70} | NAC _{10,70} | NMC _{10,70} |
| Aditiva | AN _{10,70} | AA _{10,70} | AM _{10,70} | ANC _{10,70} | AAC _{10,70} | AMC _{10,70} |
| Aditiva amort. | dN _{10,70} | dA _{10,70} | dM _{10,70} | dNC _{10,70} | dAC _{10,70} | dMC _{10,70} |
| Multiplicativa | MN _{10,70} | MA _{10,70} | DM _{10,70} | MNC _{10,70} | MAC _{10,70} | MMC _{10,70} |
| Multiplicativa amort. | DN _{10,70} | DM _{10,70} | DM _{10,70} | DMC _{10,70} | DAC _{10,70} | DMC _{10,70} |

RESULTADOS

Para decidir sobre qué modelo utilizar en las previsiones, se utilizan 330 valores para ajustar el modelo y 70 para comparar las previsiones realizadas por los modelos. Para realizar las comparaciones, se utiliza el valor medio del error porcentual (MAPE), ecuación (5). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Se puede apreciar como el modelo más competitivo para realizar previsiones es el NMC_{10,70}. Las previsiones realizadas son muy ajustadas, lo cual permite comprobar la capacidad de este método.

$$\text{MAPE} = 100 \frac{1}{n} \sum_n \frac{|\hat{X}_t - X_t|}{|X_t|} \quad (5)$$

Tabla 2. MAPE de la previsión a 70 minutos de los modelos indicados.

| Tendencia. | MAPE del ajuste | | MAPE de validación | |
|----------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | Método estacional | | Método estacional | |
| | Aditivo | Multiplicativa | Aditiva | Multiplicativa |
| Ninguna | 0.4418 | 0.3895 | 0.1767 | 0.0004 |
| Aditivea | 0.2480 | 0.1994 | 0.1256 | 0.2343 |
| Ad. Amort. | 0.2542 | 0.5104 | 0.0537 | 0.0004 |
| Multiplicativa | 0.5056 | 0.5199 | 0.0930 | 0.3213 |
| Mult. Amort. | 0.432 | 0.6449 | 0.0717 | 0.0083 |

CONCLUSIONES

La modelización del consumo energético mediante la utilización de modelos de Holt-Winters múltiple estacionales permite realizar pronósticos de consumo con una precisión cercana al 0,0004 en MAPE. Esto permite a la empresa una mejor gestión de la negociación de precios de la energía con los proveedores.

REFERENCIAS

- Ajersch, F., Ilinca, F., & Héту, J.-F. (2004). Simulation of flow in a continuous galvanizing bath: Part II. Transient aluminum distribution resulting from ingot addition. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 35(1), 171–178.
- Debón, A., & Carlos Garcia-Díaz, J. (2012). Fault diagnosis and comparing risk for the steel coil manufacturing process using statistical models for binary data. *Reliability Engineering & System Safety*, 100, 102–114.
- García-Díaz, J. C. (2009). Fault detection and diagnosis in monitoring a hot dip galvanizing line using multivariate statistical process control. *Safety Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications*, 1, 201–204.
- García-Díaz, J Carlos, & Trull, Ó. (2016). Competitive Models for the Spanish Short-Term Electricity Demand Forecasting. In I. Rojas & H. Pomares (Eds.), *Time Series Analysis and Forecasting: Selected Contributions from the ITISE Conference* (pp. 217–231). Cham: Springer International Publishing.
- Robinson, D. (2015). *Análisis comparativo de los precios de la electricidad en la Unión Europea y en Estados Unidos: una perspectiva Española*. Eurocofin.
- Tama, M. (1974). Development of channel induction furnaces for melting copper and brass. *JOM*, 26(1), 18–25. <https://doi.org/10.1007/BF03355858>
- Tang, N.-Y. (1999). Characteristics of continuous-galvanizing baths. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 30(1), 144–148.
- Taylor, J. W. (2003). Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing. *Journal of the Operational Research Society*, 54(8), 799–805.
- Taylor, J. W. (2010). Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting. *European Journal of Operational Research*, 204(1), 139–152.

Procedimiento de medida de las fibras desprendidas en las aguas de lavados de textiles

M. Berruezo⁽¹⁾, M. Bonet-Aracil⁽¹⁾, E. Bou-Belda⁽¹⁾, J. Gisbert-Payá⁽¹⁾, I. Montava⁽¹⁾

(1) Grupo de Gestión Integral en la Industria Textil (GIITEX)

Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València

Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)

e-mail: maboar@txp.upv.es

RESUMEN

El incremento en la concienciación medioambiental de las sociedades desarrolladas, ha derivado en la publicación frecuente en prensa de noticias relacionadas con los plásticos y su capacidad contaminante, no sólo cuando se trata de sólidos de dimensiones considerables, también se contempla la contaminación de los microplásticos. En este trabajo se pretende desarrollar un protocolo que permita evaluar y determinar la cantidad de fibras desprendidas en los procesos de lavado de productos textiles.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el plástico es fundamental en nuestra forma de vida, llegando a ser la mayoría de objetos y productos cotidianos de este material (Andrady 2018). Destinando un 36% de plásticos al envase y embalaje, 16% a la construcción, 15% a textiles, 22% a productos de consumo y otros campos, 6% a transporte, 4% a eléctrica y electrónica y 1% a maquinaria industrial (Bekman, 2018).

Los plásticos son polímeros sintéticos que derivan del petróleo o el gas, siendo el primer plástico conocido la baquelita (Napper, Thompson, 2016). Desde entonces, el desarrollo en este campo ha aumentado tan notablemente, que casi se ha igualado la producción de plásticos de los primeros diez años del siglo XXI con la producida durante toda la mitad del siglo pasado (Andrady, 2018).

Esto se ha convertido en un gran problema medioambiental, ya que se ha llegado a una sobreproducción de esta materia en la mayoría de la fabricación de productos de cualquier índole o tipología. Esta sobreproducción lleva a un mal uso y desechado de estos plásticos, siendo una fuente muy potente de contaminación ambiental.

Uno de los entornos más afectados por este problema es el marino, que es de los más castigados. Playas, aguas superficiales, columnas de corrientes marinas, sedimentos submareales, todo esto es afectado por estos derivados del petróleo, que pueden provenir de varias fuentes, como la fragmentación de plásticos más grandes o la entrada directa de microplásticos derivados de los cosméticos o partículas resultantes del desgaste de los productos (Negreira, López de Alda, 2013). Además de estas fuentes, recientemente, se calificó con una prioridad de 7/10 grados para las fuentes de las fibras sintéticas derivadas de los lavados domésticos de productos textiles (Andrady, 2018).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Realización del proceso de lavado

Se comienza siguiendo el plan de ensayos utilizado en un artículo relacionado según establecen de Falco et al (De Falco, F., Gullo, M. P., Gentile, G., Di Pace, E., Cocca, M., Gelabert, L., ... & Mossotti, 2018). En este se toma de referencia la norma UNE-EN ISO 105-C06. Solidez del color al lavado doméstico y comercial. Se siguen los parámetros del ensayo A1S, utilizando el Linitest y un sistema con bomba de filtrado, utilizando unos filtros de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 1,2 μm .

Se ensayan probetas de tejido de dimensiones de 10x4 cm, con los parámetros de lavado de A1S, que se detallan a continuación:

- 40 °C
- 10 bolas de acero
- 150 ml de agua destilada
- 30 min de duración
- Sin ajustar pH

Caracterización del proceso de filtrado

El tratamiento de filtrado se ha realizado con un filtro sobre el que se deposita un filtro de fibra de vidrio de tamaño de poro de 1,2 μm . Para el proceso de filtrado se dispuso el filtro de fibra de vidrio sobre dos sistemas de filtrado:

- a) Filtro cerámico con sustento de la fibra de vidrio por gravedad (ver Fig. 1)
- b) Filtro con retención de la fibra de vidrio por sistema magnético (ver Fig. 2).



Figura 1. Filtro cerámico sobre el que se sustenta el filtro de fibra de vidrio. a) Vista superior. b) vista de perfil.



Figura 2. Filtro de soporte magnético para sustentar el filtro de fibra de vidrio. a) zona inferior b) zona superior.

El filtrado se puede realizar por gravedad, sin embargo, en este caso se ha realizado con la ayuda de una bomba de vacío. Una vez realizado el proceso de filtrado, se vierte el agua destilada con el fin de arrastrar posibles fibras que quedarán en el recipiente de lavado y se pasa por el filtrado. El sistema que se utiliza se compone de un embudo

agujereado (Fig. 1 y 2), donde se coloca el filtro de vidrio, que encaja en un erlenmeyer, donde va a parar el agua ya filtrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las aguas tras los lavados se ha filtrado, y se obtiene la cantidad de fibras desprendidas por métodos gravimétricos. Para ello se debe verificar que el peso de los filtros de fibra de vidrio es estable. Para ello se observa en la Tabla 1 el valor de 6 muestras de filtro sin tratar que se ha introducido en la estufa a 100 ± 5 °C durante diferentes periodos de tiempo.

Tabla 1. Ensayos de secado de los filtros.

| Ensayo | Peso 1 (15 min) | Peso 2 (60 min) | Peso 3 (120 min) |
|--------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1 | 0,3391 g | 0,3387 g | 0,3387 g |
| 2 | 0,3365 g | 0,3360 g | 0,3360 g |
| 3 | 0,3432 g | 0,3427 g | 0,3427 g |
| 4 | 0,3324 g | 0,3319 g | 0,3318 g |
| 5 | 0,33759g | 0,3375 g | 0,3375 g |
| 6 | 0,3377 g | 0,3370 g | 0,3370 g |

Tras la observación de los resultados de la Tabla 1 se puede apreciar que a pesar de que la fibra de vidrio no es higroscópica, es decir, no tiene capacidad para absorber humedad del ambiente, el peso del filtro varía con el tiempo de estar en la estufa, lo cuál indica la presencia de cierta humedad en el filtro. Ello indica que el filtro retiene en su estructura humedad que es la que debe eliminarse con el objeto de que las comparaciones entre pesos partan de las mismas condiciones. Evidentemente el peso del filtro tras 15 minutos no es estable, aunque no se aprecian diferencias entre los 60 y 120 minutos, Así pues, se determina que los filtros deberán ser secados durante 60 minutos previamente al filtrado del ensayo en estudio.

Cuando se someten los tejidos a los procesos de lavado y se filtran se puede observar que las variaciones obtenidas en los pesos de los filtros no son significativas. Así pues, se procede a modificar las condiciones de lavado incrementando la superficie de tejidos lavado a dimensiones de 5,5 x 5,5 cm. En este caso, el proceso de filtrado ha sido el mecanismo descrito en la Fig. 1, dado que los resultados obtenidos tampoco han sido significativos se modifica el proceso incorporando el segundo método de filtrado (Fig. 2) en el que se procede a emplear un sistema de filtrado que es capaz de retener el filtro de fibra de vidrio sujeto mediante un mecanismo magnético y reduce o elimina las posibilidades de fuga de líquido y por ende de las fibras que pueda contener.

Tras la realización de los ensayos según el método de filtrado de la Fig. 2, se observa que la diferencia de pesaje entre las muestras es significativa, ello permite evidenciar que el protocolo diseñado es capaz de retener las fibras en el filtro y por tanto en este momento es viable establecer comparaciones entre diferentes probetas. El análisis de los filtros mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido (SEM) muestra la presencia de fibras en la superficie del filtro tal y como se puede observar en la Fig. 3.

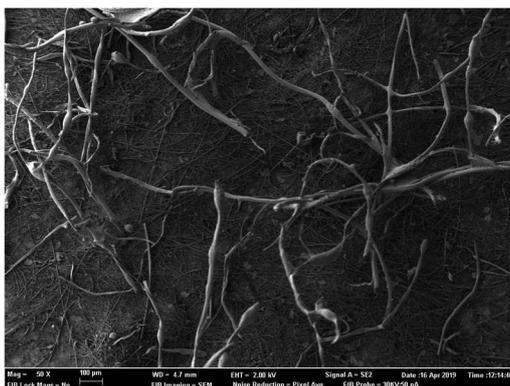


Figura 3. Filtro de fibra de vidrio con fibras tras el filtrado de las aguas de lavado.

CONCLUSIONES

El protocolo definitivo de lavado es:

- 1) Cortar las muestras en dimensiones de 5,5 x 5,5 cm. Cuatro muestras por tejido.
- 2) Secado del filtro durante 60 minutos a 100 °C.
- 3) Preparación del lavado con:
 - a. 150 ml de agua destilada.
 - b. 10 bolas de acero.
 - c. 4 muestras de tejido.
- 4) Se introduce en el linitest a 40 °C durante 30 minutos.
- 5) Se pesan los filtros secos, anotando su gramaje.
- 6) Se prepara el filtro en el sistema de filtrado.
- 7) Se recoge el agua del lavado y se filtra.
- 8) Se extrae el filtro y se seca en la estufa durante 60 minutos a 100 °C.
- 9) Se pesa el filtro seco y se anota el gramaje.

REFERENCIAS

Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596-1605.

Beckman, Erick. 2018. The world of plastics, in numbers. <http://theconversation.com/the-world-of-plastics-in-numbers-100291> 9. August.2018

De Falco, F., Gullo, M. P., Gentile, G., Di Pace, E., Cocca, M., Gelabert, L., ... & Mossotti, R. (2018). Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. *Environmental Pollution*, 236, 916-925.

Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Marine pollution bulletin*, 112(1-2), 39-45.

Negreira, N., de Alda, M. L., & Barceló, D. (2013). On-line solid phase extraction–liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the determination of 17 cytostatics and metabolites in waste, surface and ground water samples. *Journal of Chromatography A*, 1280, 64-74.

Optimización del proceso de impregnación para la aplicación de grafeno sobre tejidos de algodón.

J. Gisbert-Payá⁽¹⁾, T. Ruiz-Calleja⁽¹⁾, E. Bou-Belda⁽¹⁾, P. Díaz-García⁽¹⁾

(1) Grupo de Investigación en la Industria Textil (GIITEX). Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Alcoy, Alicante, España.

e-mail: evbobel@upvnet.upv.es

RESUMEN

El grafeno es uno de los materiales más polifacéticos de los últimos años, destacando en aplicaciones como el almacenamiento y generación de energía o dispositivos electrónicos. Su incorporación en los textiles es un campo de estudio sumamente prometedor, ya que permite conferir a los tejidos diversas propiedades, tales como conductividad eléctrica o térmica. Para la presente investigación, se han propuesto cuatro dispersiones con formulaciones diferentes para determinar cuáles son las características más convenientes a la hora de realizar una impregnación con grafeno, de manera que se obtenga una deposición uniforme del mismo. Para mayor referencia, se ha realizado una comparativa entre el comportamiento de textiles celulósicos y de poliéster, en los que se ha evaluado el porcentaje de absorción, conocido como pick up, y las coordenadas cromáticas.

INTRODUCCIÓN

Se denomina grafeno a una monocapa plana de átomos de carbono estrechamente agrupados en una estructura de panal de abejas bidimensional, aislada por primera vez en 2004 por Geim y Novoselov (Novoselov, Geim, Morozov, Jiang, Zhang, Dubonos & Firsov, 2004). Entre las propiedades que se le atribuyen, destacan su elevada movilidad de electrones, alta conductividad térmica, propiedades mecánicas excepcionales (Geim & Novoselov, 2010) así como un comportamiento hidrófobo (Leenaerts, Partoens, & Peeters, 2009).

En cuanto a la aplicación del grafeno en ámbito textil, su incorporación a los tejidos se puede realizar de diversas formas. Los procedimientos más habituales son: recubrimiento de los tejidos, deposición química de vapor sobre una malla metálica, que posteriormente se elimina para dejar únicamente el grafeno y, por último, también pueden fabricarse fibras de grafeno (Molina, 2016).

EXPERIMENTAL

Materiales

Para esta investigación se emplean dos sustratos textiles de distintas características:

- Tejido celulósico 100% con un gramaje de 210 g/m², compuesto por algodón y lino, blanqueado químicamente en un proceso industrial.
- Tejido 100% poliéster con un gramaje de 150 g/m².

Se utiliza el grafeno suministrado por Innovatec SC, S.L.

Para la humectación previa de los sustratos textiles se emplea Proindeter MRL. En dos de las dispersiones elaboradas se ha utilizado Resina Center BC, suministrada por Color-Center S.A.

Obtención de las dispersiones

Para la impregnación de los tejidos, se realizan cuatro formulaciones con las proporciones mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de las dispersiones empleadas

| | Grafeno (g/L) | Resina (g/L) |
|---------------------|---------------|--------------|
| Dispersión 1 | 5 | 0 |
| Dispersión 2 | 10 | 0 |
| Dispersión 3 | 5 | 10 |
| Dispersión 4 | 10 | 10 |

Impregnación de los tejidos

Como paso previo a la impregnación, los tejidos se sumergen durante 5 minutos en una disolución de 2 g/L de humectante. Las muestras son impregnadas mediante fulardado y posteriormente secadas en estufa durante 3 minutos a 150 °C.

Determinación del pick up

Para determinar el pick up o porcentaje de producto que han absorbido las muestras, se emplea la siguiente fórmula (1):

$$Pick\ up = \frac{Peso\ humedo - Peso\ seco}{Peso\ seco} \cdot 100 \quad (1)$$

Mediante esta ecuación (1), y conociendo el porcentaje de grafeno presente en cada dispersión, se podrá estimar la cantidad teórica de grafeno depositada en cada muestra.

Evaluación de las coordenadas cromáticas

Las coordenadas cromáticas (L^* , a^* , b^*) del espacio de color CIELAB de las muestras tintadas fueron obtenidas con el espectrofotómetro de reflectancia MINOLTA S.A modelo CM-3600d con el observador estándar 10° y el iluminante D65. El estudio de color está basado según la norma UNE EN ISO 105 J01:2000 – Ensayos de solidez del color. Parte J01: Principios generales para la medición del color de superficies (ISO 105-J01:1997).

La diferencia de color de las muestras tintadas respecto a la muestra de tejido sin estampar (Blanco) fue obtenida de acuerdo a la siguiente ecuación (2):

$$Diferencia\ de\ color\ (\Delta E) = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2} \quad (2)$$

Donde $\Delta L = L^*$ sin tinter – L^* tintada; $\Delta a^* = a^*$ sin tinter – a^* tintada; $\Delta b^* = b^*$ sin tinter – b^* tintada; “ L^* ” describe la luminosidad, “ a^* ” medida de matices rojo-verde, “ b^* ” medida de matices azul-amarillo.

Evaluación de las solideces al lavado

La solidez al lavado se evaluó de acuerdo con la norma ISO 105:C06, lavando durante 30 minutos a 40 °C utilizando tejido testigo SDC Multifibre DW, según norma BS EN ISO 105 F10, suministrado por SDC Enterprises Limited.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del pick up

En la Tabla 2 se presentan los valores de pick up, así como la estimación de la cantidad de grafeno presente en cada muestra.

Tabla 2. Resultados del pick up

| SUSTRATO POLIÉSTER | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Pick up (%) | Cantidad grafeno (g) |
|---------------------|------------------|----------------|-------------|----------------------|
| Dispersión 1 | 6,20 | 11,05 | 78,23 | 0,24 |
| Dispersión 2 | 6,03 | 10,64 | 76,45 | 0,46 |
| Dispersión 3 | 5,83 | 10,32 | 77,02 | 0,22 |
| Dispersión 4 | 6,19 | 10,93 | 76,58 | 0,47 |
| SUSTRATO CELULÓSICO | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Pick up (%) | Cantidad grafeno (g) |
| Dispersión 1 | 7,83 | 14,58 | 86,21 | 0,34 |
| Dispersión 2 | 7,55 | 14,25 | 88,74 | 0,67 |
| Dispersión 3 | 7,31 | 13,57 | 85,64 | 0,31 |
| Dispersión 4 | 7,62 | 14,20 | 86,35 | 0,66 |

Se observa una clara diferencia entre el porcentaje de absorción del sustrato de poliéster y del sustrato celulósico, dada la diferente hidrofiliidad de ambas composiciones. Por otro lado, las diferencias de absorción entre las dispersiones con resina y sin ella no resultan significativas en cuanto a cantidades, pero, en el apartado de conclusiones, veremos que hay un efecto que influye en la dispersión y posterior absorción de grafeno por parte de las muestras con resina de manera que la estimación de la proporción de grafeno no se corresponde con la cantidad real.

Evaluación de las coordenadas cromáticas

A continuación, se presentan los valores obtenidos para las coordenadas cromáticas de las muestras estudiadas, tanto poliéster (Tabla 3), como algodón (Tabla 4), tras la aplicación de las diferentes dispersiones, así como después de un ciclo de lavado.

Tabla 3. Coordenadas cromáticas de las muestras de poliéster

| Muestra | L* | a* | b* | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE^*ab |
|------------------|---------|---------|---------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Poliéster Blanco | 83,4135 | -0,7349 | 0,4854 | | | | |
| Disp. 1 | 67,541 | -0,3506 | -0,5502 | -15,8725 | 0,3843 | -1,0356 | 15,9109 |
| Disp. 2 | 61,6593 | -0,5113 | -0,5063 | -21,7541 | 0,2237 | -0,9917 | 21,7779 |
| Disp. 3 | 71,597 | -0,509 | -0,1288 | -11,8164 | 0,2259 | -0,6142 | 11,8345 |
| Disp. 4 | 71,0137 | -0,598 | -0,7585 | -12,3997 | 0,137 | -1,244 | 12,4627 |

Tabla 4. Coordenadas cromáticas de las muestras de algodón

| Muestra | L* | a* | b* | ΔL^* | Δa^* | Δb^* | ΔE^*ab |
|----------------|---------|---------|--------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Algodón Blanco | 81,3508 | -0,7679 | 1,6568 | | | | |
| Disp. 1 | 73,9309 | -0,6655 | 0,4123 | -7,42 | 0,1024 | -1,2445 | 7,5243 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|---------|
| Disp. 2 | 69,6074 | -0,7873 | 0,9085 | -11,7434 | -0,0193 | -0,7484 | 11,7673 |
| Disp. 3 | 74,7372 | -0,9475 | 2,0312 | -6,6137 | -0,1796 | 0,3744 | 6,6267 |
| Disp. 4 | 72,241 | -0,6512 | 0,8165 | -9,1098 | 0,1168 | -0,8403 | 9,1492 |

Al analizar las coordenadas cromáticas obtenidas para cada muestra, se observa que los cambios más importantes se han producido en la variable que refleja la luminosidad de la muestra, la L^* . Sin embargo, en las dispersiones 3 y 4, donde se esperaba que la dispersión 4 presentase un valor de luminosidad inferior a la dispersión 3, debido a que contenía mayor porcentaje de grafeno, encontramos que los valores resultan similares e, incluso, opuestos a lo previsto en algunos casos.

CONCLUSIONES

En primer lugar, cabe destacar la complejidad que presenta la elaboración de dispersiones con grafeno, dada su elevada hidrofobicidad y su tendencia a precipitar. Por otro lado, también es interesante señalar la considerable diferencia de absorción manifestada entre ambos sustratos, lo que implica que la cantidad de grafeno absorbida por el tejido más hidrófilo sea notablemente superior.

Sin embargo, el hallazgo más interesante de esta investigación es el que suponen las muestras realizadas con las dispersiones que incluyen resina, ya que presentan una luminosidad mayor a la esperada, es decir, han absorbido menor cantidad de grafeno de la que se estimaba con el pick up, siendo este efecto mucho más intenso en la dispersión 4, que en la 3, y esto es debido a que, por efecto de la presencia de la resina, se forman cúmulos de grafeno, que hacen que su deposición sobre el tejido se realice de una forma sumamente heterogénea.

En definitiva, para el proceso de impregnación de tejidos con grafeno, es conveniente humectar los textiles previamente, así como evitar el uso de productos que puedan reducir la dispersión del grafeno en el medio acuoso.

Como futuras líneas de investigación se plantea la incorporación de productos dispersantes que mejoren la homogeneidad de las dispersiones y, por ende, la deposición del grafeno sobre los sustratos textiles.

REFERENCIAS

- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., ... & Firsov, A. A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *science*, 306(5696), 666-669.
- Geim, A. K., & Novoselov, K. S. (2010). The rise of graphene. In *Nanoscience and Technology: A Collection of Reviews from Nature Journals* (pp. 11-19).
- Leenaerts, O., Partoens, B., & Peeters, F. M. (2009). Water on graphene: Hydrophobicity and dipole moment using density functional theory. *Physical Review B*, 79(23), 235440.
- Molina, J. (2016). Graphene-based fabrics and their applications: a review. *RSC Advances*, 6(72), 68261-68291.

Desarrollo de procedimientos rápidos de determinación de ^{89}Sr y ^{90}Sr en muestras de aerosoles y vegetación aplicando métodos de deconvolución

Marina Sáez Muñoz ^(1,2), D. Ginestar ⁽³⁾, S. Carlos ⁽²⁾, J. Ortiz ^(1,2), S. Martorell ^(1,2)

*(1) Laboratorio de Radiactividad Ambiental, Grupo MEDASEGI, Universitat Politècnica de València, Camino d Vera s/n, Valencia
e-mail: masaemuo@etsii.upv.es*

(2) Grupo MEDASEGI, Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València, Camino d Vera s/n, Valencia

(3) Instituto de Matemática Multidisciplinar (IMM), Universitat Politècnica de València, Camino d Vera s/n, Valencia

RESUMEN

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universitat Politècnica de Valencia (LRA-UPV) está colaborando con la Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a las Emergencias de la Generalitat Valenciana para el desarrollo del Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencias (PVRE). En relación a dicho Plan, el LRA-UPV está adaptando sus procedimientos y desarrollando otros nuevos para analizar el contenido radiactivos de diferentes matrices ambientales y dar una respuesta rápida en caso de emergencia nuclear o radiactiva. Entre dichos procedimientos, se han puesto a punto métodos rápidos para la determinación de ^{89}Sr y ^{90}Sr en muestras de aerosoles y vegetación aplicando métodos de deconvolución para determinar la actividad individual de ambos isótopos.

INTRODUCCIÓN

En situaciones de emergencia, debido a accidentes nucleares o radiactivos, o debido a ataques terroristas con empleo de Dispositivos de dispersión radiológica (RDDs, en inglés) o “Bombas sucias” y Dispositivos nucleares improvisados (INDs, en inglés), numerosos radionucleidos pueden dispersarse en el medioambiente. De esta forma, se requiere una rápida identificación y cuantificación de dichos radionucleidos. El ^{89}Sr con periodo de semidesintegración ($T_{1/2}$) de 50,56 días y energía de emisión máxima de 1,50 MeV, y el ^{90}Sr con $T_{1/2}$ de 28,79 años y 0,55 MeV, ambos conocidos como radioestroncio, son unos de los radionucleidos más peligrosos debido a sus altas energías de desintegración beta y en el caso del ^{90}Sr , por su largo periodo de semidesintegración. Por tanto, su actividad ha de ser cuantificada en las diferentes matrices ambientales. En particular, tanto la población como los animales pueden inhalar el radioestroncio presente en los aerosoles del aire. Además, los animales pueden incorporarlo en su organismo por ingestión de la vegetación y la población puede consumir productos contaminados como leche o carne. Es por ello, que tras la puesta a punto de un procedimiento rápido para la determinación de radioestroncio en muestras de leche [1], en este trabajo se han desarrollado procedimientos rápidos para la cuantificación de ^{89}Sr y ^{90}Sr en filtros de aerosoles y vegetación. Al tratarse de emisores beta puros es necesario llevar a cabo una separación radioquímica previa a la medida. Además, para la cuantificación individual de ambos radionucleidos se requiere el empleo de las técnicas de deconvolución de espectros debido al solapamiento entre sus picos [2].

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Los procedimientos se basan en el pretratamiento de la muestra para su disolución y preconcentración según el tipo de matriz; una separación con resinas centelleadoras plásticas *PS resin*, producidas por la Universitat de Barcelona para la separación de los isótopos de estroncio del resto de interferentes [3]; y la medida por centelleo en el equipo Quantulus 1220. Finalmente, para el cálculo de la actividad individual de ^{89}Sr y ^{90}Sr se aplica la técnica de deconvolución basada en polinomios de Laguerre [2]. Las principales diferencias en los métodos se centran en la etapa de pretratamiento según el tipo de matriz. En el caso de los filtros de partículas, se lleva a cabo una calcinación rápida (30 min., 450°C) para destruir el filtro de celulosa y la posible materia orgánica presente en el residuo. A continuación, las cenizas se digieren completamente en un equipo microondas con una mezcla de ácidos ($\text{HNO}_3/\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{HF}$). Tras evaporar a sequedad para eliminar el HF, el residuo se disuelve en HNO_3 diluido y se lleva a cabo la concentración de estroncio y calcio mediante la precipitación de oxalatos y disolución en 6M HNO_3 para pasar por la resina. Para el tratamiento de la vegetación se siguen unas etapas similares, siendo en este caso crítica la etapa de calcinación. En los procedimientos rutinarios se llevan a cabo ciclos de calcinación de 24-48 h; sin embargo, en situaciones de emergencia donde la respuesta debe ser rápida no son viables. En este caso se ha seleccionado la calcinación de 5 g de muestra fresca en cada crisol de 250 mL (10 gramos en total) con dos rampas de temperatura (250 °C y 600 °C) y una duración total de 2,5 h. Como en el caso de los filtros, el residuo se digiere en un equipo microondas y posteriormente se lleva a cabo una concentración en forma de oxalatos. La muestra en 6M HNO_3 se pasa por la *PS resin* para llevar a cabo la separación. A continuación, se realizan diferentes etapas de lavado con 6M HNO_3 para purificar el estroncio. En los últimos lavados se emplea 6M LiNO_3 para evitar la quimioluminiscencia en la medida producida por el ácido. Después, el cartucho se introduce en un vial de 20 mL de centelleo y se mide en Quantulus 1220 durante 1 h. Para calcular el rendimiento químico de separación total del procedimiento, que tiene en cuenta el rendimiento del pretratamiento y el rendimiento de la separación con la *PS resin*, se añade portador de estroncio estable (5 mg).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han analizado diferentes muestras de filtros de aerosoles (fibra de vidrio y celulosa) y de vegetación (césped, romero, agujas de pino) marcadas en el laboratorio con ^{89}Sr y ^{90}Sr , y también una muestra de agujas de abeto de un ejercicio de intercomparación de la IAEA (IAEA-TEL-2016-04) que presentaba contaminación por ^{90}Sr .

En la Tabla 1 se muestran los resultados de rendimientos químicos obtenidos para el pretratamiento y la separación con *PS resin*, siendo el rendimiento total la multiplicación de ambos. El rendimiento de pretratamiento varía entre el 85 y el 97% según el tipo de matriz, y el rendimiento de las *PS resin* varía entre el 87 y el 97%, siendo el rendimiento total medio del 87%.

Tabla 1. Rendimientos químicos de estroncio para las muestras de filtros y vegetación, y las desviaciones estándar y estándar relativa.

| Tipo de muestra | Rendimiento pretratamiento (%) | Rendimiento PS resin (%) | Rendimiento total (%) |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Filtro fibra de vidrio (x7) | 85,3 ± 11,9 (14%) | 95,2 ± 3,9 (4%) | 81,1 ± 10,8 (13%) |
| Filtro celulosa (x7) | 95,1 ± 4,0 (4%) | 90,9 ± 10,1 (11%) | 86,4 ± 10,0 (12%) |
| Césped (x9) | 90,1 ± 11,1 (12%) | 97,4 ± 2,3 (2%) | 86,4 ± 10,0 (12%) |
| Romero (x6) | 96,4 ± 5,6 (6%) | 94,9 ± 2,0 (2%) | 93,9 ± 7,4 (8%) |
| Agujas de pino (x6) | 86,9 ± 11,7 (13%) | 97,0 ± 2,2 (2%) | 84,1 ± 10,0 (12%) |
| Agujas de abeto (IAEA-2016) | 96,6 | 87,1 | 84,2 |
| Media | 90,7 ± 18,0 (20%) | 95,2 ± 16,7 (18%) | 86,6 ± 17,5 (20%) |

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para las muestras marcadas con diferentes proporciones de ^{89}Sr : ^{90}Sr , 1:1, 2:1 y 8:1, y la muestra de intercomparación. Se muestra el parámetro de extinción (SQP(E)) y los sesgos obtenidos entre la actividad de referencia y la experimental. En primer lugar, se ha calculado el sesgo total de radioestroncio ($^{89}\text{Sr} + ^{90}\text{Sr}$) teniendo en cuenta una eficiencia media del 92%. En este caso todos los sesgos se sitúan por debajo del 20%. Por otro lado, haciendo uso de los métodos de deconvolución se han calculado los sesgos individuales de ^{89}Sr y ^{90}Sr . Ambos sesgos se encuentran por debajo del 30%, excepto en los casos en los que existe una gran desproporción entre ^{89}Sr y ^{90}Sr (8:1), donde la actividad de ^{90}Sr está sobreestimada. En el caso de la muestra de intercomparación el sesgo es inferior al 10%, por lo que el método ha quedado validado.

Tabla 2. Sesgos obtenidos para la actividad total de radioestroncio y sesgos individuales para ^{89}Sr y ^{90}Sr en muestras marcadas de filtros y vegetación y una muestra de intercomparación.

| Tipo de muestra | A ^{89}Sr (Bq) | A ^{90}Sr (Bq) | ^{89}Sr : ^{90}Sr | SQP(E) | Sesgo $^{89}\text{Sr}+^{90}\text{Sr}$ (%) | Sesgo ^{89}Sr (%) | Sesgo ^{90}Sr (%) |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------|---|----------------------------|----------------------------|
| Filtro fibra de vidrio | 1,9 | 2,2 | 1:1 | 689 | -5,2 | 11,4 | -5,1 |
| | 1,9 | 1,1 | 2:1 | 682 | -11,5 | -8,5 | 2,9 |
| | 7,7 | 1,1 | 8:1 | 674 | -2,2 | -15,8 | 128,5 |
| Filtro celulosa | 1,9 | 3,3 | 1:2 | 683 | 0,8 | 4,3 | 9,2 |
| | 1,9 | 2,2 | 1:1 | 682 | -15,5 | -12,6 | -8,2 |
| | 8,0 | 2,2 | 4:1 | 692 | -1,3 | -7,6 | 30,5 |
| Césped | 1,5 | 2,2 | 1:1 | 693 | 8,1 | 25,4 | 5,0 |
| | 1,5 | 1,1 | 2:1 | 684 | 13,3 | 5,1 | 32,7 |
| Romero | 1,8 | 2,2 | 1:1 | 679 | -11,5 | -4,4 | 6,3 |
| | 1,8 | 1,1 | 2:1 | 681 | -7,0 | -9,8 | 8,6 |
| | 7,5 | 1,1 | 8:1 | 682 | -1,9 | -8,5 | 112,4 |
| Agujas pino | 1,8 | 2,2 | 1:1 | 689 | 5,0 | 15,0 | 9,7 |
| | 1,8 | 1,1 | 2:1 | 679 | 8,3 | 5,9 | 28,7 |
| | 7,5 | 1,1 | 8:1 | 687 | 6,2 | -5,7 | 105,0 |
| Agujas abeto (IAEA-2016) | - | 17Bq/kg | 0:1 | 675 | 6,6* | - | - |

*Eficiencia ^{90}Sr =90,3%

Por otro lado, en la Figura 1 se presentan dos ejemplos de la aplicación del método de deconvolución para obtener la actividad individual de ^{89}Sr y ^{90}Sr . En ellos se muestran los espectros experimentales, junto con el espectro reconstruido, que como se puede

observar reproduce correctamente el espectro experimental. Además, se representan los espectros deconvolucionados de ^{89}Sr y ^{90}Sr .

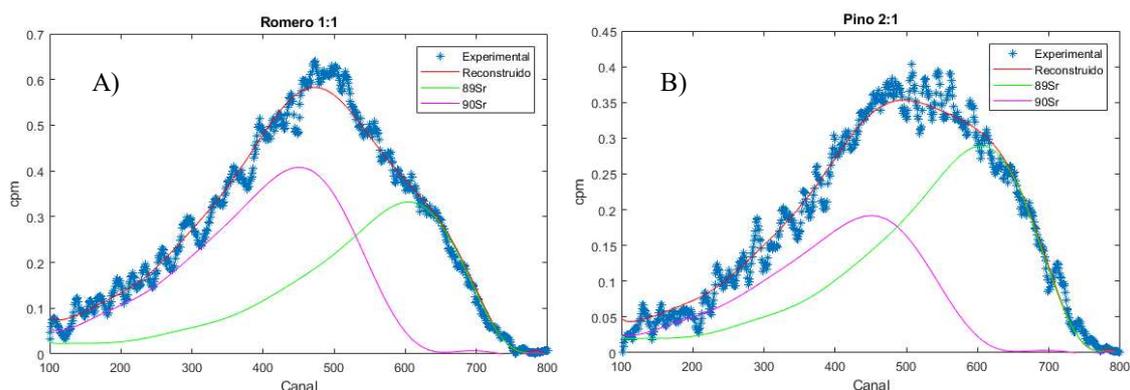


Figura 1. Espectros experimentales y reconstruidos con polinomios de Laguerre de las muestras de vegetación marcadas con ^{89}Sr : ^{90}Sr : A) Muestra de romero marcada con la proporción 1:1. B) Muestra de pino marcada con la proporción 2:1.

CONCLUSIONES

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la UPV ha puesto a punto y validado procedimientos rápidos para la determinación de ^{89}Sr y ^{90}Sr en muestras de aerosoles y vegetación empleando métodos de deconvolución. De esta forma el laboratorio podrá dar apoyo a la Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a las Emergencias de la Generalitat Valenciana dentro del Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Agencia Valenciana de Seguridad y Respuesta a las Emergencias de la Generalitat Valenciana el apoyo y financiación dentro del “Convenio de Colaboración para el Desarrollo del Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencias (PVRE)”. También a la Universitat de Barcelona, por suministrar las resinas *PS resin*, y a la Universitat Politècnica de València por su financiación a través del “Programa de Formación FPI”.

REFERENCIAS

- [1] Sáez Muñoz, M., Bagán, H., Tarancón, A., García, J.F., Ortiz, J. & Martorell, S. (2018). Rapid method for radiostrontium determination in milk in emergency situations using PS resin. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 315, 543–555.
- [2] Sáez Muñoz, M., Ginestar, D., Carlos, S. & Martorell, S. (2018). Desarrollo de diferentes métodos de deconvolución de espectros de emisores beta (^{89}Sr y ^{90}Sr), VI Congreso I+D+i Campus de Alcoi. Creando Sinergias, 47 – 50.
- [3] Bagán, H., Tarancón, A., Rauret, G. & García, J.F. (2011). Radiostrontium separation and measurement in a single step using plastic scintillators plus selective extractants. Application to aqueous sample analysis, *Analytica Chimica Acta*, 686, 50–56.

Estudio comparativo de la disipación de calor de los tejidos de algodón tratados con grafeno o con PCM

J. Gisbert-Payá⁽¹⁾, T. Ruiz-Calleja⁽¹⁾, E. Bou-Belda⁽¹⁾, P. Díaz-García⁽¹⁾

*(1) Grupo de Investigación en la Industria Textil (GIITEX),
Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: evbobel@upvnet.upv.es*

RESUMEN

En la presente investigación se realiza un estudio comparativo sobre el comportamiento térmico de tejidos 100% celulósicos a los que se les han aplicado distintos recubrimientos mediante pastas que contienen grafeno o materiales de cambio de fase en su formulación. Para el estudio de las propiedades térmicas de las muestras analizadas se ha empleado una cámara termográfica que ha permitido registrar, tanto la temperatura alcanzada por las mismas, como imágenes de la radiación calorífica emitida durante los ensayos realizados. Finalmente, se verifica la diferencia de comportamiento térmico de los tejidos tratados entre sí, así como frente a los tejidos sin tratar.

INTRODUCCIÓN

Los materiales de cambio de fase, también conocidos como PCM, son sustancias que absorben o liberan grandes cantidades de calor latente cuando pasan por un cambio en su estado físico, es decir, de sólido a líquido y viceversa. En un proceso de calentamiento o enfriamiento, este cambio de fase tiene lugar tan pronto como el material alcanza su temperatura de cambio de fase específica. Durante la absorción de calor latente o la liberación de calor latente, la temperatura del PCM permanece constante.

La tecnología para incorporar PCM en estructuras textiles se desarrolló a principios de la década de 1980 por parte de la NASA con el objetivo de mejorar el rendimiento térmico de los trajes espaciales. Hoy en día, los textiles con tratamiento PCM son ampliamente utilizados en prendas y productos para el hogar.

Para incorporar PCM en un producto textil específico, primero se microencapsula o macroencapsula. El PCM microencapsulado se agrega luego a un aglutinante y se aplica a un sustrato textil en forma de recubrimiento. El PCM macroencapsulado se aplica directamente a un sustrato textil mediante recubrimiento o se forma en una fina película que podría laminarse a un sustrato textil (Pause, 2010).

Por su parte, el grafeno es una monocapa plana de átomos de carbono estrechamente agrupados en una estructura de panal de abejas bidimensional, aislada por primera vez en 2004 (Novoselov et al., 2004).

El valor extremadamente alto de conductividad térmica que presenta el grafeno lo sitúa como un excelente material para aplicaciones de almacenamiento de calor, así como para aplicaciones electrónicas que requieran una gestión de la temperatura (Balandin et al., 2008).

La incorporación del grafeno sobre sustratos textiles es bastante más reciente y, actualmente, los métodos más empleados para ello incluyen: recubrimiento de tejidos, deposición química de vapor sobre una malla metálica, habitualmente cobre, que posteriormente se elimina para dejar únicamente el grafeno y fabricación de fibras de grafeno (Molina, 2016).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

Para esta investigación se emplea un sustrato textil de material celulósico 100% con un gramaje de 210 g/m² y blanqueado químicamente en un proceso industrial.

Se utiliza el grafeno suministrado por Innovatec SC, S.L. y las microcápsulas de PCM proporcionados por Color-Center S.A.

Para la elaboración de la pasta se utilizan los siguientes productos:

- Lutexal CSN, suministrado por Archroma.
- Resina STK/100, suministrado por Color-Center S.A.

Obtención de la pasta

Para la presente investigación, se elabora una pasta cuya formulación se presenta a continuación:

Tabla 1. Composición de la pasta de recubrimiento

| Producto | Cantidad (g/kg) |
|----------------|-----------------|
| Lutexal CSN | 30 |
| Resina STK/100 | 10 |
| Agua destilada | 960 |

Las referencias de cada muestra, así como la concentración de grafeno y PCM empleada se aporta en la Tabla 2.

Tabla 2. Formulación de las muestras analizadas

| Muestra | Grafeno (g/kg) | PCM (g/kg) |
|---------|----------------|------------|
| Co-1 | 0 | 0 |
| Co-2 | 10 | 0 |
| Co-3 | 25 | 0 |
| Co-4 | 0 | 10 |
| Co-5 | 0 | 25 |

Recubrimiento de los tejidos

Las pastas de estampación se aplicaron mediante recubrimiento manual en el laboratorio con la ayuda de una rasqueta y base metálica, de manera uniforme para todo el tejido. Posteriormente, las muestras se introdujeron en la estufa hasta estar completamente secas.

Evaluación de la disipación de calor

Para la evaluación del comportamiento térmico de las muestras tratadas, cada una de las muestras fue sometida a la acción de una fuente de calor a 100°C, durante dos minutos, dentro de un recinto a temperatura constante. Se tomaron medidas cada quince segundos. A los dos minutos, se retiró la fuente de calor y se volvieron a tomar medidas cada quince segundos hasta un total de tiempo de ensayo por muestra de

cuatro minutos. Las variaciones en la temperatura experimentadas por los tejidos ensayados se registraron mediante una cámara termográfica modelo Testo 865.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la disipación de calor

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el ensayo térmico realizado sobre las 5 muestras, así como en una muestra de referencia con el tejido sin tratar, denominada Blanco.

Tabla 3. Temperaturas alcanzadas por las muestras analizadas

| | | Temperatura (°C) | | | | | |
|---------------|-------|------------------|------|------|------|------|------|
| | t (s) | Blanco | Co-1 | Co-2 | Co-3 | Co-4 | Co-5 |
| Calentamiento | 0 | 24,2 | 24,0 | 24,1 | 24,6 | 24,6 | 24,5 |
| | 15 | 31,9 | 30,4 | 29,8 | 31,0 | 31,4 | 29,7 |
| | 30 | 34,7 | 34,0 | 32,7 | 32,5 | 34,6 | 33,6 |
| | 45 | 36,3 | 35,8 | 34,8 | 33,8 | 36,2 | 36,1 |
| | 60 | 37,9 | 37,3 | 35,8 | 34,5 | 37,1 | 36,4 |
| | 75 | 38,2 | 37,6 | 36,7 | 35,7 | 37,9 | 36,6 |
| | 90 | 38,2 | 38,1 | 36,8 | 36,4 | 38,5 | 36,9 |
| | 105 | 37,7 | 38,1 | 37,9 | 36,3 | 38,5 | 37,1 |
| | 120 | 36,6 | 38,6 | 37,4 | 37,2 | 39,5 | 37,9 |
| Enfriamiento | 135 | 29,8 | 31,8 | 31,2 | 31,7 | 33,0 | 32,4 |
| | 150 | 27,1 | 28,1 | 27,9 | 28,5 | 29,3 | 28,9 |
| | 165 | 26,5 | 26,4 | 26,5 | 27,0 | 27,6 | 27,7 |
| | 180 | 25,7 | 25,3 | 25,9 | 26,2 | 26,7 | 26,9 |
| | 195 | 25,8 | 25,0 | 25,5 | 25,8 | 26,3 | 26,5 |
| | 210 | 25,5 | 24,8 | 24,9 | 25,5 | 25,7 | 26,0 |
| | 225 | 24,9 | 24,9 | 25,0 | 25,3 | 25,6 | 25,9 |
| | 240 | 25,1 | 24,4 | 25,2 | 24,9 | 25,3 | 25,5 |

En el siguiente gráfico se reflejan las temperaturas registradas de manera comparativa:

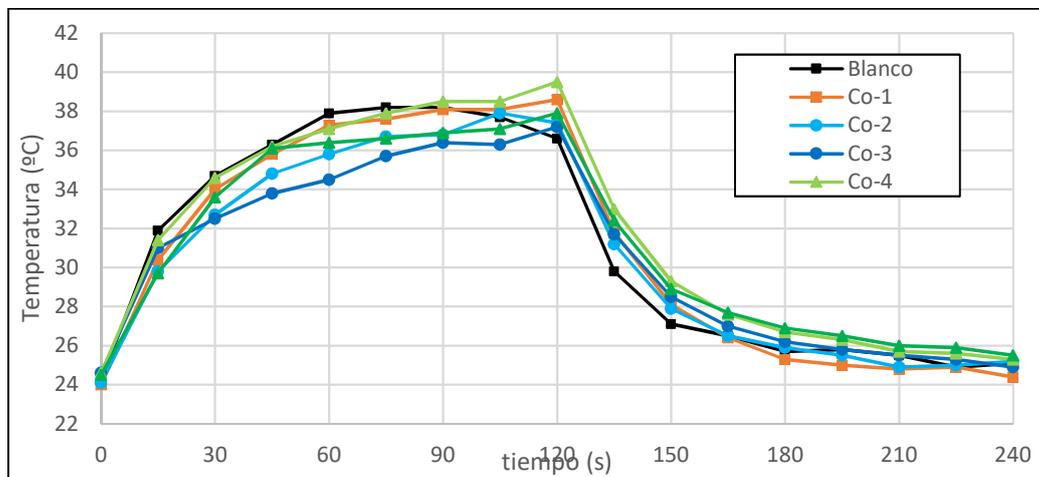


Figura 1. Comparativa de temperaturas alcanzadas por las muestras analizadas.

En el gráfico anterior se observa que el tejido sin recubrir y la muestra recubierta sin carga de PCM ni grafeno, sufren drásticas subidas y bajas de temperatura. Por otro lado, se distingue con claridad que las muestras que contienen mayor concentración de PCM y grafeno disipan mejor el calor que el resto de las muestras durante la fase de calentamiento a la vez que mantienen durante más tiempo la temperatura al enfriar.

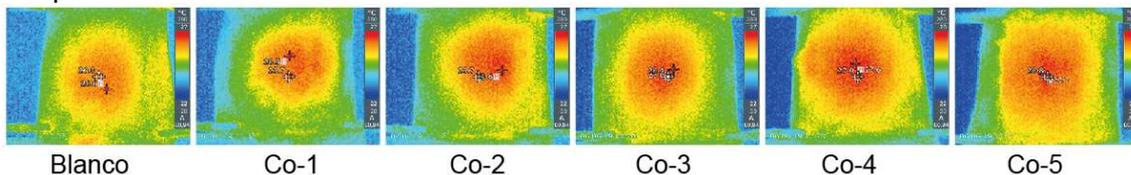


Figura 2. Imágenes termográficas de las muestras en el segundo.

Asimismo, a raíz de la observación de las imágenes de la radiación calorífica emitida por cada una de las muestras, se puede extraer una característica muy significativa del comportamiento de los tejidos tratados con PCM, destacando la tendencia a homogeneizar la temperatura en toda la superficie del tejido que presentan, frente a la localización de radiación térmica que se puede ver en el resto de los sustratos analizados, incluyendo los que contienen grafeno.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha comprobado que la incorporación de PCM y grafeno en textiles resulta un método eficaz para la regulación de la temperatura.

A igualdad de peso, debido a la densidad tan baja que presenta el grafeno, el volumen de grafeno incorporado a la pasta es mayor que el de PCM de manera que su influencia sobre el comportamiento térmico de los tejidos es ligeramente mayor durante el período de calentamiento, mientras que, en la fase de enfriamiento, el poco volumen de PCM incorporado tiene mucho mejor rendimiento. Por otro lado, se concluye que el efecto de disipación térmica del grafeno se encuentra más localizado en la fuente de calor, mientras que el de los PCM se extiende a toda la superficie. Como futuras líneas de investigación, se propone estudiar la influencia sobre el comportamiento térmico de los tejidos recubiertos con pasta de recubrimiento que incluya tanto PCM como grafeno en su formulación.

REFERENCIAS

- Pause, B. (2010). Phase change materials and their application in coatings and laminates for textiles. *Smart Textile Coatings and Laminates*. Carolina del Sur, EEUU. Elsevier.
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., & Firsov, A. A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 306(5696), 666-669.
- Molina, J. (2016). Graphene-based fabrics and their applications: a review. *RSC Advances*, 6(72), 68261-68291.
- Balandin, A. A., Ghosh, S., Bao, W., Calizo, I., Teweldebrhan, D., Miao, F., & Lau, C. N. (2008). Superior thermal conductivity of single-layer graphene. *Nano letters*, 8(3), 902-907.

Influencia de las inhomogeneidades en películas delgadas: Fracturas

C. Millán Verdú⁽¹⁾, C. Santonja⁽¹⁾, R. Luna⁽¹⁾, M. Domingo⁽¹⁾, M. Á. Satorre⁽¹⁾

*(1) Centro de Tecnologías Físicas,
Departamento de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: cmillan@fis.upv.es*

RESUMEN

La fractura de películas delgadas crecidas desde el estado de gas, lleva a imposibilitar su uso debido a la pérdida de las propiedades que le confieren utilidad. La aparición de fracturas está relacionada con la estructura que adquiere la película durante el crecimiento; más concretamente, con la porosidad. En general, se ha detectado este fenómeno fatal en algunos tipos de estructuras columnares producidas a partir de chorros orientados. En nuestro laboratorio hemos comprobado que esto también ocurre para depósitos carentes de una dirección privilegiada (background deposition), aunque a espesores mayores.

INTRODUCCIÓN

Dominar la dinámica del crecimiento de películas a partir de metales en fase vapor, es de vital importancia en ramas concretas de la ingeniería. El depósito y crecimiento desde fase gaseosa es empleado en la fabricación de transistores y microcircuitos (Dirks & Leamy, 1977). La fractura en la película puede provocar defectos de fabricación (Hoffman, 1976). La aparición de fracturas surgidas a partir de poros en materiales cerámicos puede llevar a situaciones peligrosas en materiales aislantes (Rice, 1996). También en Astrofísica, la existencia de hielos fracturados produce reflexión no especular en todas las direcciones, lo que conlleva a una pérdida total de la señal en el laboratorio y a variaciones del albedo de objetos del Sistema Solar.

Dirks and Leamy (1977) demostraron, experimentalmente (microscopía electrónica, ver Fig.1) y por simulación, que las películas crecidas a partir de chorros del gas con una orientación determinada, pueden formar columnas que, por un efecto de sombra, generan a su alrededor zonas de baja densidad constituidas por un material extremadamente poroso. Caixia, Catherine and Baragiola (2016) han demostrado que estas estructuras tienen tendencia a quebrarse a partir de un cierto espesor crítico, concluyendo que al aumentar tanto la temperatura de depósito como el ángulo de depósito (hasta 55°), el espesor crítico aumento. Esto ha permitido, por una parte, fabricar películas más gruesas y por otra, caracterizar los hielos que se estudian en astrofísica.

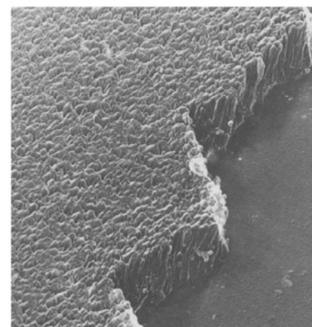


Figura 1. Microfotografía obtenida de Dirks & Leamy (1977). Película de Al de 1µm.

Para el parámetro porosidad, respecto a las dos variables citadas, se cumple que: a temperaturas más altas y ángulos de incidencia de las moléculas menores respecto a la perpendicular, la porosidad volumétrica se reduce; lo que claramente parece indicar la vinculación entre los dos fenómenos.

Kimmel, Stevenson, Dohnálek, Smith and Kay (2001) y Dohnálek, Kimmel, Ayotte, Smith and Kay (2003) han demostrado que las películas crecidas en “background” también presentan porosidad. Sin embargo, hasta donde nosotros sabemos, no ha habido estudios sobre la posibilidad de fractura en este tipo de películas. En este trabajo se presentan por una parte los resultados en los que se aprecia la fractura en películas crecidas en background y, por otra el conjunto de métodos teóricos y experimentales que permiten obtener la porosidad de una muestra de una sustancia transparente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los resultados han sido obtenidos según la metodología y esquema experimental que se puede encontrar en Luna, Domingo, Millán, Santonja and Satorre (2018).

Modelos Matemáticos

Desde la perspectiva experimental, la porosidad volumétrica se calcula a partir de la Ec. 1, en la que ρ_a y ρ_i representa las porosidades del material con y sin poros respectivamente:

$$p = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_i} \quad (1)$$

Alternativamente, existen modelos físicos (Effective Medium Approximation, EMAs) que permiten calcular la composición de una mezcla de dos o más componentes, a partir del índice de refracción de la muestra. Las más empleadas son las de Maxwell-Garnett (Ec. 2) y Bruggeman (Ec. 3) que se emplean para diferentes modelos de la muestra (Bossa et al., 2014):

$$\frac{n_a^2 - n_h^2}{n_a^2 + 2n_h^2} = f_i \cdot \frac{n_i^2 - n_h^2}{n_i^2 + 2n_h^2} \quad (2)$$

$$f_1 \cdot \frac{n_1^2 - n_a^2}{n_1^2 + 2n_a^2} + f_2 \cdot \frac{n_2^2 - n_a^2}{n_2^2 + 2n_a^2} = 0 \quad (3)$$

En estas ecuaciones n representa los índices de refracción; f la fracción de volumen que ocupa cada componente; a , hace referencia a la muestra total; i , en la ecuación 2, al material en menor proporción; h , al material huésped, y 1 y 2 en la ecuación 3, a dos materiales diferentes que componen la mezcla. Por supuesto, para incluir materiales porosos, uno de los índices de refracción en los dos modelos debe tomar el valor 1.

Ejemplos de fractura

Las fracturas puede producirse al sublimar las películas depositadas a temperatura constante, en background o, incluso, durante el propio depósito.

En la Fig. 2A se aprecia un depósito de metano sin rotura. En rojo aparece el patrón de interferencia que se produce por las reflexiones múltiples de un láser que incide sobre la película mientras se está formando. En la Fig. 2B, se observa pérdida repentina de la señal del láser al aumentar en temperatura, lo que indica claramente la fractura de la misma. Hemos incluido el proceso de sublimación en la Fig. 3B por las importantes consecuencias que se pueden extraer sobre le estructura de la fractura.

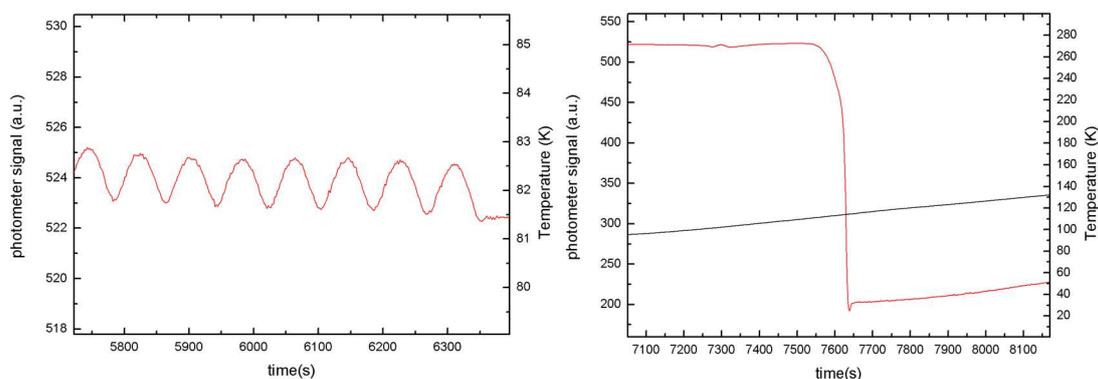


Figura 2. Registros del láser (línea roja) y de la temperatura (línea negra) para: A) Depósito de metanol a $T \sim 80$ K y B) Rotura de la película de metanol al aumentar en temperatura.

Por otro lado, en la Fig. 3A se observa el rompimiento de una película de nitrógeno crecida desde background a temperatura constante. En este caso la pérdida de señal se produce durante el depósito, lo que se puede observar por la paulatina pérdida de señal en el intervalo aproximado entre 5700 y 6400.

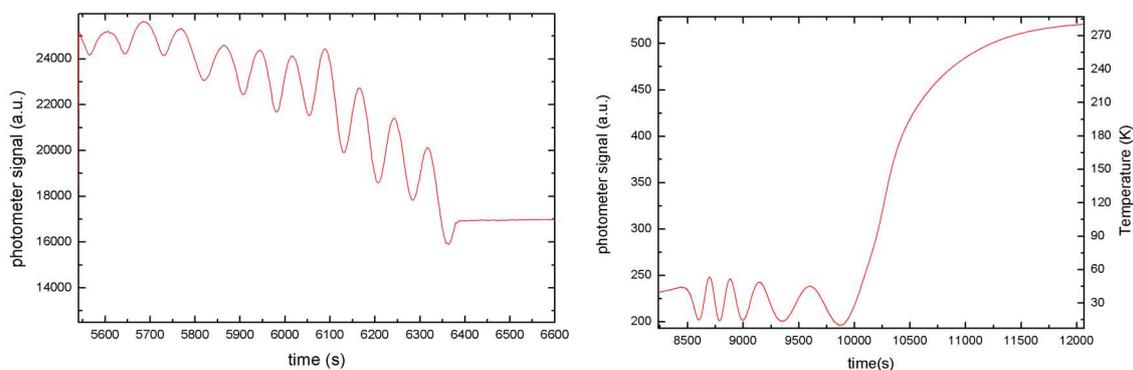


Figura 3. A) Fractura de una película de nitrógeno crecida en background al poco de iniciar el depósito. B) Sublimación de la película de metanol a temperatura constante.

CONCLUSIONES

La presencia de poros en películas delgadas puede provocar la rotura de las mismas con la consiguiente merma de sus propiedades. Hasta ahora, este hecho se había comprobado sobre películas crecidas según haces dirigidos. En nuestro laboratorio hemos demostrado que también se puede dar el caso en películas producidas por depósito aleatorio. Estas fracturas se producen, no sólo durante el depósito, sino también durante el calentamiento de la película. Se proponen las Ec. 2 y 3 que permiten

determinar la porosidad y composición de una mezcla a partir de los índices de refracción de cada uno de los componentes de la mezcla, para caracterizar fracturas antes de que se produzcan.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Plan Nacional FIS2013-48087- C2-2-P y FIS2016-77726-C3-3-P del Ministerio de Economía y Competitividad (cofinanciado por fondos FEDER).

REFERENCIAS

Bossa, J. B., Isokoski, K., Paardekooper, D. M., Bonnin, M., van der Linden, E. P., Triemstra, T., Cazaux, S., Tielens, A. G. G. M., & Linnartz, H. (2014). Porosity measurements of interstellar ice mixtures using optical laser interference and extended effective medium approximations. *Astronomy and Astrophysics*, *561*, A 136.

Caixia, B., Catherine, A. D., & Baragiola, R. A. (2016). Spontaneous cracking of amorphous solid water films and the dependence on microporous structure. *Applied Physics Letter*, *109*, 201902-201905.

Dirks, A. G., & Leamy, H. J. (1977). Columnar microstructure in vapour-deposited thin films. *Thin Solid Films*, *47*, 219-233.

Dohnálek, Z., Kimmel, G. A., Ayotte, P., Smith, R. S., & Kay, B. D. (2003). The deposition angle-dependent density of amorphous solid water films. *Journal of Chemical Physics*, *118*, 364-372.

Hofman, R. W. (1976). Stresses in thin films. The relevance of grain boundaries and impurities. *Thin Solid Films*, *34*, 185-190.

Kimmel, G. A. ., Stevenson, K. P., Dohnálek, Z., Smith, R. S., & Kay, B. D. (2001). Control of amorphous solid water morphology using molecular beams. I. Experimental results. *Journal of Chemical Physics*, *114*, 5284-5294.

Luna, R., Domingo, M., Millán, C., Santonja, C., & Satorre, M. Á. (2018). Study of the frequency factor in the thermal desorption of astrophysical ice analogs: CH₄, C₂H₄, C₂H₆, CH₃OH, CO, CO₂, H₂O and N₂. *Vacuum*, *152*, 278-284.

Rice, R. W. (1996). Grain Size and porosity dependence of ceramic fracture energy and toughness at 22 °C. *Journal of Materials Science*. *31*, 1969-1983.

Descontaminación de agua con elevado contenido en metales mediante ósmosis inversa para el abastecimiento de pequeñas poblaciones.

J. Lora-García⁽¹⁾, S.C. Cardona⁽¹⁾, María-Fernanda López-Pérez⁽¹⁾, V. Fombuena⁽²⁾

(1) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM),

(2) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),

Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València

Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)

e-mail: jlora@iqn.upv.es

RESUMEN

La presencia de metales pesados por encima de determinados niveles de concentración en aguas de abastecimiento, representa un riesgo importante para la salud humana. Su procedencia diversa, erosión natural, vertidos industriales o problemas de corrosión en infraestructuras de distribución de agua, requiere de tratamientos localizados. En este trabajo se aborda el problema de la descontaminación de aguas destinadas a abastecimiento de pequeñas poblaciones afectadas por el impacto de actividades mineras. Para ello se utilizó un proceso de ósmosis inversa de baja presión (<8 bar), y se estableció un caudal de aporte de (150 m³/día). Los ensayos experimentales permitieron demostrar la inhibición total del paso de iones metálicos como el Fe(III) a concentraciones superiores a 20 mg/l. A continuación, se realizó la simulación del proceso para definir los parámetros operativos para una conversión global cercana al 85%. Los resultados mostraron la viabilidad técnica del proceso, si bien, actualmente se está trabajando para analizar los efectos del ensuciamiento de la membrana para estimar el coste específico del agua producida.

INTRODUCCIÓN

Algunos metales pesados, como el cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), hierro (Fe) y cobalto (Co) desempeñan funciones importantes en los procesos bioquímicos en el cuerpo humano. Sin embargo, la exposición excesiva a estos iones metálicos puede representar un elevado riesgo para la salud. Otros metales pesados como el arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg) y cromo (Cr) son tóxicos, incluso en niveles de trazas (µg/l) porque no son degradables y pueden bio-acumularse en los principales sistemas del cuerpo humano (Abdullah, Yusof, Lau, Jaafar, & Ismail, 2019).

Las legislaciones, tanto a nivel nacional como internacional, son cada vez más restrictivas, y establecen niveles máximos de concentración para garantizar la seguridad del consumo humano. En recursos hídricos para abastecimiento humano, este límite para Pb y Cd, se fija en 10 y 3 µg/l respectivamente, y, por tanto, un mínimo aporte de estos elementos vía erosión natural del terreno o por vertidos industriales pone en riesgo la seguridad del recurso.

Los métodos alternativos para reducir la concentración de compuestos metálicos en las corrientes de agua hasta niveles aceptables se resumen en precipitación química con ayuda de coagulación floculación, intercambio iónico, adsorción, técnicas de filtración por membranas, procesos de oxidación avanzada y evaporación a vacío. Entre los

procesos de membrana, las técnicas de nanofiltración (NF) y osmosis inversa (OI) son muy efectivas para eliminar iones de metales pesados debido a la presencia de una capa densa en la superficie de la membrana, que prácticamente solo deja pasar las moléculas de agua por difusión e inhibe el paso de iones metálicos (Santafé Moros, Gozávez-Zafrilla, & Lora-García).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo planteó una fase experimental para determinar la selectividad a iones de hierro de una membrana de OI operando a baja presión, para establecer posteriormente el diseño de una instalación industrial para la producción de agua segura a una pequeña población del campo de Cartagena (España) afectada por el impacto de actividades mineras en sus recursos de agua.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Ensayos experimentales

Los ensayos para determinar la selectividad de la membrana de OI al hierro se llevaron a cabo en una planta piloto preparada para el uso de elementos de membrana como la ESNA1-2540 de DOW Chemical con las siguientes características técnicas: área = 2.37 m²; presión máxima aplicada = 21 bar, y temperatura máxima 45 °C. El material de la capa activa de separación es de poliamida aromática con estructura densa. Para caracterizar la membrana se utilizó agua desionizada (<3 µS/cm), con variaciones de presión de 3 a 15 bares y flujo de alimentación de unos 8 l/min, mientras para los ensayos de eliminación de hierro se utilizaron disoluciones modelo de 20 mg/l de FeSO₄ dentro del mismo rango de presión y flujos. En todos los conjuntos de experimentos, el permeado se recicló al baño de alimentación, con el fin de mantener la concentración de la disolución alimento constante.

Técnicas analíticas

Para la determinación de hierro presente en el agua se puso a punto un método colorimétrico basado en la norma UNE 64023:1970. Por otra parte, se midió también la conductividad con un conductímetro GLP 31 para valorar la selectividad de la membrana a la salinidad presente en el agua modelo. En ambos casos se definieron las rectas de calibrado correspondientes.

Simulación del proceso de descontaminación

La simulación del proceso de descontaminación del agua con elevado contenido de metales pesados se realizó con ayuda del software IMSDesign v2.225 de Hydranautics-Nitto Denko. Como membrana de referencia se ha utilizado la ESPA1-LD-4040 (*low fouling technology*) con características similares a la empleada en la parte experimental.

Las características del agua a tratar son:

$T_{media}=18\text{ °C}$ y $pH=8.1$, $TDS=359\text{ mg/l}$, $conductividad_{25}=508.6\text{ µS/cm}$.

Además, se fijaron los siguientes parámetros de operación: flujo de permeado, 130 m³/día, y *fouling factor* (pérdida de propiedades perme-selectivas) 0.85. Como variable de diseño se estableció la conversión (relación agua producida/alimento), y el número de etapas para alcanzarla. De acuerdo con los valores límite de concentración de metales pesados recogidos en el Real Decreto 902/2018 sobre calidad del agua de consumo humano, se establecieron concentraciones muy superiores $[Cd^{++}]=50\text{ µg/l}$

$[Cr^{++}] = 500 \mu\text{g/l}$, $[Pb^{++}] = 100 \mu\text{g/l}$, para verificar que el agua producida mantendría elevados estándares de seguridad para el consumo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de calibrado para la determinación de Fe(II) proporcionaron la siguiente ecuación lineal para la absorbancia a 510 nm.

$[Fe^{++}] = 12.376 \cdot A_{510} + 0.499$ con $R^2 = 0,9934$, y la concentración expresada en ppm.

Para el caso de la conductividad medida a 25°C, en el intervalo de concentración de NaCl 0-750 mg/l se obtuvo la siguiente expresión lineal.

$[Na^+Cl^-] = 0.4925 \cdot K_{25}$ con $R^2 = 0.9996$, y K_{25} expresada en $\mu\text{S/cm}$

La caracterización de la membrana reportó valores de flux dentro del intervalo de confianza del fabricante $0.5-1.8 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}\cdot\text{bar}$. En cuanto a la selectividad de la membrana frente al hierro, en todos los ensayos se determinó que su concentración estaba por debajo del nivel de detección del método analítico empleado, justificando la práctica imposibilidad de que los iones metálicos puedan atravesar la barrera selectiva de membranas de capa activa densa.

Los resultados de la simulación con ayuda del software IMSDesign permitieron establecer criterios de selección a la hora del diseño de este tipo de instalaciones. Se fijaron niveles de flux operativo en el intervalo de $11-21 \text{ L/m}^2 \text{ h}$. La Fig. 1 indica que la configuración en 3 etapas para una conversión del 85% requiere menos energía eléctrica (37-50%) que si se realiza con menos número de elementos en 2 etapas con el 60% de conversión. Es decir, a pesar de incrementar el coste de inversión el coste del agua será menor debido a la mayor incidencia de la energía en dicho coste.

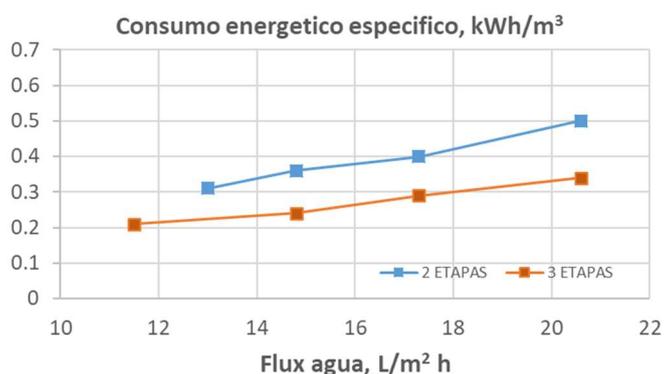


Figura 1. Consumo de energía específico en función del flux al agua.

Por otra parte, en la Fig. 2, se observa que los niveles de calidad del agua producida, aunque mejores en la configuración de 2 etapas, son excelentes mejorando así el nivel de servicio del abastecimiento.

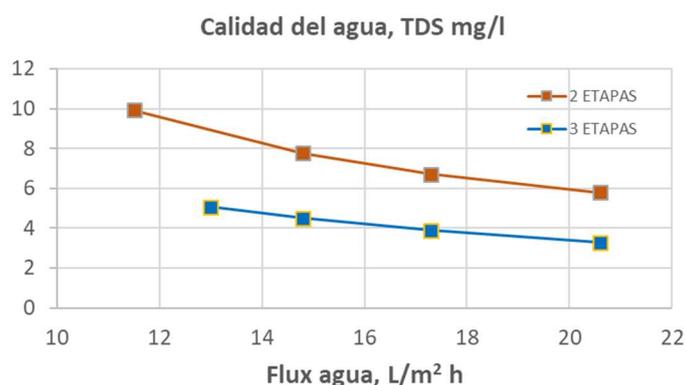


Figura 2. Calidad del agua producida en función flux al agua.

En el estudio pormenorizado de iones presentes en el agua se observó que las concentraciones de los metales pesados estudiados presentaron concentraciones por debajo del límite establecido en la legislación. El rechazo de la membrana fue superior al 98% en todos los casos.

CONCLUSIONES

Se comprobó que un sistema de tratamiento mediante osmosis inversa de baja presión configurado en 3 etapas puede alcanzar una conversión del 85% para abastecer agua segura a poblaciones con problemas en la calidad de las aguas con niveles de concentración de metales pesados elevados. Las membranas utilizadas en este estudio, con capa activa densa permiten disminuir en más de 10 veces la concentración del Cu, Cr, y Pb presentes en las aguas. Además, desde el punto de vista energético se ha constatado que la configuración en 3 etapas, con mayor inversión en elementos de membrana, consume entre 37-50% menos de energía eléctrica, lo que indica su mayor viabilidad a la hora del diseño de este tipo de instalaciones. Como consecuencia de la descontaminación del agua destinada al consumo humano se genera una corriente de concentrados que requiere una gestión sostenible que no represente un impacto ambiental en los recursos hídricos de la zona estudiada.

REFERENCIAS

Abdullah, N., Yusof, N., Lau, W. J., Jaafar, J., & Ismail, A. F. (2019). Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane technologies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 76, 17-38.

Santafé Moros, M. A., Gozávez-Zafrilla, J. M., & Lora-García, J., (2017). Experimental simulation of continuous NF processes by means of a single module in batch mode. *Separation and Purification Technology*, 187, 233-243.

Hydranautics Web. (2019). Recuperado de: <http://membranes.com/solutions/software-imsdesign/>.

Uso de aditivos naturales en materiales para impresión 3D

C. Pavón⁽¹⁾, M. Aldas^(1,2), J. López-Martínez⁽¹⁾, S. Ferrandiz⁽¹⁾

(1) *Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València. Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, 0380, Alcoi, (Alicante)*
e-mail: crisppavonv@gmail.com

(2) *Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional, 170517, Quito, (Ecuador)*

RESUMEN

Una alternativa al uso de plásticos tradicionales es el desarrollo de nuevos materiales que sean biodegradables o que tengan un origen natural para, de esta forma, mejorar el impacto ambiental que tienen los polímeros de uso cotidiano, sin embargo, la producción de estos materiales resulta costosa. De manera que, en el presente trabajo se presenta la opción de preparar un material para la impresión 3D con mezclas de un polímero sintético pero biodegradable (policaprolactona) y un aditivo natural (cera de abeja), de manera que además de tener origen natural el material sea biocompatible y la mezcla permita reducir el costo del material original. Para determinar la compatibilidad y miscibilidad de estos materiales se preparó una mezcla con 10% en peso de cera de abeja y su comportamiento se caracterizó mediante sus propiedades térmicas, donde se analizaron los cambios en la fusión y en la estabilidad térmica de la matriz, al añadir la cera de abeja.

INTRODUCCIÓN

El interés por hallar alternativas que reduzcan el consumo de los polímeros tradicionales ha incrementado últimamente dentro del estudio de los materiales poliméricos, ya que además del uso de fuentes no renovables para la producción de los llamados “materiales plásticos”, los desechos que se generan al final de su vida útil está provocando un fuerte impacto en el medio ambiente (Zhu, Romain, and Williams, 2016). Es por este motivo que los biopolímeros surgen como una alternativa al uso de los polímeros provenientes de fuentes fósiles, un objetivo que avanza de forma gradual ya que de acuerdo con Vieiraa, Da Silva, Dos Santos y Beppu (2001) desde 1996 al 2001 el consumo de biopolímeros aumento de 14 millones a 68 millones de kilogramos (Vieira, Da Silva, Dos Santos, and Beppu, 2011).

Sin embargo, introducir los biopolímero para ser empleados en aplicaciones cotidianas resulta difícil, ya que son materiales costosos y además tienen bajas propiedades mecánicas (Lagaron and Lopez-Rubio, 2011). De manera que para usar estos materiales generalmente los biopolímeros se usan, como cargas, aditivos o mezclas con los polímeros tradicionales (Wilbon, Chu, and Tang, 2013).

Con el fin de disminuir los costos de producción de un biopolímero, en el presente trabajo se ha propuesto trabajar con una mezcla de policaprolactona (PCL) y cera de abeja (BW). La PCL es un polímero biodegradable, biocompatible, flexible y no tóxico, además, presenta buena compatibilidad en mezclas (Woodruff and Hutmacher, 2010; Zhang, Peng, and Zhang, 2016). Mientras que la BW es un material natural sumamente suave considerado seguro para el consumo humano y cuyas propiedades han sido investigadas en el área de ciencia de materiales biológico en diferentes trabajos

reportados en bibliografía (Morgan, Townley, Kemble, and Smith, 2002). Este estudio se enfoca a la fabricación de objetos mediante la técnica de impresión 3D por fundido de filamento, ya que es un campo de estudio nuevo para los biomateriales y muy prometedor para los materiales biocompatibles como los son la PCL y la BW.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales y obtención del filamento

Como matriz se empleó policaprolactona (PCL)(Perstorp, Warrington, Reino Unido) y como aditivo se trabajó con cera de abeja (BW) Se realizaron mezclas de PCL con un porcentaje de 10 % en peso de BW y se procesaron en una extrusora de doble husillo coorotante (Dupra S.L, Castalla, España), con un perfil de temperaturas de 80 °C, 70 °C, 60 °C y 40 °C (desde la alimentación hasta la tolva), a una velocidad de 10 rpm. El material extruido se refrigeró durante 8 horas con el fin de fragilizar la estructura y luego, se trituró para obtener pellets. Finalmente, los pellets se procesaron en el extrusor Filabot, a una temperatura de 70 °C, con una boquilla de diámetro de 4 mm. El filamento extruido se hizo pasar por un baño de agua para ser enfriado, después de lo cual se realizó un bobinado a baja velocidad, lo que permitió mantener el diámetro del filamento constante e igual a 3 mm.

Métodos de caracterización

Para determinar el efecto de la BW sobre la estructura de la PCL se realizó una calorimetría diferencial de barrido que se llevó a cabo en un calorímetro Mettler-Toledo DSC 821, (Schwerzenbach, Suiza), el material se estudió en un ciclo de calentamiento desde -60 °C hasta 250 °C con una velocidad de 10 °C·min⁻¹, con un flujo de nitrógeno de 25 mL·min⁻¹, y un ciclo de enfriamiento desde 120 °C hasta -50 °C. Y con el fin de estudiar la estabilidad térmica, se realizó un análisis termogravimétrico del filamento en una balanza termogravimétrica Linseis TGA PT1000 (Selb, Alemania), en un rango de temperaturas desde 30 °C hasta 700 °C, a una velocidad de 10 °C·min⁻¹ en una atmósfera de nitrógeno con un flujo de 25 mL·min⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta una comparación entre el comportamiento térmico de los materiales estudiados. En las curvas obtenidas del análisis DSC se observa un único pico de fusión para tanto para la PCL como para la PCL_BW, lo que indican que los la BW es compatible y miscible con la estructura de la PCL ya que según Mamun y Okui (2014) si los materiales involucrados en una mezcla polimérica son miscibles, en la curva calorimétrica del DSC se observará un único pico de fusión cuyo valor se encontrará entre los picos de fusión de los componentes empleados; mientras que si los componentes no son miscibles, aparecerán los picos correspondientes a cada uno de los componentes (Mamun and Okui, 2014).

Se puede ver que el valor de la temperatura de fusión (T_m) de la PCL se encuentra a 58,22 °C mientras que para la mezcla PCL_BW es de 57,38 °C, de modo que su valor disminuye 1 °C cuando se añade BW al polímero. Además, En la Tabla 1 se presenta un resumen de los parámetros obtenidos mediante la caracterización térmica. Se puede notar que la temperatura de cristalización de la PCL se reduce en 7 °C al añadir BW, lo que se atribuye a un efecto plastificante de la BW sobre la PCL, de manera que como las cadenas adquieren mayor movilidad la temperatura de fusión disminuye mientras que la cristalización se retrasa (Chang, Rohindra, Lata, Kuboyama, and Ougizawa, 2018).

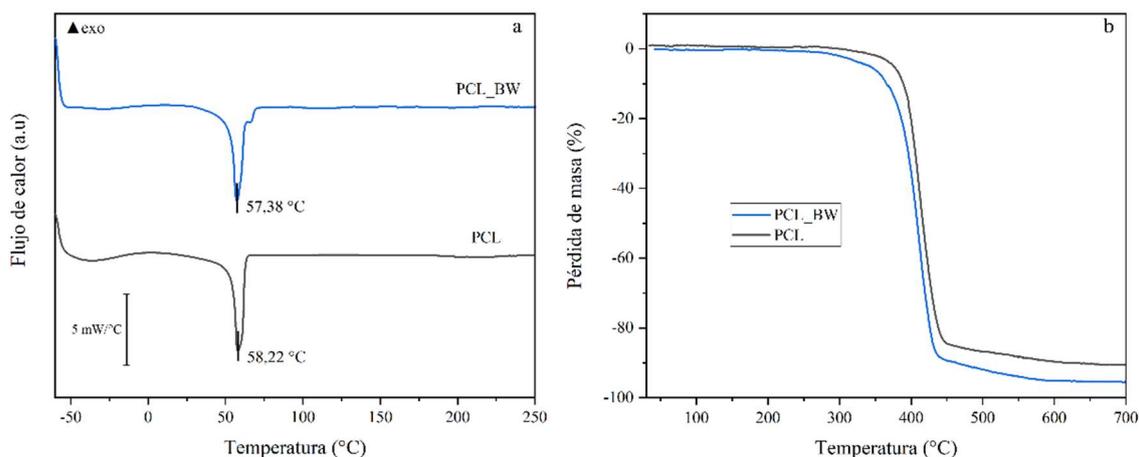


Figura 1. Comparación de curvas térmicas de: a) Calorimetría diferencial de barrido y b) termogravimetría, de la policaprolactona pura y la mezcla de policaprolactona con cera de abeja

Tabla 1. Propiedades térmicas de PCL y PCL_BW obtenidas a partir de los ensayos DSC y TGA

| Material | T_m (°C) | T_c (°C) | ΔH_m (J/g) | $T_{5\%}$ (°C) | $T_{90\%}$ (°C) | $T_{m\acute{a}x}$ (°C) |
|----------|------------|------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| PCL | 58,22 | 33,33 | -46,56 | 369,8 | 588,0 | 413,0 |
| PCL_BW | 57,38 | 27,67 | -64,30 | 342,7 | 463,9 | 410,0 |

En las curvas termogravimétricas de la Figura 1 se pueden distinguir tres fases de degradación térmica tanto para la PCL como para la PCL_BW. Con el análisis de estas curvas se ha determinado que: para la PCL la descomposición térmica inicia a 369 °C y finaliza a aproximadamente a 588 °C, y para la BW la descomposición térmica da inicio en 342,7 °C y finaliza a 463,9 °C, con lo que se puede deducir que la cera de abeja disminuye la estabilidad térmica de la PCL. Además, en la Tabla 1 se observa que la máxima temperatura de descomposición es similar para los dos materiales, con un valor de 413,0 °C para la PCL y 410,0 °C para la mezcla PCL_BW.

Es importante notar que en la segunda etapa de descomposición no se observa ninguna inflexión en las curvas termogravimétricas, lo que indica que no se han formado compuestos intermedios durante la descomposición térmica (Redfern, 1963), partir de lo que se puede determinar nuevamente que los materiales son miscibles y compatibles entre sí (Mamun and Okui, 2014).

Los resultados térmicos obtenidos indican que utilizar BW en porcentaje de 10 % en peso con PCL reduce la T_m y la T_c lo que indica la naturaleza plastificante que tiene la BW, ya que debido a su alto contenido de ácidos grasos proporciona mayor viscosidad, lo que hace que el material sea más dúctil (Talens and Krochta, 2006).

CONCLUSIONES

Se prepararon filamentos, de aproximadamente 3 mm de diámetro, destinados al uso en el proceso de impresión 3D, a partir de PCL y BW. La miscibilidad de estos materiales se determinó a partir de una caracterización térmica. El ensayo DSC mostró que la adición de BW en un 10% en peso disminuyó la temperatura de fusión de la PCL en 1 °C, y retrasó la temperatura de cristalización en 7 °C. Mientras que con el análisis termogravimétrico se determinó que la BW disminuye la estabilidad térmica de la PCL. Los dos análisis térmicos presentaron resultados favorables en cuanto a la miscibilidad y compatibilidad de los materiales, debido a que, para la mezcla PCL_BW se presenta un solo pico de fusión en la curva DSC y en la curva TGA, en la etapa de mayor degradación, no se observa la generación de compuestos intermedios.

REFERENCIAS

- Chang, R., Rohindra, D., Lata, R., Kuboyama, K., and Ougizawa, T. (2018). Development of poly(ϵ -caprolactone)/pine resin blends: Study of thermal, mechanical, and antimicrobial properties. *Polymer Engineering and Science*, 59(s2), E32–E41. <https://doi.org/10.1002/pen.24950>
- Lagaron, J. M., and Lopez-Rubio, A. (2011). Nanotechnology for bioplastics: Opportunities, challenges and strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 22(11), 611–617. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.007>
- Mamun, A., and Okui, N. (2014). *Miscibility and Thermal Studies of Isotactic Polystyrene and Poly (Cyclohexyl Methacrylate) Blends*. 1(1), 1–5.
- Morgan, J., Townley, S., Kemble, G., and Smith, R. (2002). Measurement of physical and mechanical properties of beeswax. *Materials Science and Technology*, 18(4), 463–467. <https://doi.org/10.1179/026708302225001714>
- Redfern, J. P. A. C. (1963). Thermogravimetric Analysis. *[Analys, 88]*.
- Talens, P., and Krochta, J. M. (2006). Plasticizing Effects of Beeswax and Carnauba Wax on Tensile and Water Vapor Permeability Properties of Whey Protein Films. *Journal of Food Science*, 70(3), E239–E243. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07141.x>
- Vieira, M. G. A., Da Silva, M. A., Dos Santos, L. O., and Beppu, M. M. (2011). Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, 47(3), 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2010.12.011>
- Wilbon, P. A., Chu, F., and Tang, C. (2013). Progress in renewable polymers from natural terpenes, terpenoids, and rosin. *Macromolecular Rapid Communications*, 34(1), 8–37. <https://doi.org/10.1002/marc.201200513>
- Woodruff, M. A., and Hutmacher, D. W. (2010). The return of a forgotten polymer - Polycaprolactone in the 21st century. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 35(10), 1217–1256. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2010.04.002>
- Zhang, X., Peng, X., and Zhang, S. W. (2016). Synthetic biodegradable medical polymers: Polymer blends. In *Science and Principles of Biodegradable and Bioresorbable Medical Polymers: Materials and Properties* (pp. 217–254). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100372-5.00007-6>
- Zhu, Y., Romain, C., and Williams, C. K. (2016). Sustainable polymers from renewable resources. *Nature*, 540(7633), 354–362. <https://doi.org/10.1038/nature21001>

Caracterización mecánica y morfológica de mezclas de politereftalato de etileno de origen reciclado y bio-basado

S. Montava-Jorda⁽¹⁾, V. Fombuena⁽¹⁾, A. Agüero⁽¹⁾, L. Quiles-Carrillo⁽¹⁾,
N. Montanes⁽¹⁾

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

RESUMEN

La eliminación de residuos plásticos es un problema que está en el punto de mira tanto a nivel europeo como mundial, debido al gran volumen que se generan y además de su baja biodegradabilidad. Estos hechos, han logrado un acuerdo a nivel global para la reducción del consumo de productos plásticos de un solo uso. Además, un aumento progresivo de porcentaje de plástico reciclado utilizado para la fabricación de las botellas de bebidas de PET, y consecuentemente, las líneas de investigación al respecto. En este estudio se presentan las propiedades mecánicas de materiales compuestos respetuosos con el medio ambiente (biocomposites) a partir de mezclas de politereftalato de etileno de origen reciclado (r-PET) y bio-basado (BioPET). Para realizar la caracterización mecánica de los diferentes materiales compuestos se realizaron ensayos estandarizados de tracción, impacto y dureza.

INTRODUCCIÓN

El PET es 100% reciclable y es el plástico que más se recicla del mundo, con una tasa del 31% en los Estados Unidos y del 52% en Europa (Geissler, 2015). La UE pretende, además de reducir los residuos de plásticos, que a partir del 2025 se utilice al menos un 25% de plástico reciclado para la fabricación de botellas de PET, y a partir del 2030 al menos un 30%.



Figura 1. Reciclaje de politereftalato de etileno (PET).

En las últimas décadas, la sustitución de los materiales poliméricos convencionales o de origen fósil por los materiales de origen biológico y/o biodegradable, está siendo de gran interés para diferentes investigaciones debido al agotamiento de los recursos fósiles y también del encarecimiento de su extracción ("NaturePlast "Expert of bioplastics", 2018).

El objetivo principal de este estudio es buscar una alternativa al reciclaje tradicional del PET con la obtención de un material a partir de mezclas de politereftalato de etileno de origen reciclado (r-PET) y bio-basado (BioPET). Este estudio investiga el efecto de la adición de diferentes contenidos de r-PET (15, 30 y 45% en peso) en las características mecánicas y morfológicas de las diferentes composiciones para poder obtener una proporción óptima.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales Empleados

El PET de origen bio-basado (BioPET) utilizado es grado comercial BioPET 001 fabricado por NaturePlast (Ipsos, Francia). Se trata de un grado de politereftalato de etileno (BioPET) con un contenido máximo de un 30% de origen biológico en masa producido parcialmente a partir de biomasa renovable de diferentes azúcares obtenidos de residuos de actividades agrícolas. La temperatura de fusión es de 240-260 °C, su densidad es de 1,35 g/cm³, la viscosidad intrínseca está entre 75-79 ml/g y el contenido de agua es inferior al 0,4%.

El PET de origen reciclado (r-PET) utilizado se ha obtenido a partir de restos de botellas, canales y bebederos de inyección de botellas de uso alimentario. El grado comercial es el PET Bottle Grade K-080 fabricado por Köksan Pet ve PlastikAmbalaj San. Tic. A.Ş. (Şehitkamil/Gaziantep, Turquía). La temperatura de fusión está entre 244-248 °C, su densidad es de 1,33 g/cm³, la viscosidad intrínseca está entre 78-82 ml/g y el contenido de agua es inferior al 0,2%.

Fabricación de las probetas

Las mezclas se realizaron con diferentes contenidos de r-PET (15, 30 y 45 % en peso), previamente se realizó una extrusión para conseguir una mayor homogenización de la mezcla. El material extruido se trituró con un molino para conseguir grana para su posterior inyección de las probetas estandarizadas. Con estas se realizaron los ensayos mecánicos para la obtención de las propiedades tanto de tracción e impacto de los compuestos. A partir de las roturas de los ensayos de impacto ya se prepararon las muestras para realizar el estudio morfológico con microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades Mecánicas

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de tracción realizados a las diferentes muestras. Como se puede ver, tanto el módulo de elasticidad como la resistencia a la tracción no han presentado grandes cambios, manteniéndose en valores muy similares para todas las composiciones, cercanos a los 2300 MPa y a los 57 MPa, respectivamente. Sin embargo, el alargamiento a la rotura ha disminuido bruscamente desde casi el 500% hasta valores entre 12 y 10% entre las composiciones estudiadas, ocasionando también una reducción de la resistencia al impacto.

Este fenómeno también ha sido constatado por Torres *et al.* en un estudio en el que se atribuía este suceso a la presencia de una cristalización esferulítica a consecuencia de

la adición de r-PET, haciendo las muestras más opacas (Torres, Robin, & Boutevin, 2000). Nuestros resultados muestran cierta analogía con los proporcionados por Torres, el cual ha demostrado que el PET amorfo posee un alargamiento a la rotura superior al 100%, mientras que un PET cristalino posee un alargamiento a la rotura inferior al 10%.

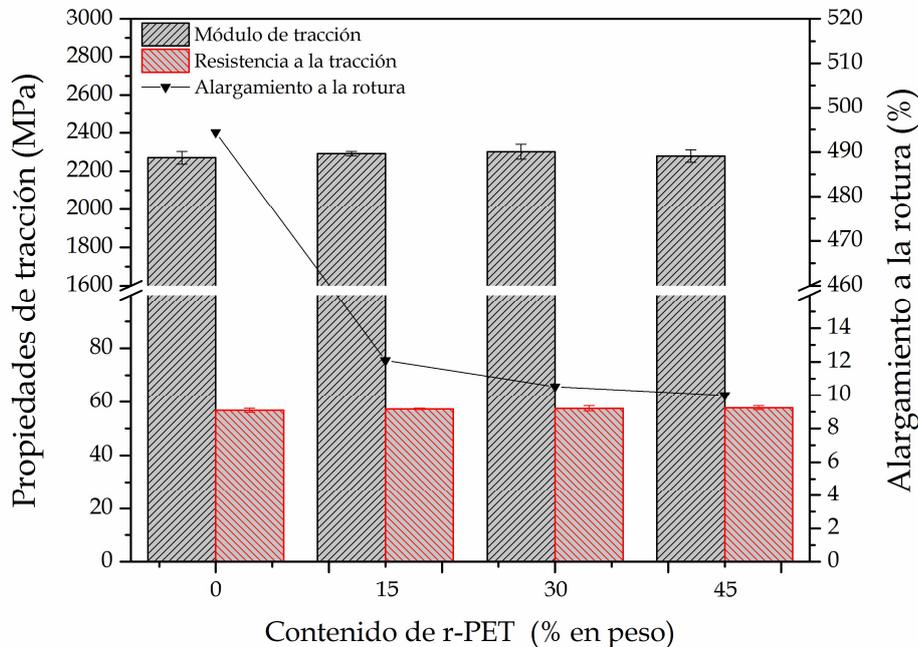


Figura 2. Propiedades mecánicas de BioPET/r-PET con distintas cantidades de r-PET (0, 15, 30 y 45%).

Propiedades Morfológicas

En la Figura 3 se muestra el estudio de las morfologías de fractura por impacto de las distintas muestras analizadas. Desde el punto de vista del aspecto superficial, todas las morfologías son muy similares. Presentan una cierta rugosidad superficial, homogénea, generada por la formación de las grietas responsables de la fractura final del material. El tamaño de los escalones de las grietas es pequeño y relativamente uniforme. La micrografía a) corresponde a la muestra del BioPET 100%, y al compararla con las otras micrografías b, c y d correspondientes a las mezclas BioPET con PET reciclado, se observa que el tamaño de los escalones de las grietas es mayor y con bordes algo más redondeados. Esto es debido a que durante el proceso de rotura se ha requerido mayor energía. Aunque el tipo de morfología superficial de la fractura sea muy similar, se aprecia una cierta tendencia a disminuir el tamaño de los escalones de grietas, ya que estas tengan cierta orientación, conforme aumenta el % de PET reciclado.

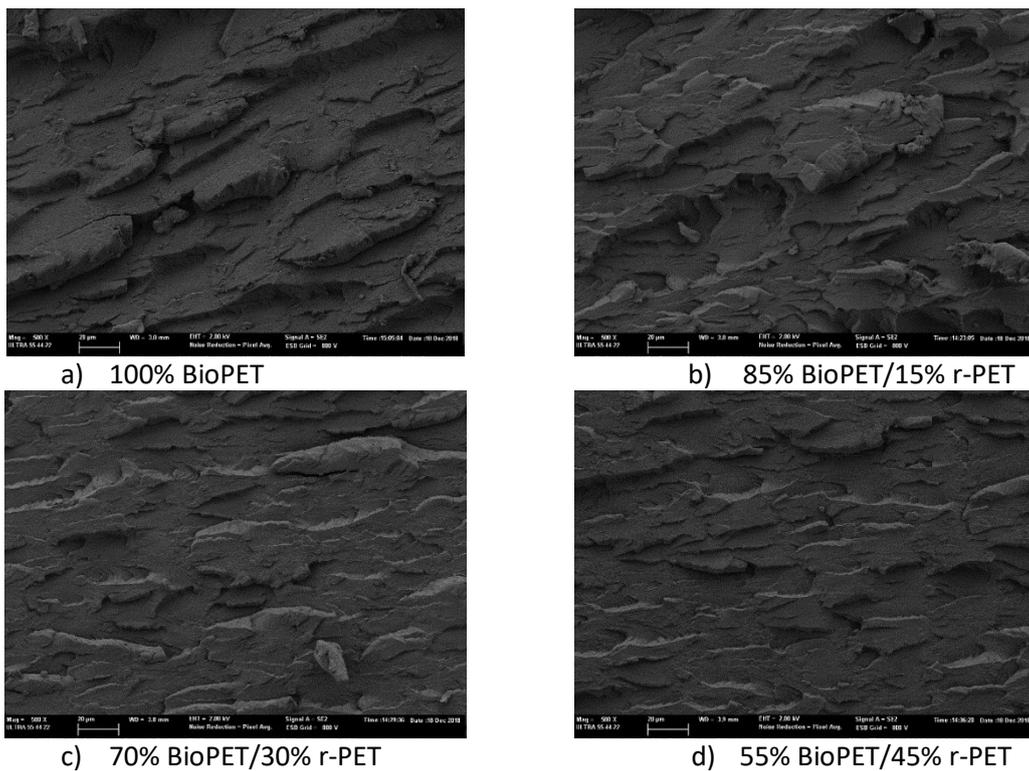


Figura 3. Superficies de fractura de impacto, 500x, de BioPET/r-PET con distintas cantidades de r-PET (0, 15, 30 y 45%).

CONCLUSIONES

El efecto de añadir r-PET a la mezcla con BioPET ha generado un aumento de la rigidez a medida que aumenta el porcentaje de r-PET. Esto pone de manifiesto que puede ser interesante el utilizar algún tipo de compatibilizador para mejorar la cristalinidad de la mezcla y propiedades mecánicas asociadas a esta.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), a través del proyecto MAT2017-84909-C2-2-R.

REFERENCIAS

Geissler, T. (2015). Improving Processing of PET. from <https://www.thermofisher.com/blog/materials/improving-processing-of-pet/>

NaturePlast "Expert of bioplastics". (2018). from <http://natureplast.eu/es/>

Torres, N., Robin, J., & Boutevin, B. (2000). Study of thermal and mechanical properties of virgin and recycled poly (ethylene terephthalate) before and after injection molding. *European Polymer Journal*, 36(10), 2075-2080.

Estudio de curado de una resina epoxi parcialmente de origen bio

D. Lascano⁽¹⁾, S. Montava-Jorda⁽²⁾, A. Agüero⁽²⁾, L. Quiles-Carrillo⁽²⁾, T. Boronat⁽²⁾

(1) *Escuela Politécnica Nacional, 17-01-2759, Quito, Ecuador*

(2) *Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante*

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en el estudio de la influencia de la temperatura de curado en el tiempo de gel, y el tiempo de curado de una resina epoxi con un contenido bio del 31%. El estudio del proceso de curado se llevó a cabo por medio de un análisis reológico, por medio del cual se observó que tanto el tiempo de gel como el tiempo de curado están inversamente relacionados con el aumento de la temperatura, de modo que a mayor temperatura de curado dichos tiempos disminuyen.

INTRODUCCIÓN

De la extensa variedad de polímeros termoestables disponibles hoy en día en el mercado mundial, las resinas epoxi han sido de las resinas más utilizadas desde su aparición (Seymour, 1981). Debido a la gran variedad de propiedades inherentes que poseen, de las cuales la gran mayoría son otorgadas por los grupos epóxidos que se encuentran en su estructura (Jin, Li, & Park, 2015), propiedades como su alta resistencia a la tensión, alta resistencia a la adhesión, baja contracción, entre otros, (David, Raja, Singh, & Gore, 2018; François et al., 2017; Ratna, Patri, Chakraborty, & Deb, 1997) hacen que estos materiales sean perfectos para el uso en aplicaciones que necesitan gran rendimiento, como pueden ser en las industrias aérea y automotriz (Holbery & Houston, 2006; Njuguna, Pielichowski, & Alcock, 2007).

Ventajas que se encuentran en los sistemas epoxi es la capacidad que tienen estos a que sus propiedades sean modificadas. Haciendo una variación en el sistema se puede obtener propiedades completamente diferentes. Una de la formas más frecuentes de realizar cambios es respecto al tipo de agente endurecedor, que en el caso de las resinas epoxi suelen ser de tipo aminas, anhídridos o ácidos (Enns & Gillham, 1983; Ivankovic, Incarnato, Kenny, & Nicolais, 2003), de los cuales el más común es el uso de tipo amina (Park, Seo, & Lee, 2000).

La mejora de las propiedades finales del sistema epoxi, no sólo se puede alcanzar por medio de cambios en la estructura del sistema, sino controlando el proceso de curado (Pethrick et al., 1996), ya que generalmente durante el proceso de curado los grupos reactivos de la resina y del endurecedor no suelen reaccionar completamente haciendo que no se llegue a obtener buenas propiedades (Tucker, Fu, Kar, Heinz, & Wiggins, 2010). Incrementando la temperatura o el tiempo de curado se suele solucionar este inconveniente (Gupta, Rich, Drazal, & Lee, 1985). El desarrollo de este trabajo está basado en el estudio de la influencia que tiene la temperatura de curado en el curado final del sistema epoxi.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

Se ha utilizado un sistema epoxi comercial compuesto por una resina epoxi de base bio tipo Resoltech® 1070 ECO y un endurecedor de base de amina tipo Resoltech® 1074 ECO, suministrados por Castro Composites (Pontevedra, España).

Fabricación de la resina

La resina epoxi y el endurecedor fueron mezclados en proporción estequiométrica 100:35 (%wt/wt) como indica el fabricante. El sistema epoxi fue mezclado cuidadosamente por medios manuales durante 5 minutos, para ser vertidos en un molde de silicona. La mezcla resultante presenta una viscosidad de 700 mPa s y una densidad de 1,22 g cm⁻³.

Pruebas Reológicas

El estudio de curado de la resina epoxi de base bio se realizó mediante un análisis reológico en un reómetro oscilatorio AR-G2 de TA Instruments (New castle, DE, USA), con un sistema de placas paralelas de 25 mm de diámetro para muestras líquidas, se estableció un espacio entre placas constante de 0,2 mm. La resina se extendió uniformemente sobre la superficie de la placa inferior precalentada.

Las muestras fueron sometidas a un programa de calentamiento isotérmico a 70 °C, 80 °C y 90 °C durante 1h. Se estableció una deformación máxima (γ) de 0.1% y una frecuencia constante de 1 Hz. El tiempo de gel fue determinado del punto de cruce entre el módulo de almacenamiento, G' y el módulo de pérdida, G'' .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de curado de una resina epoxi de origen bio fue estudiado por reometría oscilatoria a 70 °C, 80 °C y 90 °C, los resultados obtenidos se pueden apreciar en la Fig. 1. La Fig. 1A), presenta la evolución del módulo de almacenamiento, G' y el módulo de pérdidas, G'' con respecto a la temperatura. En la cual se observa una primera etapa de curado en la que los valores de G' son bajos, y mientras el proceso de curado avanza el entrecruzamiento de las cadenas va aumentando, dando como resultado que este valor aumente. En la Fig. 1B se presenta la tangente del ángulo de desfase (δ) entre la deformación (γ) y el esfuerzo aplicado (σ). El valor de δ cuando la resina sigue en estado líquido (sin curar) es cercano a los 90°, este disminuye hasta valores cercanos a 0°, lo que confirmaría el estado sólido de la resina y por lo tanto se da por terminado el proceso de curado.

La determinación del tiempo de gel es uno de los factores más importantes para entender el proceso de curado ya que como se cita en la literatura (Kroll & Croll, 2017a) este ocurre a 0,7 del grado de conversión, y éste es el punto de transición de una resina líquida a un estado sólido. Tomando en cuenta lo antes citado, se presume que el proceso de curado está relacionado con el tiempo de gel. La Fig. 2, muestra el tiempo de gel de los diferentes ciclos de curado isotérmicos. Se aprecia que con un curado a 70 °C presenta un tiempo de gel de 1426 s, y conforme la temperatura de curado aumenta este tiempo de gel disminuye, teniendo que a una temperatura de curado de 90 °C el tiempo disminuye a 445 s. Como se mencionó anteriormente, la culminación del proceso de curado se puede determinar, ya sea por el valor máximo del módulo de almacenamiento, G'_{max} o cuando el ángulo δ baja a valores cercanos a 0°. Por lo tanto, se tiene que los tiempos de curado disminuyen de 2250 s, cuando la temperatura de curado es de 70 °C, a 750 s cuando la temperatura de curado aumenta a 90 °C. Esto

concuera totalmente lo que presenta Kroll y Croll (Kroll & Croll, 2017b), que sugiere que el proceso de curado se acelera notoriamente cuando la temperatura de curado aumenta.

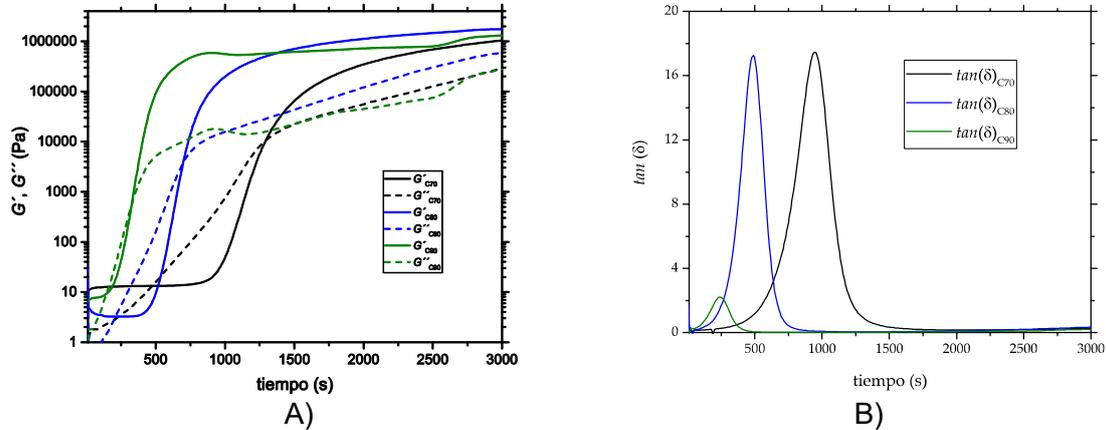


Figura 1. A) Evolución del módulo de almacenamiento (G') y módulo de pérdidas (G'') con respecto al tiempo. B) Evolución del factor de amortiguamiento ($\tan \delta$) con respecto al tiempo de una resina epoxi de origen bio sometido a diferentes ciclos de curados isotérmicos.

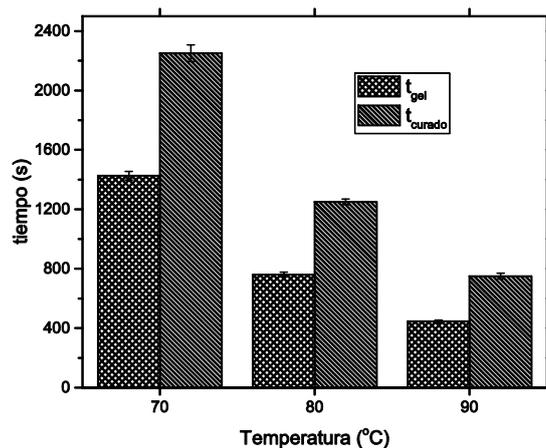


Figura 2. Variación del tiempo del gel y el tiempo de curado de una resina epoxi de origen bio sometido a diferentes ciclos de curado isotérmico.

CONCLUSIONES

El proceso de curado de una resina epoxi de origen bio y un endurecedor de tipo amina fue analizado por medio de reología oscilatoria a diferentes temperaturas de calentamiento isotérmico. Se observó que el proceso de entrecruzamiento entre las moléculas de la resina y el endurecedor se aceleró con el aumento de la temperatura de curado. De igual manera, al incrementar la temperatura de curado el tiempo gelificación disminuyó, lo cual de un punto de vista industrial es ventajoso ya que se pueden obtener materiales con propiedades mejoradas en tiempos de producción cortos. Recalcando que, aumentando de 70 °C a 90 °C de temperatura de curado disminuye un 200% el tiempo de curado.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), a través del proyecto MAT2017-84909-C2-2-R. D. Lascano agradece a la UPV por la financiación recibida a través del programa PAID-01-18

REFERENCIAS

- David, R., Raja, V. S., Singh, S. K., & Gore, P. (2018). Development of anti-corrosive paint with improved toughness using carboxyl terminated modified epoxy resin. *Progress in Organic Coatings*, 120(February), 58-70. doi:10.1016/j.porgcoat.2018.03.013
- Enns, J. B., & Gillham, J. K. (1983). Effect of the extent of cure on the modulus, glass transition, water absorptio, and density of an amine-cured epoxy. *Journal of Applied Polymer Science*, 28(9), 2831-2846. doi:10.1002/app.1983.070280914
- François, C., Pourchet, S., Boni, G., Rautiainen, S., Samec, J., Fournier, L., Robert, C., Thomas, C-M., Fontaine, S., Gaillard, Y., Placet, V., Plasseraud, L. (2017). Design and synthesis of biobased epoxy thermosets from biorenewable resources. *Comptes Rendus Chimie*, 20(11-12), 1006-1016. doi:10.1016/j.crci.2017.10.005
- Gupta, V. B., Rich, J., Drazal, L. T., & Lee, C. Y. C. (1985). The Temperature-Dependence of Some Mechanical Properties of a Cured Epoxy Resin System. *Polymer Engineering and Science*, 25(13).
- Holbery, J., & Houston, D. (2006). Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications. *JOM*, 58(11), 80-86. doi:10.1530/EJE-10-0979
- Ivankovic, M., Incarnato, L., Kenny, J. M., & Nicolais, L. (2003). Curing kinetics and chemorheology of epoxy/anhydride system. *Journal of Applied Polymer Science*, 90(11), 3012-3019. doi:10.1002/app.12976
- Jin, F. L., Li, X., & Park, S. J. (2015). Synthesis and application of epoxy resins: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 29, 1-11. doi:10.1016/j.jiec.2015.03.026
- Kroll, D. M., & Croll, S. G. (2017a). Heterogeneity in polymer networks formed by a single copolymerization reaction: I. Gelation and pre-gel structure. *Polymer*, 115, 154-163. doi:10.1016/j.polymer.2017.03.051
- Kroll, D. M., & Croll, S. G. (2017b). Heterogeneity in polymer networks formed by a single copolymerization reaction: II. Post-gelation structure and pendants. *Polymer*, 116, 113-123. doi:10.1016/j.polymer.2017.03.059
- Njuguna, J., Pielichowski, K., & Alcock, J. R. (2007). Epoxy-based fibre reinforced nanocomposites. *Advanced Engineering Materials*, 9(10), 835-847. doi:10.1002/adem.200700118
- Park, S. J., Seo, M. K., & Lee, J. R. (2000). Isothermal cure kinetics of epoxy/phenol-novolac resin blend system initiated by cationic latent thermal catalyst. *Journal of Polymer Science, Part A: Polymer Chemistry*, 38(16), 2945-2956. doi:10.1002/1099-0518(20000815)38:16<2945::AID-POLA120>3.0.CO;2-6
- Pethrick, R. A., Hollins, E. A., McEwan, I., Pollock, E. A., Hayward, D., & Johncock, P. (1996). Effect of Cure Temperature on the Structure and Water Absorption of Epoxy/Amine Thermosets. *Polymer International*, 39(4), 275-288. doi:10.1002/(SICI)1097-0126(199604)39:4<275::AID-PI508>3.0.CO;2-I
- Ratna, D., Patri, M., Chakraborty, B. C., & Deb, P. C. (1997). Amine-Terminated Polysulfone as Modifier for Epoxy Resin. *J Appl Polym Sci*, 65(September 1996), 901-907. doi:10.1002/(SICI)1097-4628(19970801)65:5<901::AID-APP7>3.0.CO;2-R
- Seymour, R. B. (1981). History of the Development and Growth of Thermosetting Polymers. *Journal of Macromolecular Science: Part A - Chemistry*, 15(6), 1165-1171. doi:10.1080/00222338108066459
- Tucker, S. J., Fu, B., Kar, S., Heinz, S., & Wiggins, J. S. (2010). Ambient cure POSS-epoxy matrices for marine composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(10), 1441-1446. doi:10.1109/RFID-TA.2015.7379790

Obtención de la solución analítica en la ecuación convección-difusión

L. Agud⁽¹⁾, M. Boix⁽¹⁾, S.C. Cardona⁽²⁾, M. L. Plá⁽¹⁾

(1) *Departamento de Matemática Aplicada, Escola Politècnica Superior d'Alcoi. Universitat Politècnica de València, Plaça Ferrandis i Carbonell, 1, 03801, Alcoi, Alicante (España); e-mail: lagudal@mat.upv.es; mboix@mat.upv.es; mlpla@mat.upv.es*

(2) *Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Escola Politècnica Superior d'Alcoi. Universitat Politècnica de València, Plaça Ferrandis i Carbonell, 1, 03801, Alcoi, Alicante (España); e-mail: scardonal@iqn.upv.es;*

RESUMEN

El propósito de este trabajo es obtener la solución analítica de la ecuación convección-difusión con condiciones de contorno tipo Danckwerts. El estudio se centra en la variación de concentración de un reactante en un reactor tubular de longitud L y radio R del tipo flujo pistón con difusión, en el que tiene lugar una reacción química de primer orden. Se ha utilizado el desarrollo generalizado de Fourier y han sido obtenidos los autovalores y las autofunciones dependiendo de los distintos valores de los coeficientes.

INTRODUCCIÓN

Sea un reactor tubular de sección transversal de área A_C , donde $C_A(z, t)$ denota la concentración en cada posición z e instante de tiempo t . En estos problemas siempre se mantiene la relación $v_z = \frac{Q}{A_C}$, con lo que el modelo matemático viene dado por la siguiente ecuación en derivadas parciales:

$$\frac{\partial C_A}{\partial t} = -v_z \frac{\partial C_A}{\partial z} + D_A \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} - k_A C_A \quad (1)$$

siendo Q el caudal de fluido, D_A el coeficiente de difusión del componente A, v_z la velocidad del fluido y k_A la constante cinética de primer orden. Las condiciones de contorno tipo Danckwerts son una combinación de dos condiciones de contorno, una tipo Robin y otra tipo Neumann, expresadas de la siguiente forma junto con la correspondiente condición inicial:

$$\left. \begin{aligned} C.I.: C_A(z, 0) &= C_{A0} \\ C.C.: C_{Ae} v_z &= v_z C_A(0, t) - D_A \frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_{z=0} \text{ tipo Robin} \\ -D_A \frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_{z=L} &= 0 \Leftrightarrow \frac{\partial C_A}{\partial z} \Big|_{z=L} = 0 \text{ tipo Neumann} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

siendo C_{Ae} la concentración de entrada al reactor. Para resolver este tipo de problemas se lleva a cabo determinados cambios de variable (Jiménez, 2018; Golz & Dorroh, 2001) para convertir, en primer lugar, la ecuación (1) en una ecuación del calor (resolviendo el problema resultante por separación de variables) y, posteriormente, transformar las condiciones de contorno (2) en homogéneas.

METODOLOGÍA

Para expresar la ecuación (1) como una ecuación del calor se busca que la solución del problema planteado sea de la forma:

$$C_A(z, t) = u(z, t)e^{rz-st} \quad (3)$$

donde $u(z, t)$ será la nueva función a determinar verificando ciertas condiciones. Los valores de r y s vendrán dados por:

$$r = \frac{v_z}{2D_A}; \quad s = \frac{v_z^2}{4D_A} + k_A \quad (4)$$

Con este cambio, se llega al siguiente problema:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} = D_A \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ C. I.: u(z, 0) = e^{-r} C_{A0} := \varphi(z) \\ C. C.: \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=0} - ru(0, t) = -2rC_{Ae}e^{st} \\ \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=L} + ru(L, t) = 0 \end{array} \right\} \quad (5)$$

Si ahora se busca que ambas condiciones de contorno sean homogéneas, conviene realizar un nuevo cambio de variable. Para ello, se descompone $u(z, t)$ de la siguiente forma:

$$u(z, t) = v(z, t) + w(z, t) \quad (6)$$

Llegados a este punto se construye una función $v(z, t)$ que verifique las condiciones de contorno dadas en (5). Si se ensaya con una función del tipo $v(z, t) = a(t)z + b(t)$, al imponer las condiciones de contorno, se obtiene que $a(t)$ y $b(t)$ satisfacen:

$$a(t) = \frac{-2rC_{Ae}}{2+rL} e^{st}; \quad b(t) = \frac{2C_{Ae}(1+rL)}{2+rL} e^{st} \quad (7)$$

con lo que:

$$v(z, t) = \frac{2C_{Ae}(-rz+1+rL)}{2+rL} e^{st} \quad \text{y} \quad v(z, 0) = \frac{2C_{Ae}(-rz+1+rL)}{2+rL} \quad (8)$$

Notad que: $-\frac{\partial v}{\partial t} = -a'(t) - b'(t) = -s(a(t) + b(t)) = -sv(t)$

En cuanto a la función $w(z, t)$, tendrá que satisfacer:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial w}{\partial t} = D_A \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} - a'(t) - b'(t) \\ C. I.: w(z, 0) = \varphi(z) - v(z, 0) := H(z) \\ C. C.: \frac{\partial w}{\partial z} \Big|_{z=0} - rw(0, t) = 0 \\ \frac{\partial w}{\partial z} \Big|_{z=L} + rw(L, t) = 0 \end{array} \right\} \quad (9)$$

siendo $H(z) = e^{-rz}C_{A0} - \frac{2C_{Ae}(-rz+1+rL)}{2+rL}$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para resolver la ecuación del calor no homogénea (9) se sabe, por el desarrollo generalizado de Fourier, que las soluciones serán de la forma:

$$w(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} T_n(t)X_n(z) \tag{10}$$

donde hay que encontrar cómo son las funciones $T_n(t)$ y $X_n(z)$ que intervienen en el desarrollo. En primer lugar, se aborda cómo sería la solución si la ecuación del calor fuese homogénea, mediante el método de separación de variables.

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} &= D_A \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \\ \text{C. I.: } w(z, 0) &= H(z) \\ \text{C. C.: } \frac{\partial w}{\partial z} \Big|_{z=0} - rw(0, t) &= 0 \\ \frac{\partial w}{\partial z} \Big|_{z=L} + rw(L, t) &= 0 \end{aligned} \right\} \tag{11}$$

Al resolver, se obtienen las autofunciones $\{X_n(z)\}_{n=1}^{\infty}$ que forman base ortogonal para $z \in [0, L]$

$$X_n(z) = A \cos(\lambda_n z) + B \operatorname{sen}(\lambda_n z) \tag{12}$$

donde λ_n serán los valores propios asociados. Imponiendo las condiciones frontera, y sin pérdida de generalidad, se tiene:

$$A = \frac{\lambda_n}{r}; \quad B = 1; \quad \operatorname{tg}(\lambda_n L) = \frac{2\lambda_n r}{\lambda_n^2 - r^2} \tag{13}$$

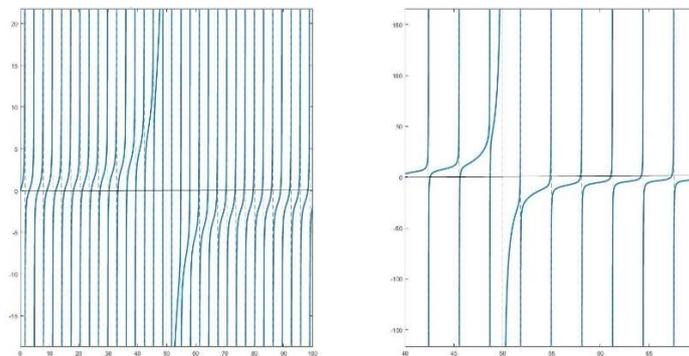


Figura 1. Función (y detalle) cuyas raíces son los valores propios (ec.13) para $L=1$; $Q=0.1, v_z=0.1, C_{A0}=0, C_{Ae}=1, D_A=0.001, k_A=0.1$.

Por tanto:
$$X_n(z) = \frac{\lambda_n}{r} \cos(\lambda_n z) + \operatorname{sen}(\lambda_n z) \quad \text{y} \quad \operatorname{tg}(\lambda_n L) = \frac{2\lambda_n r}{\lambda_n^2 - r^2} \tag{14}$$

La ecuación que satisfacen los valores propios es una ecuación trascendente. Para resolverla se ha implementado una rutina numérica en ©Matlab R2017b. Destacar que $\lambda_0 = 0$, por lo que $X_0(z) = 0$, y por ello el sumatorio de la ecuación (10) empezará en $n=1$. Imponiendo que la igualdad dada por (10) debe ser solución de la ecuación del calor no homogénea de (9), se ha de construir cómo serán las funciones $T_n(t)$. Bajo el supuesto de condiciones de derivabilidad adecuadas y de convergencia de las series, se tiene:

$$\sum_{n=1}^{\infty} T'_n(t) \left[\frac{\lambda_n}{r} \cos(\lambda_n z) + \operatorname{sen}(\lambda_n z) \right] = D_A \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \left[\frac{-\lambda_n^3}{r} \cos(\lambda_n z) - \lambda_n^2 \operatorname{sen}(\lambda_n z) \right] - a'(t) - b'(t)$$

Expresando mediante desarrollos de Fourier las funciones que intervienen:

$$-a'(t) - b'(t) = \sum_{n=0}^{\infty} g_n(t) X_n(z) \quad (15)$$

y
$$w(z, 0) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(0) X_n(z) \quad (16)$$

con $H(z) = \sum_{n=1}^{\infty} h_n X_n(z)$, se tiene que $T_n(0) = h_n$. Para el estudio de la convergencia de las series y la aplicación de propiedades de las mismas se ha utilizado el criterio M de Weierstrass y teoremas de convergencia absoluta de series, llegando a que $T_n(t)$ debe verificar

$$\left. \begin{aligned} T'_n(t) + \lambda_n^2 D_A T_n(t) &= g_n(t), \quad \forall n \geq 1 \\ T_n(0) &= h_n \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Llamando $G(z, t) = \sum_{n=1}^{\infty} g_n(t) X_n(z)$ y $\varphi(z) = \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n X_n(z)$ se deduce:

$$h_n = \frac{\int_0^L H(z) X_n(z) dz}{\int_0^L X_n^2(z) dz} \quad g_n(t) = \frac{\int_0^L G(z, t) X_n(z) dz}{\int_0^L X_n^2(z) dz} \quad \varphi_n = \frac{\int_0^L \varphi(z) X_n(z) dz}{\int_0^L X_n^2(z) dz} \quad (18)$$

cumpliéndose la relación $g_n(t) = se^{st}(h_n - \varphi_n)$.

Si $C_{A0} = 0$ se tendrá que $\varphi_n = 0$, con lo que:

$$\left. \begin{aligned} T'_n(t) + \lambda_n^2 D_A T_n(t) &= se^{st} h_n, \quad \forall n \geq 1 \\ T_n(0) &= h_n \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los coeficientes de los diferentes desarrollos generalizados de Fourier, se procede a deshacer de forma regresiva los cambios de variable utilizados y se llega a que la solución analítica del problema (1) vendrá dada por:

$$C_A(z, t) = e^{rz-st}(v(z, t) + \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) X_n(z)) \quad (20)$$

Se ha estudiado también la solución en régimen estacionario, dando lugar a una ecuación diferencial ordinaria de segundo orden con coeficientes constantes, que concuerda con el límite cuando t tiende a infinito en la solución obtenida en (20).

REFERENCIAS

Jiménez-Zenteno J.R. (2018). Una solución analítica para la ecuación de difusión advección reacción por medio de series de Fourier. *Matemática, Educación e Internet*, 18(2), ISSN: 16590643.

Golz W.J. & Dorroh J.R. (2001). The Convection-diffusion Equation for a Finite Domain with Time varying Boundaries. *Applied Mathematics Letters*, 14, 983-988. doi: 10.1016/S0893-9659(01)00076-3.

Optimización de la concentración de zumo de granada. Simulación basada en ProMax©

J. Gómez-Caturla⁽¹⁾, J. Lora-García⁽¹⁾, S.C. Cardona⁽¹⁾,
María-Fernanda López-Pérez⁽¹⁾, V. Fombuena⁽²⁾

(1) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM),

*(2) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),
Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: jlora@iqn.upv.es*

RESUMEN

La evaporación es generalmente conocida por su uso para la concentración de zumos. En este trabajo se han diseñado diversos sistemas de evaporación consistentes en 1, 3, 4 y 5 efectos para concentrar zumo de granada, haciendo uso de Matlab. También se ha realizado un análisis de costes para comprobar cuál es el sistema óptimo y justificar la utilización de la evaporación multiefecto frente a un solo efecto. Adicionalmente, se ha simulado con ProMax el evaporador óptimo y se han comparado los resultados del proceso entre ProMax y Matlab.

INTRODUCCIÓN

La granada es una fruta que está cobrando mayor fama e importancia con los años, siendo una de las mayores fuentes de polifenoles antioxidantes, los cuales ayudan frente a problemas de salud como enfermedades cardiovasculares, cáncer o aterosclerosis. Por tanto, el zumo de granada resulta un producto interesante para concentrar, con el objetivo de disminuir su volumen y que resulte más fácil su transporte y exportación.

La evaporación es uno de los métodos más utilizados y fiables para concentrar zumos. Se trata de una operación básica cuyo objetivo es concentrar una disolución que contenga un soluto no volátil y un disolvente volátil. En este caso el soluto es el zumo y el disolvente es agua. Para llevarla a cabo se hace uso de un evaporador, al cual se alimenta la disolución de zumo diluida. Ésta se lleva a ebullición mediante el uso de vapor, normalmente saturado, que circula por el interior de tubos para cederle calor latente, de forma que éste saldrá en forma de líquido saturado. Por la parte inferior del evaporador saldrá la disolución de zumo concentrada y por la parte superior saldrá vapor de agua sobrecalentado procedente de la disolución. Esto se debe a que la disolución de zumo hierve a una temperatura mayor que la que le correspondería si fuera agua pura. Esta diferencia de temperaturas se conoce como elevación del punto de ebullición (EPB). Así, para la presión en el evaporador el vapor sale a una temperatura mayor que en caso de ser saturado (Towler & Sinnott, 2013).

La evaporación de múltiple efecto consiste en conectar varios evaporadores o efectos, de forma que el líquido va concentrándose a medida que va pasando por los efectos y el vapor que sale de cada efecto sirve para calentar la disolución del siguiente, aprovechando así el calor latente. La presión y temperatura disminuyen a medida que

se avanza por los efectos. El vapor que sale del último efecto se condensa utilizando agua de refrigeración.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Datos de operación

Se toma una alimentación de 1.67 millones de litros al año de zumo natural que entran a 25 °C, 1 atm y con una concentración de 14 °Brix. La presión de entrada del vapor vivo saturado al primer efecto es de 1.2 bar. La concentración de salida del último efecto es de 65 °Brix. La temperatura de saturación del vapor que sale del último efecto son 40 °C, para que la temperatura durante el proceso no supere de forma excesiva los 90 °C, que es la temperatura a la que empiezan a degradarse las antocianinas, componente esencial del zumo (Sui, 2017). Las propiedades del zumo se han aproximado a las propiedades de una disolución de sacarosa de los mismos °Brix. El agua de refrigeración que entra en el condensador a contracorriente del vapor de salida del último efecto se encuentra a 1 atm y entra a 25 °C, saliendo del condensador a 35 °C.

Simulación en Matlab 2017b

Se ha desarrollado un algoritmo que permita resolver los balances de materia y energía de un evaporador a partir de los datos de operación mediante un cálculo iterativo que varía las caídas de temperatura y las concentraciones en cada efecto, para que las áreas de intercambio de calor en todos los efectos sean iguales. Se han resuelto evaporadores de 3, 4 y 5 efectos y se han comparado con un evaporador de simple efecto. Para optimizar el proceso se ha realizado un análisis de costes entre los evaporadores calculados, para determinar cuál es el óptimo y justificar el uso de la evaporación multiefecto frente a la de simple efecto. Este análisis incluye la estimación de los costes fijos y variables. Como costes fijos se han computado los costes de inversión de la planta, que suponen los costes de adquisición e instalación de todos los equipos, en este caso evaporadores y condensador, en forma de capital anual a pagar como amortización. Como costes variables se ha tenido en cuenta el coste de los principales servicios necesarios en la planta, en este caso el vapor saturado de calefacción que entra en el primer efecto y el agua de refrigeración que entra en el condensador para enfriar el vapor de salida del último efecto.

Simulación en ProMax 4.0

El evaporador óptimo resultado del estudio en Matlab se ha llevado a ProMax para comparar los resultados. En primer lugar, se ha determinado el paquete termodinámico óptimo para la mezcla sacarosa-agua teniendo en cuenta la elevación del punto de ebullición y la capacidad calorífica C_p , comparando el comportamiento de varios paquetes con datos experimentales. La elevación del punto de ebullición modelo viene determinada por la expresión (2) (Mendieta & Escalante, 2013).

$$EPB_i = 0.2209 \cdot e^{0.0557 \cdot x_{Li}} \quad (1)$$

Donde: EPB_i es la elevación del punto de ebullición (°C) en el efecto i y x_{Li} es la fracción másica de sacarosa (%) en ese mismo efecto.

Para simular cada efecto de un evaporador, en ProMax se ha utilizado un intercambiador de calor de 2 entradas y un separador bifásico líquido-vapor. Al igual que en Matlab, se ha impuesto como condición que las áreas de intercambio de calor de todos los efectos sean iguales. Dentro del simulador se han impuesto varios *solvers* que emulan el cálculo

iterativo. Uno de ellos hace variar el flujo de vapor vivo para que la concentración de salida del último efecto sea del 65% en sacarosa, mientras que los otros varían la presión en todos los efectos, menos en el último, para que las áreas sean iguales. Para poder calcular el área de un evaporador, se ha dividido el UA proporcionado por ProMax entre la correlación utilizada en Matlab para calcular el coeficiente global de transmisión de calor U (ver ecuación (2) (Wright, 2008)), ya que ProMax no permite saber el valor del área ni de U por separado si no se especifican todos los datos dimensionales del intercambiador.

$$U_i = 0.00056 \cdot (110 - x_{Li})^{1.0025} \cdot T_{Li}^{0.8294} \quad (2)$$

Donde: U_i es el coeficiente global de transmisión de calor en el efecto i , en $\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$, y T_{Li} es la temperatura de la disolución en ese efecto, en $^\circ\text{C}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura muestra el análisis de costes a partir de los cálculos realizados con Matlab. Se observa cómo los costes fijos aumentan con el número de efectos, debido a que cuantos más efectos, más evaporadores hay que instalar. Los costes de operación disminuyen con el número de efectos debido a que al incluir más efectos disminuye el flujo de vapor saturado que hay que introducir en el primer efecto, así como el agua de refrigeración necesaria para condensar el vapor del último efecto. Los costes totales reflejan qué evaporador es el óptimo, en este caso el de 3 efectos, donde se produce un punto de inflexión.

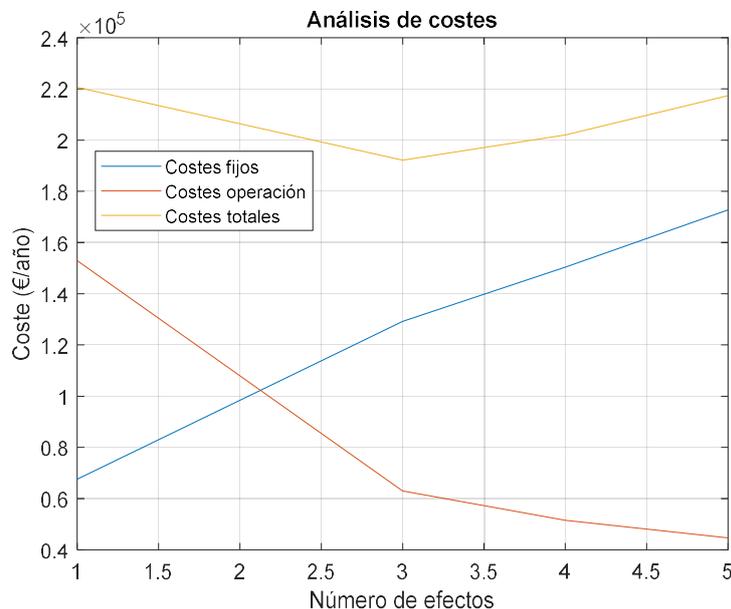


Figura 1. Análisis de costes

El paquete termodinámico utilizado en ProMax ha sido Wilson Peng-Robinson (Wilson PR), ya que es el que mejor reproduce los datos experimentales de C_p y de elevación del punto de ebullición. Estas dos propiedades han sido consideradas las más importantes en el diseño de sistemas de evaporación, a la hora de validar el paquete

termodinámico del simulador. Cabe destacar que una correcta elección del paquete termodinámico es crucial para asegurar la capacidad predictiva de un simulador de procesos.

La Tabla 2 muestra diferentes parámetros del evaporador de 3 efectos calculados con Matlab y con ProMax. Aunque algunos difieren, es en baja medida y puede observarse como todos son bastante similares entre sí, siendo la simulación, por tanto, satisfactoria.

Tabla 2. Comparación Matlab y ProMax para evaporador de 3 efectos

| Parámetro | Efecto 1 | | Efecto 2 | | Efecto 3 | | Unidades |
|---------------------------|---------------|--------|----------|---------------|----------|--------|-------------------------------|
| | Matlab | ProMax | Matlab | ProMax | Matlab | ProMax | |
| Líquido saliente | 470.4 | 471.3 | 306.7 | 308.45 | 135.1 | 135.1 | $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$ |
| Vapor saliente | 156.7 | 155.8 | 163.7 | 162.85 | 171.7 | 173.4 | $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$ |
| Fracción másica | 18.66 | 18.63 | 28.62 | 28.46 | 65.00 | 65.01 | % |
| Temperatura | 92.91 | 91.84 | 81.48 | 80.39 | 48.25 | 45.22 | °C |
| Parámetro | Matlab | | | ProMax | | | Unidades |
| Consumo de vapor saturado | 233.3 | | | 229.8 | | | $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$ |
| Agua de refrigeración | 10.2 | | | 10.0 | | | $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ |
| Área | 5.15 | | | 5.01 | | | m^2 |

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que en este proceso la evaporación en múltiple efecto es más efectiva que en simple efecto, ya que se obtiene el mismo producto con un coste menor. Además, se ha conseguido simular un proceso de evaporación en ProMax exitosamente, obteniendo resultados similares a la resolución con Matlab, teniendo en cuenta que ProMax no ofrece ningún equipo específico para evaporación. Sin embargo, el estudio de este proceso con ProMax queda abierto, teniendo en cuenta que podría utilizarse el simulador para problemas de optimización como, por ejemplo, minimizar el consumo de vapor saturado en el primer efecto para unas condiciones dadas.

REFERENCIAS

Mendieta, O.A., & Escalante, H. (2013). Experimental analysis of the evaporation of sugar cane juice by film on a flat plate. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 14(2), 113-127.

Sui, X. (2017). *Impact of Food Processing on Anthocyanins*. Singapore: Springer.

Towler, G., & Sinnott, R. (2013). *Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design Chp 7-19*. Londres: Elsevier.

Wright, P. (2008). Heat transfer coefficient correlations for Robert juice evaporators. *Proc. Aust. Sugar Cane Technol.*, 30, 547-558.

Propiedades mecánicas de mezclas basadas en almidón y polivinil alcohol preparadas por moldeo por inyección

M. Aldas^(1,2), F. Pawlak^(2,3), H. de la Rosa-Ramírez⁽²⁾, M.P. Arrieta⁽⁴⁾

*(1) Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional, 170517, Quito (Ecuador)
e-mail: miguel.aldas@epn.edu.ec*

(2) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, 03801 Alcoy – Alicante (España)

(3) Faculty of Technology and Chemical Engineering, University of Science and Technology in Bydgoszcz, Seminaryjna 3, PL-85326, Bydgoszcz (Poland)

(4) Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida Complutense s/n, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid (España)

RESUMEN

Existe un creciente interés por proponer alternativas de materiales que sustituyan a estos plásticos de uso común. Una de estas alternativas es el empleo de almidón nativo, en su forma termoplástica (o también conocido como TPS), que proviene de fuentes naturales y es biodegradable. Sin embargo, el principal problema de este material se centra en las pobres propiedades que presenta, respecto a otros plásticos biodegradables. Por tanto, el presente trabajo expone el estudio de mezclas de TPS con polivinil alcohol (PVA), obtenidas mediante tecnologías de procesamiento convencionales. Se prepararon cinco mezclas en todo el rango de composición, y se obtuvieron sus propiedades mecánicas de tracción, resistencia al impacto y dureza, con el fin de determinar la composición que presente el mejor balance de propiedades.

INTRODUCCIÓN

Los plásticos sintéticos son materiales que se pueden emplear en diferentes campos debido a que presentan una gran variedad y versatilidad en sus propiedades, lo que los hace idóneos para un sinnúmero de aplicaciones (Keshavarz and Roy, 2010). Sin embargo, el elevado uso y disposición de estos materiales ha incrementado los desechos en los rellenos sanitarios y la contaminación del entorno ambiental y marino (Lagaron and Lopez-Rubio, 2011; Quiroz, Cadena, Sinche, Chango, and Aldás, 2009),

Para resolver este problema, se han impulsado investigaciones para proponer materiales alternativos que sean menos dañinos para el medio ambiente y que posean propiedades idóneas que permitan reemplazar a los plásticos sintéticos en sus diversas aplicaciones. Entre las alternativas se encuentran los llamados biopolímeros, que pueden ser polímeros derivados de biomásas (almidón o celulosa); polímeros producidos por microorganismos (polihidroxialcanoatos - PHAs); o, polímeros obtenidos por síntesis química de materias primas renovables (poli(ácido láctico) o PLA, biopolietileno) (Arrieta, Samper, Aldas, and López, 2017; Ferri, Garcia-Garcia, Sánchez-Nacher, Fenollar, and Balart, 2016; Lagaron and Lopez-Rubio, 2011).

El almidón termoplástico o TPS, se obtiene de la plastificación del almidón nativo, que es un material que se encuentra en la naturaleza, es abundante, barato y biodegradable. En el campo de materiales, se prefiere utilizar almidón termoplástico que almidón en su

forma nativa, debido a que los gránulos plastificados del almidón permiten la formación de una fase continua y viscosa que puede ser procesada con facilidad mediante técnicas de procesamiento de plásticos de uso industrial (p. ej. extrusión, inyección, termoconformado) (Kaseem, Hamad, and Deri, 2012). Sin embargo, el TPS presenta bajas propiedades mecánicas, que dificultan su uso y aplicaciones. Por esto, algunos biopolímeros generalmente no se emplean de forma pura, sino que se mezclan con otros polímeros y aditivos en diferentes porcentajes (Narayanan, Loganathan, Valapa, Thomas, and Varghese, 2017; Queiroz and Collares-Queiroz, 2009).

En este sentido, el polivinil alcohol (PVA) es un polímero biodegradable que se obtiene de la hidrólisis del polivinil acetato. Este material es fuerte, duradero y posee una estructura de alta cristalinidad. Además, debido a sus características, es consumido fácilmente por microorganismos y enzimas cuando se expone al ambiente natural y es totalmente soluble en agua (Sin, Rahman, Rahmat, and Khan, 2010). Sus usos se centran en adhesivos, agentes de encolado y de recubrimiento, aplicaciones biomédicas y películas y empaques biodegradables (Kuraray Specialities Europe, 2018). Pese a esto, el precio del PVA es bastante alto, mientras que el del TPS es muy asequible. Por otro lado, las propiedades mecánicas del PVA son mucho más altas que las del TPS. Por este motivo, en este trabajo se busca encontrar un equilibrio de la relación de propiedades mecánicas de los materiales TPS, PVA y sus mezclas.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales empleados y preparación de las mezclas

El polivinil alcohol empleado fue el PVA Mowiflex C17 de grado comercial, suministrado por Kuraray Europe GmbH (Hettersheim am Main, Alemania). Como almidón nativo se empleó almidón de maíz de uso alimenticio, suministrado por Cargill (Barcelona, España). Como plastificante se usó glicerol (99% de pureza), suministrado por Panreac Química Sau (Barcelona, España). Para preparar el TPS, se premezcló el almidón nativo con 25 % en peso de glicerol. La mezcla se realizó de forma manual, evitando la formación de grumos. Luego, se colocó la premezcla en una bolsa plástica con sello hermético, y se dejó reposar durante 24 h. Posteriormente, se extruyó el contenido de la bolsa en una extrusora de doble tornillo Dupra S.L (Castalla, España), con un perfil de temperatura de: 140/130/120/110 °C (de boquilla a tolva) a 20 rpm.

Para preparar las mezclas a estudiar, se formularon las composiciones de acuerdo a lo indicado en la Tabla 1. Se mezcló el TPS, previamente preparado y molido, con el PVA en estado de suministro. Luego, se extruyó esta mezcla con un perfil de temperatura de 180/170/150/120 °C (de boquilla a tolva) a 20 rpm. Posteriormente, se trituró el material para obtener pellets. Finalmente, las probetas de estudio se obtuvieron por un proceso de moldeo por inyección en una inyectora Sprinter-11 de Erinca S, L. (Barcelona, España) con un perfil de 185/170/160 °C (de boquilla a tolva).

Métodos de caracterización

Las propiedades de tracción se determinaron en una máquina universal de ensayos Ibertest Elib 30 de SAE Ibertest (Madrid, España) a temperatura ambiente, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 527, con una celda de carga de 5 kN, una velocidad de 10 mm/min. La resistencia al impacto Charpy se midió en una máquina Metrotec S.A. (San Sebastián, España), con un péndulo de 1 J, bajo la norma UNE-EN-ISO 179. La dureza Shore D se midió con un durómetro Modelo 673-D de Instrumentos J.Bot S.A.

(Barcelona, España), según la norma UNE-EN-ISO 868. Se ensayaron al menos cinco probetas para cada propiedad y se reporta el promedio y su desviación estándar.

Tabla 1. Mezclas de TPS y PVA estudiadas

| Nombre | Contenido de TPS (% en peso) | Contenido de PVA (% en peso) |
|--------|---------------------------------|---------------------------------|
| TPS | 100 | 0 |
| 25/75 | 75 | 25 |
| 50/50 | 50 | 50 |
| 75/25 | 25 | 75 |
| PVA | 0 | 100 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos de la caracterización de propiedades mecánicas de los diferentes materiales estudiados. Se puede constatar la diferencia muy marcada entre las propiedades de los materiales puros (PVA y TPS), ya que, por un lado, el TPS muestra características de un material dúctil (baja resistencia a la tracción, bajo módulo de Young, relativa alta elongación a la rotura y baja resistencia al impacto), mientras que el PVA muestra características de un material rígido. Se puede observar además que no existe una tendencia marcada en la evolución de las propiedades de las mezclas estudiadas. En primer lugar, si se observa la resistencia máxima a tracción y la dureza Shore D, estas incrementan su valor conforme incrementa el contenido de PVA en la mezcla. Para el caso de la dureza, el incremento tiende a ser lineal, entre los valores de dureza de los extremos (TPS y PVA, respectivamente). Sin embargo, en cuanto a la resistencia máxima, ésta no sufre variaciones considerables respecto al TPS, aun cuando el contenido de PVA en la mezcla sea de 50% en peso.

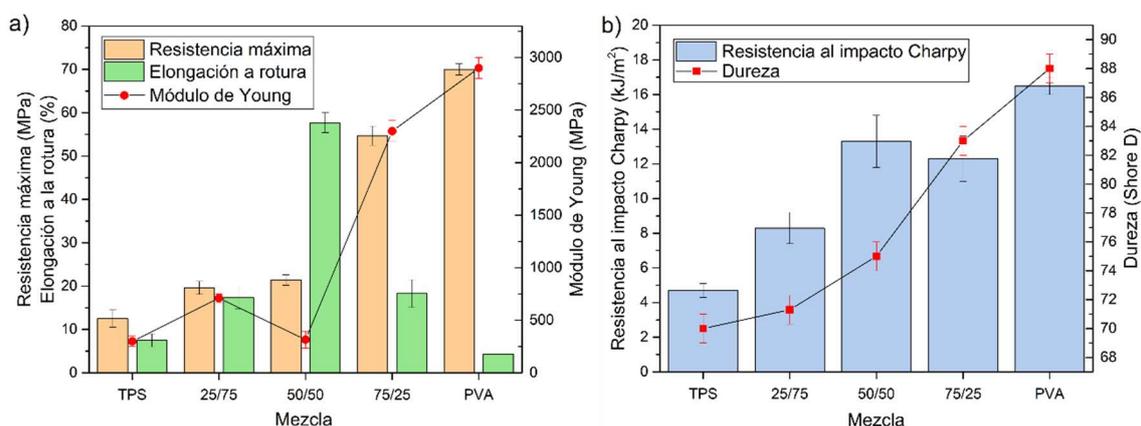


Figura 1. Evolución de las propiedades mecánicas de las mezclas de TPS-PVA en diferentes composiciones: a) propiedades de tracción y b) resistencia al impacto y dureza Shore D;

Por otro lado, si se observan los resultados obtenidos de elongación a la rotura, se constata un importante incremento en la mezcla 50/50, lo que da indicios de que la plastificación del TPS ha sido reforzada con la presencia del PVA. Esto se corrobora con el similar comportamiento de la resistencia al impacto Charpy, donde la mezcla 50/50 presenta valores mucho más altos incluso que cuando la mezcla contiene 75% de

PVA (75/25). En cuanto a los valores de módulo de Young, la tendencia creciente se rompe en la mezcla 50/50 debido a la mencionada plastificación del material.

CONCLUSIONES

Se procesaron dos polímeros biodegradables y sus respectivas mezclas, utilizando métodos convencionales de procesamiento de plásticos sintéticos (extrusión e inyección). Se ha comprobado que la presencia del PVA en la mezcla, influencia en las propiedades mecánicas del material, siendo la mezcla 50/50 la que presenta características de un refuerzo de la plastificación del material. Mientras que, los materiales 25/75 (75% de TPS) y 75/25 (75% de PVA), presentan propiedades intermedias entre el TPS y el PVA respectivamente, dando lugar a una ventana de propiedades muy amplia en función de los requerimientos de aplicación final.

REFERENCIAS

- Arrieta, M. P., Samper, M. D., Aldas, M., and López, J. (2017). On the use of PLA-PHB blends for sustainable food packaging applications. *Materials*, 10(9), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ma10091008>
- Ferri, J. M., Garcia-Garcia, D., Sánchez-Nacher, L., Fenollar, O., and Balart, R. (2016). The effect of maleinized linseed oil (MLO) on mechanical performance of poly(lactic acid)-thermoplastic starch (PLA-TPS) blends. *Carbohydrate Polymers*, 147, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.03.082>
- Kaseem, M., Hamad, K., and Deri, F. (2012). Thermoplastic starch blends: A review of recent works. *Polymer Science Series A*, 54(2), 165–176. <https://doi.org/10.1134/s0965545x1202006x>
- Keshavarz, T., and Roy, I. (2010). Polyhydroxyalkanoates: bioplastics with a green agenda. *Current Opinion in Microbiology*, Vol. 13, pp. 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2010.02.006>
- Kuraray Specialities Europe. (2018). Polyvinyl alcohol for 1001 applications. Retrieved May 23, 2019, from <https://www.kuraray.eu/en/produkte/product-groups/polyvinyl-alcohol/>
- Lagaron, J. M., and Lopez-Rubio, A. (2011). Nanotechnology for bioplastics: Opportunities, challenges and strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 22(11), 611–617. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.007>
- Narayanan, M., Loganathan, S., Valapa, R. B., Thomas, S., and Varghese, T. O. (2017). UV protective poly(lactic acid)/rosin films for sustainable packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.152>
- Queiroz, A. U. B., and Collares-Queiroz, F. P. (2009). Innovation and industrial trends in bioplastics. *Polymer Reviews*, 49(2), 65–78. <https://doi.org/10.1080/15583720902834759>
- Quiroz, F., Cadena, F., Sinche, L., Chango, I., and Aldás, M. (2009). Estudio de la degradación en polímeros oxo-biodegradables. *Revista Politécnica*, 30(1), 179–191. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5537/1/Francisco-Quiroz.pdf>
- Sin, L. T., Rahman, W. A. W. A., Rahmat, A. R., and Khan, M. I. (2010). Detection of synergistic interactions of polyvinyl alcohol–cassava starch blends through DSC. *Carbohydrate Polymers*, 79(1), 224–226. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2009.08.003>

Diseño, montaje y puesta a punto de sistemas de control de procesos de bajo coste

A. López-Borrell⁽¹⁾, L. Tormo-Rico⁽¹⁾, A.A. Tejedor-García⁽¹⁾, X.I. Escobar-Carrera⁽¹⁾,
R. Seguí-Revert⁽¹⁾, M. Jorda-Reolid⁽¹⁾, A. Hernández-Serrano⁽¹⁾, S.C. Cardona⁽²⁾

(1) *Grupo Generació Espontània de Control de Processos-EP SA (GESCOP-EP SA)*

(2) *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: scardona@iqn.upv.es*

RESUMEN

En este trabajo se presentan algunas de las actividades realizadas por GESCOP-EP SA, grupo de generación espontánea del Campus d'Alcoi, cuya principal línea de trabajo es el control de procesos haciendo uso de equipos de bajo coste. El objetivo del trabajo es el diseño, construcción y puesta en marcha de una planta piloto para la aplicación de sistemas de control de la temperatura del agua en un tanque de calentamiento. Para ello, el grupo está realizando diversas tareas que van desde la construcción del tanque de calentamiento, el modelado matemático del proceso, la programación de Matlab/Simulink, el uso de Arduino, la calibración de los instrumentos de medida, hasta la implementación del lazo de control, los ensayos sobre la planta piloto o la aplicación de distintas técnicas de control

INTRODUCCIÓN

El control de procesos surge de la necesidad de automatizar un proceso con el fin de disminuir costes, eliminar actividades repetitivas o peligrosas para los operarios en planta. El control de procesos es un campo multidisciplinar que integra a profesionales de campos tan diversos como la ingeniería química, ingeniería mecánica, electrónica, electricidad, medicina, entre muchos otros. Esto queda claramente reflejado en la International Federation of Automatic Control (IFAC), la cual ha dividido el control en 9 campos que engloban desde sistemas y señales, modelos matemáticos hasta economía y sistemas sociales.

Parte indispensable del control de procesos es el uso de la instrumentación de medida y los actuadores adecuados al sistema que se quiera controlar. Entre estos instrumentos de medida cabe destacar sensores de temperatura, caudalímetros o sensores de nivel, entre otros. Existe una gran diversidad de sensores para medir una misma variable, por lo que es necesario escoger aquellos que se adapten mejor al proceso. Todos requieren una calibración y caracterización para el proceso en el que se van a emplear. En cuanto a los actuadores, cabe destacar bombas hidráulicas, válvulas de regulación automática, o resistencias eléctricas.

Para la implementación del sistema de control, la adquisición de datos y la comunicación entre el proceso real y el ordenador, se utiliza Arduino, un hardware de uso libre y muy utilizado actualmente. Se combina con un software potente, en este caso Matlab/Simulink, a través de la comunicación Simulink IO, que comunica y actúa a través

de las tarjetas de Arduino. Es un tipo de comunicación novedosa y que está en constante desarrollo, por lo que resulta interesante trabajar con ella.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Se describen en este punto las principales tareas llevadas a cabo por los miembros de GESCOP-EPASA.

Diseño y montaje del tanque de calentamiento

Se ha diseñado y construido un tanque de calentamiento aislado térmicamente en el que entrará un determinado caudal de agua impulsado por una bomba hidráulica, se calentará mediante una resistencia eléctrica, y la descarga del agua tendrá lugar mediante rebosadero. Para ello se ha hecho uso de dos pequeños depósitos de plástico de diferente diámetro, colocado uno dentro del otro, y entre los que se dispone espuma de poliuretano como aislante térmico. La pieza que hace de rebosadero se ha diseñado con SolidWorks y se ha construido de ácido poliláctico (PLA) haciendo uso de las impresoras 3D proporcionadas por Design Factory.

Calibración de los sensores de temperatura

Se requiere medir la temperatura del agua fría que entra al tanque y del agua caliente que sale del mismo. Para ello se ha hecho uso de dos termistores NTC-10K de bajo coste. Para su calibración se ha tomado como referencia patrón una sonda de temperatura de laboratorio (Testo 922) y se ha utilizado un baño termostático comercial. Se ha variado la temperatura del baño y se han registrado los datos de resistencia haciendo uso de Arduino y Simulink IO. Para la curva de calibración de los termistores se ha ajustado la ecuación de Steinhart-Hart (Steinhart & Hart, 1968) a los datos experimentales de resistencia frente a la temperatura.

Calibración del caudalímetro

Es importante conocer en cada momento el caudal de agua que entra en el tanque de calentamiento. Para ello se ha implementado un caudalímetro de bajo coste (YF-S401) basado en el efecto Hall. Para calibrarlo se requiere medir las interrupciones del campo magnético generado utilizando Arduino y Simulink IO, así como la determinación de la frecuencia asociada. El caudalímetro se ha calibrado haciendo pasar un caudal constante y conocido impulsado por una bomba hidráulica de laboratorio (FH100Dx).

Sistema de calentamiento mediante resistencia eléctrica

El calentamiento del agua tiene lugar mediante una resistencia eléctrica de 2500 W. La potencia térmica suministrada por la resistencia se modifica a partir de la variación de una señal PWM (Pulse Width Modulation) y el uso de un relé de estado sólido de bajo coste (SSR 40 A). Modulando la señal con un ancho de pulso determinado, a través de Arduino y Simulink IO, se puede modificar la potencia que suministre la resistencia eléctrica al sistema. Para la señal PWM se fija una determinada base de tiempos, por ejemplo 1 s, y un ancho de pulso variable. Para el caso de que el ancho de pulso sea del 50%, la resistencia estará conectada 0,5 s y apagada 0,5 s. A efectos prácticos, esto supone una potencia térmica de la resistencia de 1250 W.

Modelado matemático del proceso

El diseño correcto de los sistemas de control se basa en el uso de modelos matemáticos fundamentales de los procesos, basados en la aplicación de los correspondientes balances de materia y energía. Se ha realizado el modelado del tanque de calentamiento

adoptando diferentes tipos de hipótesis simplificadoras, dando lugar a modelos matemáticos sencillos (densidad, ρ , y calor específico, c_p , constantes con la temperatura) o modelos más complejos en los que ρ y c_p varían con la temperatura (Jones & Harris, 1992; Yaws, 2001).

$$\rho(T_e) \cdot Q_e \cdot C_p \cdot (T_e - T) + q = V \cdot \rho(T) \cdot C_p(T) \cdot \frac{dT}{dt} \quad (1)$$

Estos modelos matemáticos permiten simular la variación de la temperatura del agua de manera totalmente teórica, a partir de datos que fije el usuario, o bien alimentar el modelo matemático con datos reales de temperatura o caudales medidos con los sensores que dispone la planta piloto diseñada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la planta piloto que se está construyendo para la aplicación del sistema de control de temperatura del agua en el tanque de calentamiento. En la Figura 2 se representan los datos experimentales de resistencia y temperatura adquiridos con el termistor NTC-10K, así como la curva de ajuste proporcionada por la ecuación de Steinhart-Hart, lo que indica la idoneidad de este tipo de modelo matemático para la calibración de estos sensores de temperatura.



Figura 1. Planta piloto

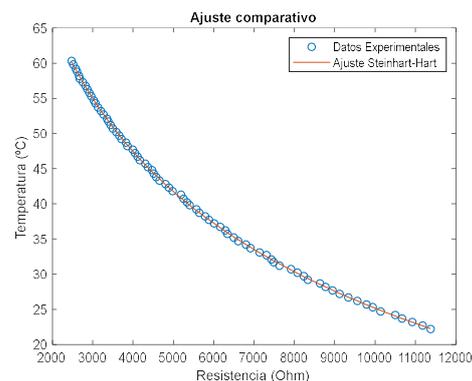


Figura 2. Datos experimentales del termistor NTC-10K

Por otra parte, la Figura 3 muestra la comparación entre los diferentes modelos matemáticos implementados, con las siguientes condiciones de operación: $Q_e = 1$ L/min, $T_e = 25$ °C, $q = 2500$ W, $V = 1$ L. Puede observarse que el régimen estacionario se alcanza sobre los 6 min, llegando a una temperatura cercana a los 62 °C. Por otra parte, los diferentes modelos matemáticos, desde el más simple al más riguroso, proporcionan resultados similares, por lo que por simplicidad será más conveniente utilizar el más sencillo.

En cuanto a la resistencia eléctrica, se ha estudiado cuál es la mejor base de tiempo de la señal PWM que haga que no se aprecie una diferencia de cuándo la resistencia está encendida o apagada. A partir de simulaciones, se ha determinado que una base de tiempos de 1 s resulta adecuada. Por otra parte, fijando la base de tiempos se ha ido modificando el ancho de pulso de la señal PWM y se ha verificado que esto implica modificar la potencia térmica que la resistencia eléctrica aporta al tanque de calentamiento (Figura 4).

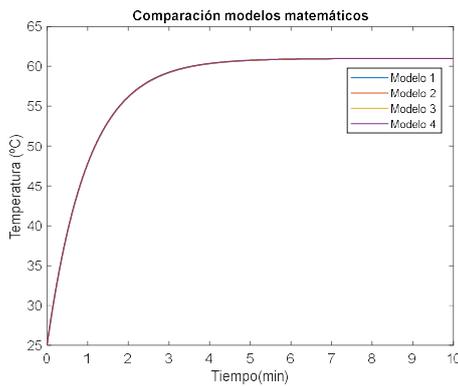


Figura 3. Simulación de los distintos modelos matemáticos

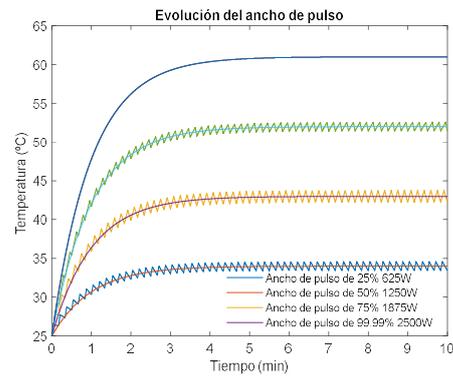


Figura 4. Simulación del efecto del ancho de pulso de la señal PWM

CONCLUSIONES

Las actividades realizadas hasta el momento permiten ser optimistas de cara al diseño de sistemas de control de bajo coste. Se ha podido construir el tanque de calentamiento, diseñar e imprimir piezas en 3D, calibrar los sensores de temperatura, caracterizar la resistencia eléctrica de calentamiento, modelar matemáticamente el proceso, comunicar Arduino con Matlab/Simulink, etc.

La atención se centra ahora en los ensayos sobre la planta, la validación experimental de los modelos matemáticos, la implementación física del lazo de control, el diseño del controlador y la validación del sistema de control.

Todas estas actividades permiten, de manera multidisciplinar, aplicar los conocimientos, herramientas y habilidades aprendidos durante nuestros estudios, así como el alcance de competencias transversales como el trabajo en equipo o el desarrollo de la creatividad.

REFERENCIAS

- Jones, F., & Harris, G. (1992). ITS-90 density of water formulation for volumetric standards calibration. *Journal Of Research Of The National Institute Of Standards And Technology*, 97(3), 335.
- Steinhart, J., & Hart, S. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep Sea Research And Oceanographic Abstracts*, 15(4), 497-503.
- Yaws, C. (2001). *Chemical Properties Handbook* (p. 79). New York: McGraw-Hill.

Estudio de las mezclas binarias entre bioPET y bioPA-10,10.

**M. Jorda-Reolid⁽¹⁾, S. Montava-Jorda⁽¹⁾, D. Lascano⁽²⁾,
L. Quiles-Carrillo⁽¹⁾, O. Fenollar⁽¹⁾**

(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante

(2) Escuela Politécnica Nacional, 17-01-2759, Quito, Ecuador,

RESUMEN

Se estudian las mezclas binarias compuestas por bioPET y bioPA-10,10, ambos polímeros con alto contenido renovable con el objetivo de obtener un material de origen natural sin que se vean afectadas sus propiedades. En este estudio se caracterizan mecánicamente el conjunto de mezclas realizadas a diferentes porcentajes de ambos materiales, complementando estos resultados con los obtenidos por una visualización de las fracturas por microscopía electrónica de barrido (FESEM)

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha puesto en duda a los polímeros, o más comúnmente conocidos como plástico, debido al gran impacto medioambiental que están causando en el entorno natural, debido a un exceso de residuos plásticos no gestionados adecuadamente. Además, la fuente de obtención de los plásticos usados convencionalmente es el petróleo, fuente que ya es escasa y no renovable. Pero estos no pueden ser eliminados por completo ya que hacen un gran papel en centenares de productos del mercado, por lo que la solución al problema se trata de buscar alternativas y gestionar mejor los residuos plásticos al final de su vida útil. (Marquardt & Pappalardo, 2014) Es por ello, que una de las medidas que se debe tomar como alternativa es sustituir los polímeros procedentes del petróleo por otros de semejantes características, pero procedentes de fuentes naturales como pueda ser la caña de azúcar. Es por esto que a continuación se estudian las mezclas formadas por un bioPET, cuyo contenido renovable es de un 37 % con biopoliamida (bioPA) 100% renovable.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

BioPET: Suministrado por NaturePlast cuya referencia es PTI 001

BioPA: suministrado por NaturePlast cuya referencia es BioPA 100 201

Preparación de muestras

En primer lugar, se realizan 4 mezclas bicomponente que se constituyen de bioPET y bioPA-10,10. Estas mezclas se enumeran en la Tabla 1:

Tabla 1. Resumen de muestras estudiadas

| Referencia | bioPET | BioPA1010 | % bio |
|------------|--------|-----------|-------|
| 1 | 100 | - | 37,0 |
| 2 | 90 | 10 | 43,3 |
| 3 | 80 | 20 | 49.6 |
| 4 | 70 | 30 | 55,9 |

Como se puede observar en la tabla, el primer material a estudiar se compone únicamente de bioPET, el cual tiene de base un 37% de contenido renovable. Posteriormente a los tres materiales que le sigue, se le ha ido añadido la bioPA-10,10, cuyo contenido renovable es del 100%, en diferentes porcentajes. Estas mezclas se preparan por extrusión a una temperatura constante en toda la extrusora de 260 °C y a una velocidad de 20-25 rpm, con la extrusora de doble usillo corrotante 30 mm de diámetro Dupra SL (Castalla, Spain). Una vez extrusionadas y trituradas se inyectan probetas normalizadas, para ello se usa la inyectora Mateu & Solé Meteor 270/75 (Barcelona, Spain), con el siguiente perfil de temperaturas: 240–245–250–255 °C, con un tiempo de llenado del molde de 1segundo y 10 segundos de enfriamiento.

Ensayos de caracterización

Los ensayos que se realizan a cada una de las referencias antes nombradas son el ensayo de tracción y se acompañan con el ensayo de microscopía electrónica de barrido (FESEM). A continuación, se describen estos ensayos con más detalle.

Ensayo de tracción

Este ensayo se realiza con la máquina universal de ensayos suministrado por Ibertest modelo EL18-80, realizando los ensayos a 10mm/min con una célula de 5kN siguiendo el procedimiento detallado en la norma ISO 527-2:2012.

Ensayo microscopía electrónica de barrido (FESEM)

Este ensayo se realiza con el microscopio electrónico Oxford Instruments, realizando diferentes micrografías sobre la fractura en probetas de bioPET y las probetas de este con bioPA, las cuales se preparan adhiriéndolas a una lámina de cobre mediante una cinta adhesiva de carbono, y se recubren los laterales de las probetas con una tinta de carbono. Estas imágenes se realizan a 100 y 1000 aumentos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtienen tras realizar el ensayo de tracción se pueden visualizar en la Figura 1.

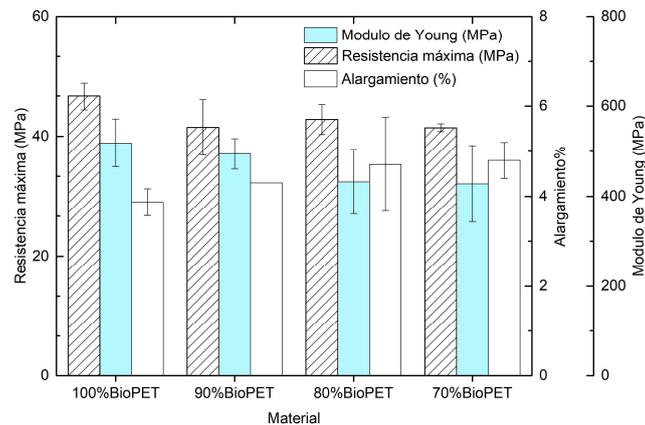


Figura 1. Comparativa resultados del ensayo de tracción.

En este gráfico se han representado las tres propiedades más significativas que conseguimos obtener de este ensayo. Estas son la resistencia máxima a la tracción, el módulo de Young y el alargamiento a la rotura. Si observamos los resultados graficados podemos ver que tanto la resistencia máxima como el módulo de Young disminuyen al aumentar el contenido de bioPA. Por el contrario, el alargamiento aumenta con la adición de bioPA. Al añadir la biopoliamida a la matriz de bioPET esta provoca disminución de las propiedades resistentes del material, pero por el contrario una mejora de las propiedades dúctiles.

Esto tal y como podemos observar en las imágenes de microscopia que mostramos más adelante, es debido que estos materiales no tienen buena miscibilidad por lo que se forman dos fases en la mezcla, de modo que en la interfaz entre ambas se acumulan tensiones cuando se somete el material a un esfuerzo, en este caso al esfuerzo de tracción, provocando así la separación entre ambas. Debido a esta separación entre ambas fases y la heterogeneidad del material este puede soportar un esfuerzo menor respecto a una estructura continua.

A continuación, se muestran las imágenes obtenidas por microscopia electrónica de la muestra del bioPET (Figura 2), y de las muestras de bioPET con los 3 porcentajes de bioPA (Figura 3).

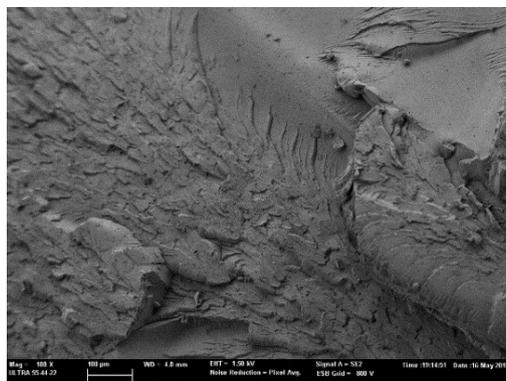


Figura 2. Imagen morfología muestra 100% BioPET 100X

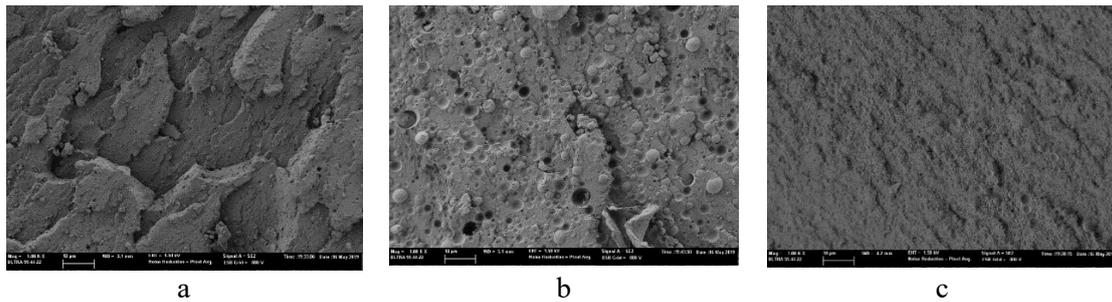


Figura 3. Imágenes morfología 10KX (a) 90 %bioPET-10% bioPA (b) 80% bioPET-20% bioPA (c) 70% bioPET-30% bioPA

El análisis de las morfologías de las superficies de fractura obtenidas en el ensayo de impacto, ponen de manifiesto el tipo de rotura principalmente de tipo frágil que presentan las muestras de BioPET. En la

Figura 2 se observa una morfología con rugosidad superficial, provocada por la formación de frentes de grieta durante el proceso de rotura. Por otro lado, las muestras correspondientes a las mezclas BioPET/PA, presentan una morfología muy distinta caracterizada por presentar una dispersión homogénea de partículas esféricas. Este tipo de estructura es debido a la falta de miscibilidad entre el BioPET, que actúa como fase matriz, y la PA que aparece como fase dispersa. Además, se observan pequeños “huecos” con formas redondeadas, que se corresponden al arranque de las partículas esféricas durante la rotura de las muestras. Este cambio de estructura interna es la responsable del cambio de comportamiento mecánico frente a impacto. La estructura bifásica presenta mayor capacidad de absorción de energía en el ensayo de impacto. Cuanto mayor cantidad de fase dispersa, la mezcla BioPET/PA presenta mejor tenacidad.

CONCLUSIONES

Podemos decir que el hecho de añadir la biopoliamida a una matriz de bioPET se pueden mejorar las propiedades dúctiles, pero por el contrario no las resistentes, debido a una falta de miscibilidad entre ambos compuestos, que no permite la transmisión de esfuerzos por todo el material. Esta falta de miscibilidad proporciona la aparición de una estructura bifásica: bioPET como fase matriz y bioPA como fase dispersa.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), a través del proyecto MAT2017-84909-C2-2-R

REFERENCIAS

Marquardt, D., & Pappalardo, G. (2014). Overcoming challenges of evaluating integrated endogenous rural development and partnership interventions – A worthwhile exercise? *Landbauforschung*, 3/4(64), 179–194.

Estudio de las propiedades a tracción de un material compuesto a base de Policaprolactona y harina de Lino con distintos aditivos de origen vegetal.

A. Aguero⁽¹⁾, M.C. Morcillo⁽¹⁾, D. Lascano⁽²⁾, L. Quiles-Carrillo⁽¹⁾, R. Balart⁽¹⁾

(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante

(2) Escuela Politécnica Nacional, 17-01-2759, Quito, Ecuador,

RESUMEN

Los polímeros biodegradables están tomando cada vez mayor importancia. Éstos suelen presentar características algo inferiores a los polímeros petroquímicos tradicionales. Una de las soluciones más interesantes y empleadas para mejorar dicha carencia es mediante materiales compuestos, en el que un material de refuerzo se añade a una matriz base. En este trabajo se ha estudiado cómo se modifican las propiedades mecánicas de la policaprolactona (PCL) a medida que se aumenta la cantidad de harina de lino. Complementariamente se han empleado dos agentes compatibilizantes/plastificantes con el fin de optimizar la mezcla seleccionada.

INTRODUCCIÓN

Muchas de las actividades industriales tradicionales suelen tener repercusiones negativas en el medioambiente. Dentro de este ámbito, la fabricación y aplicabilidad de materiales biodegradables y/o de origen natural que sustituyan a los poliméricos de origen petroquímico es uno de los temas más investigado actualmente. Estos materiales suelen ser además no tóxicos y biocompatibles lo que los hace en ciertos aspectos muy interesantes. Un polímero es considerado biodegradable cuando debido a la acción de microorganismo, éstos se descomponen en un tiempo razonable sin sustancias nocivas (Andrzej K. Bledzki, 2012). Varios de estos materiales se han desarrollado en los últimos años, estando incluso presentes actualmente en algunos productos ya comercializados. El ácido poliláctico (PLA), la policaprolactona (PCL) o el almidón termoplástico (TPS) son algunos de los polímeros biodegradables mejor adaptados a los procesos industriales actuales (Gerard Lligadas, 2006). Además de la biodegradabilidad, estos polímeros tienen ciertas características comunes como son su fragilidad, baja estabilidad térmica o coste que los sitúa en desventaja con respecto a los polímeros tradicionales (Cohn & Salomon, 2005).

Una solución típica para mejorar las propiedades de un material es combinarlo con otro. En el caso de los polímeros una práctica bastante habitual es incorporar un material de otra naturaleza como refuerzo a la matriz polimérica dando lugar a un material compuesto. Generalmente las características del material compuesto dependen de la características y composición química de la matriz, la cantidad y el tamaño de las partículas (o fibras) añadidas, así como la naturaleza de la interfase (Ashori, 2008). Considerando el tamaño de partícula del material aportado, cuanto mayor sea la superficie efectiva de contacto de la partícula, mejores resultados se obtendrán. Esto ha dado lugar a los nanocompuestos, materiales compuestos en los que el material de refuerzo se aporta en partículas con dimensiones en el rango de los nanómetros. En cuanto a la interfase, la formación de nexo entre la matriz y las partículas permite la

transmisión interna de tensiones, mejorándose las propiedades mecánicas del compuesto.

En este trabajo se han estudiado las propiedades a tracción de un material compuesto con una matriz de policaprolactona (PCL) y distintas cantidades de harina de lino, un residuo de la industria oleoquímica. Las cantidades seleccionadas van desde un 10% hasta un 70%, buscando no solo obtener una combinación de características mecánicas interesante, sino además disminuir considerablemente la cantidad de polímero empleado, siendo éste de un coste relativamente elevado. Además se ha estudiado el posible efecto positivo de añadir dos aceites vegetales modificados (ELO y MLO) a la mezcla, manteniendo así la filosofía eco del material.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Fabricación de muestras.

El primer paso del proceso de fabricación es la obtención de la harina a partir de semillas de lino dorado (*Linum usitatissimum*) comercializada por NaturGreen (Murcia, España). Para ello las semillas se pasaron por un extractor de aceite, obteniéndose un conglomerado de semilla triturada. Posteriormente la semilla triturada se introduce en un molinillo de ultra centrifugación Retsh GmbH con un tamaño de partícula menor a 0,25 mm. El producto resultante es una harina fina de color marrón claro que se mezcla físicamente con la policaprolactona, comercializada por Campy y Jové S.A. (Barcelona, España) en forma de polvo. Tanto el ELO como el MLO son suministrados en forma de aceite por Traquisa S.L. (Barcelona, España) y son añadidos a la mezcla de PCL y harina de lino. Se fabricaron un total de 9 formulaciones, cinco mezclas de PCL y harina de lino con un 10, 20, 30, 50 y 70% de harina, y 4 con ELO y MLO al 2,5 y 5 % en peso en una mezcla 90% PCL y 10% harina de lino.

Una vez obtenidas las mezclas con las proporciones indicadas se procesaron mediante una prensa de platos caliente a 90 °C y 9 toneladas de presión en molde de acero. Con dicho proceso se obtiene planchas de 50x50x5 mm³ de las cuales se cortan, empleando una sierra vertical, las muestras de 10x50x5 mm³.

Ensayo de tracción.

Las muestras fabricadas son sometidas a un ensayo de tracción en una máquina de ensayos universal ELIB 30 from S.A.E. Ibertest (Madrid, Spain) en la cual se ha empleado una célula de 5 kN y una velocidad de carrera de 3 mm/min. Con dicho ensayo se obtienen el módulo elástico del material, E (MPa), la resistencia máxima, σ (MPa), y el alargamiento a la rotura, ϵ (%). Se ensayaron 5 muestras por cada formulación, obteniéndose el valor medio como resultado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La policaprolactona se caracteriza por presentar una excelente ductilidad, permitiendo deformaciones por encima del 400 % antes de producirse la rotura a tracción. En términos de resistencia y módulo elástico, presenta valores relativamente bajos. A propósito de poder realizar un análisis comparativo una muestra de 100% PCL también fue ensayada. Los valores de módulo elástico, resistencia máxima y alargamiento a la rotura obtenidos para las muestras de PCL así como para los compuestos con distintas cantidades de harina de lino se muestran en la Figura 1.

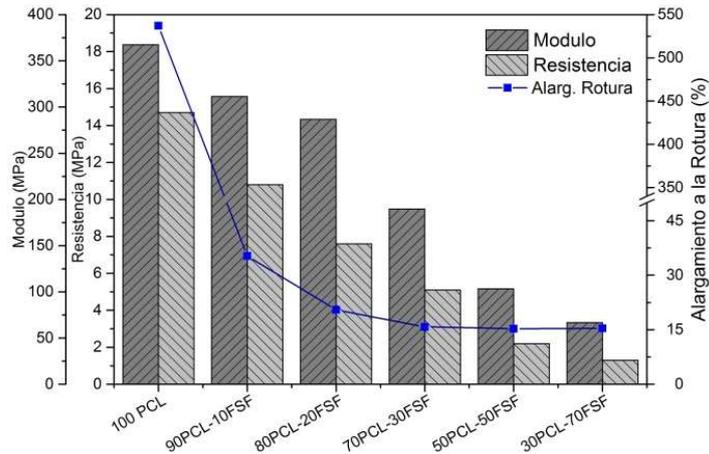


Figura 1. Resultados mediante ensayo a tracción de las distintas formulaciones de PCL con harina de lino.

Se aprecia claramente como a medida que se incrementa la cantidad de harina se disminuyen los valores en todas las características estudiadas. Estos resultados concuerdan con lo esperado. Como se ha comentado al introducir partículas con una naturaleza distinta a la matriz polimérica no suele formarse fase intermedia, produciéndose en el interior del material múltiples focos para que se inicie una fractura interna. Con la cantidad mínima de harina de lino que se ha empleado (10%) se provoca una disminución considerable, especialmente en el alargamiento a la rotura, disminuyendo hasta un ~35%. Al duplicarse la cantidad de harina (20%) la disminución de la ductilidad es aún mayor, obteniéndose un ~20% de alargamiento a la rotura. Sin embargo, al seguir incrementando el contenido en harina, incorporando un 30%, se reduce el alargamiento hasta el 15% pero se mantiene con valores similares, aunque se aumente la cantidad de harina. Esto es bastante interesante, puesto que, si se mantiene una característica con unos valores razonables, la posibilidad de usar grandes cantidades de harina (residuo agroalimentario) disminuye considerablemente el coste del material. En cuanto a los valores del módulo y la resistencia, como se ha comentado también se ven reducidos, manteniéndose la tendencia en todos los casos.

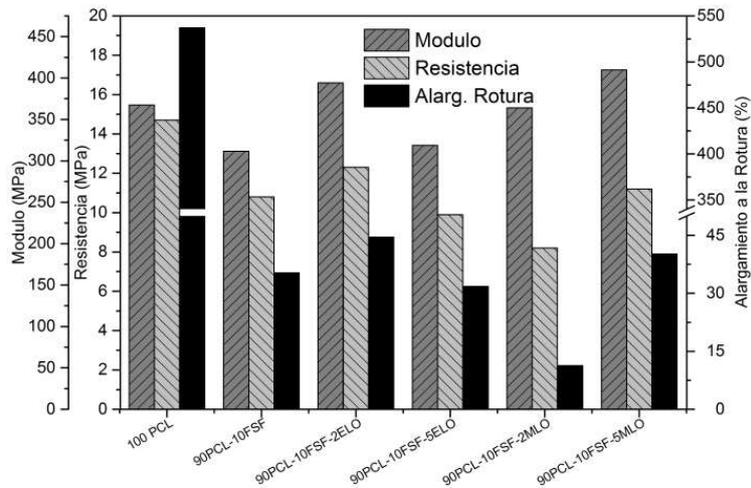


Figura 2. Resultados mediante ensayo a tracción de los materiales compuesto al 90% PCL, 10% harina de lino con ELO y MLO al 2,5 y 5%.

En cuanto al efecto del ELO y el MLO, en la figura 2 se pueden ver los resultados obtenidos cuando un 2,5 y un 5% en peso de ambas sustancias se añadieron a la mezcla 90% PCL y 10% harina de lino. Se comprueba como el efecto provocado por ambos es distinto a medida que se aumenta la cantidad. Por un lado, el ELO en pequeña proporción (2,5%) ejerce un efecto bastante positivo, aumentando el módulo, la resistencia y el alargamiento a la rotura. Este aumento se ve reducido cuando la cantidad se incrementa (5%), dándose en las tres características, aunque sin llegar a obtenerse valores inferiores al material sin ELO. En cambio, el MLO sí que ofrece mejores resultados con cantidades mayores. De hecho, al añadirse una cantidad pequeña (2,5%) el material resultante presenta valores inferiores al material referencia. Cuando se añade un 5% en peso de MLO los resultados en modulo, resistencia y alargamiento a la rotura se ven incrementados.

CONCLUSIONES

Se han podido fabricar un material compuesto a base de PCL y hasta un 70% de harina de lino, un residuo agroalimentario, suponiendo una disminución bastante notoria de la cantidad de polímero empleada. Como era de esperar las características mecánicas de dicho compuesto son inferiores a la del polímero simple, pero como se ha mencionado la cantidad de partículas de harina añadida es bastante destacable, además los resultados sobre la ductilidad son interesantes. En cuanto a los aceites modificados, los resultados indican que ambos ofrecen efectos positivos sobre las propiedades mecánicas del material compuesto. Aunque parece que el ELO deja de producir dicha mejora cuando se sobrepasa cierta cantidad, mientras que el MLO actúa al contrario, necesitando superar una cantidad mínima para que la mejora se haga efectiva.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), a través del proyecto MAT2017-84909-C2-2-R.

REFERENCIAS

- Andrzej K. Bledzki, A. J., Magdalena Urbaniak, Dobrosława Stankowska-Walczak. (2012). Biocomposites – in the Past and in the Future.
- Ashori, A. (2008). Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries! *Bioresour Technol*, 99(11), 4661-4667. doi:10.1016/j.biortech.2007.09.043.
- Cohn, D., & Salomon, A. H. (2005). Designing biodegradable multiblock PCL/PLA thermoplastic elastomers. *Biomaterials*, 26(15), 2297-2305. doi:10.1016/j.biomaterials.2004.07.052.
- Gerard Lligadas, J. C. R., Marina Galia, * and Virginia Cádiz. (2006). Bionanocomposites from Renewable Resources: Epoxidized Linseed Oil-Polyhedral Oligomeric Silsesquioxanes Hybrid Materials. *Biomacromolecules*, 7, 3521-3526.

Perspectiva de un futuro sostenible mediante PLA

M.C. Morcillo⁽¹⁾, M. Jorda-Reolid⁽¹⁾, D. Lascano⁽²⁾,
D. Garcia-Sanoguera⁽¹⁾, L. Sanchez-Nacher⁽¹⁾

(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell 1, 03801, Alcoy, Alicante

(2) Escuela Politécnica Nacional, 17-01-2759, Quito, Ecuador,

RESUMEN

El reciclaje es una de las maneras más fáciles de combatir el calentamiento global, ya que evitamos generar mayor contaminación. Este presenta importancia tanto en el cuidado y respeto por el medio ambiente como de forma económica, generando un ahorro de materias primas y energía en su fabricación. Por ello, se pretende estudiar la influencia de los ciclos de reprocesado en las propiedades finales del ácido poliláctico, PLA con el fin de su reutilización en la fabricación de nuevos productos y piezas en servicio.

INTRODUCCIÓN

En 2017, la producción global de plásticos ascendió a 335 millones de toneladas, un aumento del 4% en comparación con el anterior año. Esta tendencia ascendente muestra la cantidad de residuos de polímeros futuros (Paciorek-sadowska & Borowicz, 2019). El PLA es un polímero biodegradable, por lo que es un candidato apto en la disminución del impacto ambiental por su rápida degradación, consiguiendo una reducción del tiempo de reincorporación en la naturaleza. Además, se consigue una mayor fertilidad del suelo y disminución de gran variedad de plásticos en el medio (Adamcová, Zloch, Brtnický, & Vaverková, 2019). Por todo esto, se investiga el reciclado de PLA, estudio realizado hasta un número de seis reciclados en comparación al material virgen.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Toma y análisis de las muestras

Se parte de PLA 2003D virgen, suministrado por *Ingeno*, de *Natureworks*. Este se inyectó directamente para obtener valores de referencia y el resto después de 1 y hasta 6 ciclos de extrusión previos. La variabilidad de temperaturas ascendió de 160 °C desde la tolva hasta 175°C en la boquilla de inyección, mediante el equipo *Mateu & Solé Meteor 75 (Barcelona, Spain)*. Por caracterización, se observó las propiedades de degradación de cada uno de los procesados.

Ensayos mecánicos

Mediante ensayos de tracción se evaluó la resistencia de los materiales aplicando una probeta normalizada a un esfuerzo axial creciente hasta la rotura, a velocidad constante (Bischof, Vujasinovic, Fan, & Kovac, 2019). Para la realización del ensayo se usó una Máquina Universal de Ensayos según la norma UNE EN ISO 527-4. El modelo del equipo fue *Elib 30 (Ibertest S.A.E, Madrid, España)*. Las condiciones de ensayo se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 1. Condiciones de ensayo a tracción

| | |
|------------------|----|
| Velocidad (mm/s) | 5 |
| Célula (kN) | 5 |
| L_0 (mm) | 40 |

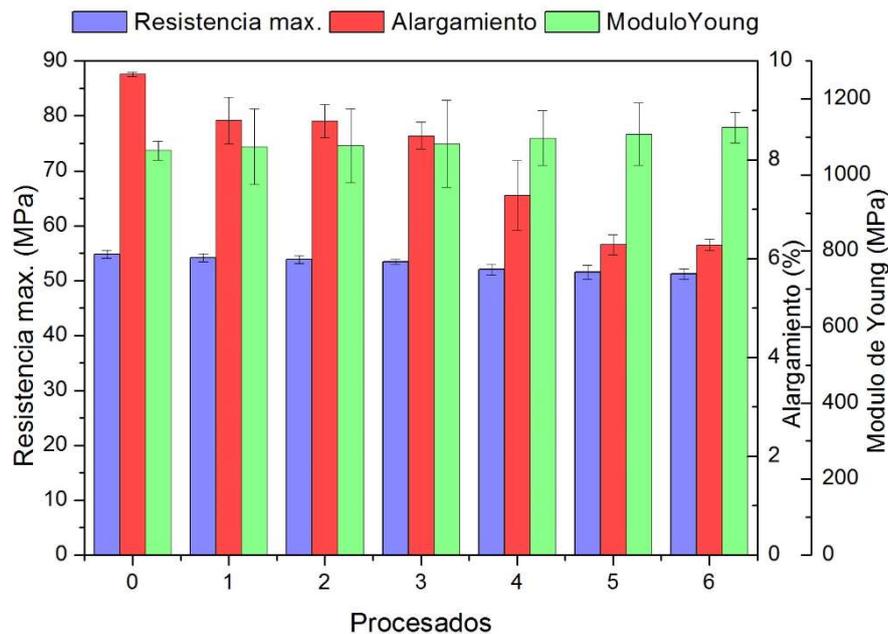
Ensayos morfológicos

Se realizó un estudio de la superficie de la rotura de las muestras, mediante un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FESEM) de *Oxford Instruments* (Abingdon, Reino Unido) trabajando a una tensión de aceleración de 1,5 kV. Para proporcionar la conducción propiedades de las muestras y evitar la carga de la muestra, todas las muestras fracturadas se cubrieron con un ultrafino aleación de oro-paladio en una máquina de recubrimiento por pulverización catódica EMITECH modelo SC7620 de Sussex, Reino Unido), (Pbsa et al., 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos mecánicos

El análisis de los resultados obtenidos en las distintas muestras de reprocesados de PLA se observa en la Figura 1.

**Figura 1.** Resultados de ensayo a tracción

En el gráfico anterior, se observa una tendencia a la pérdida de alargamiento en proporción al aumento de procesados sufridos. Esto es debido a que el material reciclado consigue ser menos dúctil y más rígido. Este concepto de rigidez se encuentra relacionado con la capacidad que presenta el material de absorber energía, siendo el PLA virgen el material más resistente y con mayor capacidad absorbente de energía dentro de la gama de procesados estudiados. Por ello, las muestras tienen menor capacidad de resistencia ante la fuerza ejercida a tracción. Y con esto, una pérdida de elasticidad en relación al material virgen con el aumento de los ciclos de extrusión, lo cual se observa reflejado con una tendencia ascendente del módulo de Young.

Ensayos morfológicos

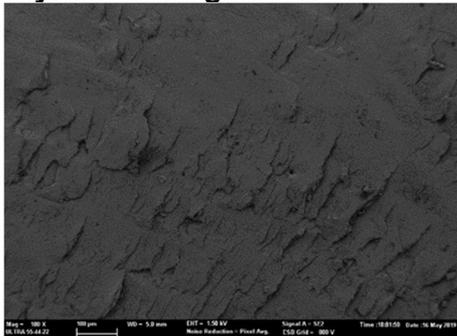


Figura 2. Muestra FESEM de PLA virgen.

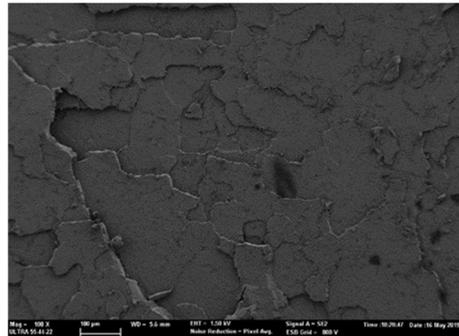


Figura 3. Muestra FESEM de 1 procesado de PLA.

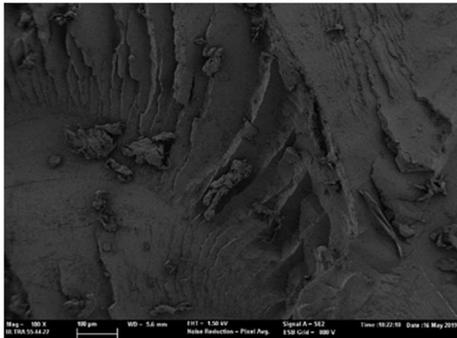


Figura 4. Muestra FESEM de 2 procesados de PLA.

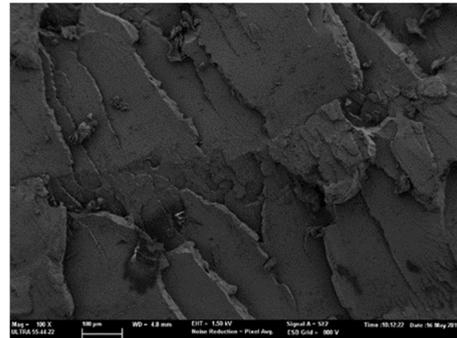


Figura 5. Muestra FESEM de 3 procesados de PLA.

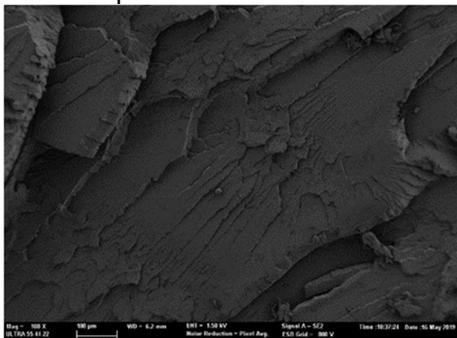


Figura 6. Muestra FESEM de 4 procesados de PLA.

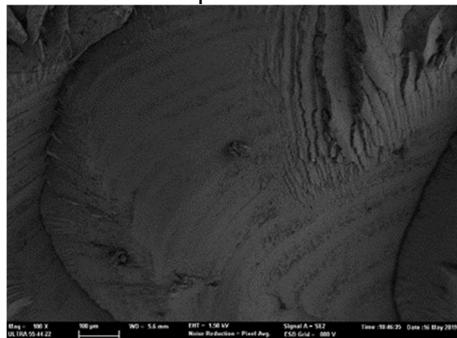


Figura 7. Muestra FESEM de 5 procesados de PLA.

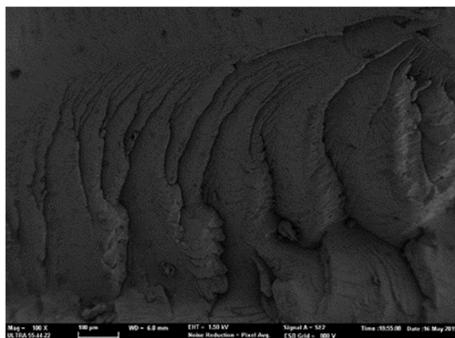


Figura 8. Muestra FESEM de 6 procesados de PLA.

El análisis de las morfologías de las superficies de fractura por impacto de las muestras ensayadas, pone de manifiesto cómo el PLA va adquiriendo un comportamiento más frágil conforme aumenta el número de procesados debido a la degradación que sufre este polímero tras diversos ciclos térmicos durante su procesado. Las micrografías

obtenidas se muestran comparativamente a 100 aumentos. La Figura 2, corresponde al PLA virgen, y la morfología de la fractura a impacto se caracteriza por presentar una superficie relativamente lisa, con poca rugosidad. Las grietas presentan poca altura y bordes relativamente redondeados indicativos de una cierta absorción de energía durante el impacto. La figura 3, con un ciclo de procesado, mantiene homogeneidad en la superficie de fractura, con un leve aumento de rugosidad. Sin embargo, para 2 ciclos de procesado, la morfología es algo distinta. Se observan frentes de grieta más marcados, con formaciones en paralelo durante el crecimiento y propagación de la grieta en el proceso de fractura, y con escalones más marcados. Esta morfología es indicativa de cierta enfragilización del material, que se traduce en una menor absorción de energía durante la rotura por impacto. Al aumentar los ciclos de procesado, 3, 4, 5 y 6, se observa este mismo fenómeno. En todas las micrografías se observan morfologías de fractura correspondientes a un comportamiento cada vez más frágil. Hay un marcado aumento de la rugosidad superficial debido al aumento del tamaño de los escalones formados por las grietas. Estas grietas son responsables de la rotura final del polímero, y observando las características mecánicas analizadas, corroboran la menor capacidad de absorción de energía por impacto por la degradación que sufre el PLA en cada ciclo de reprocesado.

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que los distintos procesos de extrusión llevados a cabo en PLA, produce una degradación de forma proporcional al aumento de los mismos. Esto queda representado en el gráfico de tracción expuesto, lo cual se respalda en las muestras obtenidas por FESEM. El material virgen difiere de los reprocesados por ser más resistente a cualquier fuerza ejercida sobre él. El uso de varios reciclados de PLA, conlleva a una degradación y por tanto, pérdida de peso molecular del mismo, traduciéndose en una pérdida de propiedades mecánicas. El material pasa a ser más frágil, formando grietas y por tanto, la rotura más temprana a menores tensiones del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU), a través del proyecto MAT2017-84909-C2-2-R

REFERENCIAS

- Adamcová, D., Zloch, J., Brtnický, M., & Vaverková, M. D. (2019). Biodegradation / Disintegration of Selected Range of Polymers : Impact on the Compost Quality. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(4), 892–899. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01393-3>.
- Bischof, S., Vujasinovic, E., Fan, M., & Kovac, Z. (2019). *The influence of pre-treatment of Spartium junceum L . fibres on the structure and mechanical properties of PLA biocomposites* ~ evic. 449–463. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.08.004>.
- Paciorek-sadowska, J., & Borowicz, M. (2019). *Based on Bio-Polylactide Waste*. <https://doi.org/10.3390/polym11030481>.
- Pbsa, S.-, Shape, T., Lascano, D., Quiles-carrillo, L., Balart, R., Boronat, T., & Montanes, N. (2019). *Toughened Poly (Lactic Acid)— PLA Formulations by Binary Blends with Poly (Butylene Memory Behaviour*. 1–14. <https://doi.org/10.3390/ma12040622>.

Degradación de contaminantes emergentes utilizando sustancias tipo húmicas mediante proceso foto-Fenton a pH próximo a la neutralidad

**P. García-Negueroles⁽¹⁾, S. García-Ballesteros⁽¹⁾, María-Fernanda López-Pérez⁽²⁾,
A.M. Amat⁽¹⁾**

*(1) Grupo de Procesos de Oxidación Avanzada,
Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: paugarne@txp.upv.es*

*(2) 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)*

RESUMEN

El proceso foto-Fenton resulta una herramienta útil en la eliminación de contaminantes emergentes (CE) que no son eliminados mediante los procesos convencionales de tratamiento de aguas. Para que este proceso sea rentable, es necesaria la implementación de este proceso a pH más próximos a la neutralidad. Para ello son necesarias sustancias capaces de complejar el hierro y mantenerlo en disolución. En el presente trabajo, se han sintetizado sustancias capaces de actuar como complejantes del hierro y se han aplicado en el proceso foto-Fenton a pH 5 para la eliminación de CE.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de oxidación avanzada, entre los que se encuentra el proceso foto-Fenton, están tomando cada vez más importancia ya que resultan útiles en la eliminación de CE que no son eliminados mediante los procesos tradicionales utilizados en las EDAR. Uno de los principales inconvenientes para la aplicación del proceso foto-Fenton a escala industrial es la necesidad de llevar a cabo el proceso a pH ácido, (óptimo de pH 2,8-3); lo que supone un gran gasto en reactivos tanto para bajar el pH como para subirlo a la hora de verter el agua tratada. Debido a esto, cada vez más estudios se centran en el estudio del proceso a pHs más próximos a la neutralidad. Para ello son necesarios agentes complejantes del hierro, ya que este, a pH por encima de 4 precipita formando óxidos e hidróxidos de hierro, deteniendo el proceso. Entre las sustancias que se están estudiando y han demostrado ser útiles para la complejación del hierro se encuentran las sustancias tipo húmicas, debido a que son capaces de formar complejos fotoactivos (Klamertha, Malato, Maldonado, Agüera, & Fernández-Alba, 2011), (Gomis, Bianco-Prevot, Montoneri, González, Amat, Mártire, Arques, & Carlos, 2014)

Para la extracción de las STH se seleccionó el residuo sólido de la producción del aceite de oliva, debido a la gran producción que hay en España de este compuesto; por lo que sería interesante plantear algún tipo de revalorización. Se sintetizaron tres tipos diferentes de STH con el objetivo de comprobar si existe alguna mejora en la eficiencia del proceso foto-Fenton a pH neutro respecto al uso de un tipo u otro.

Por otro lado, la Directiva 2013/39/CE contiene una lista en la que se recogen 45 sustancias que se consideran de preocupación emergente debido al riesgo potencial

que supone su presencia en el medio ambiente. Esta Directiva complementa las directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE. Los contaminantes seleccionados para el presente trabajo se encuentran contenidos dentro de esta lista.

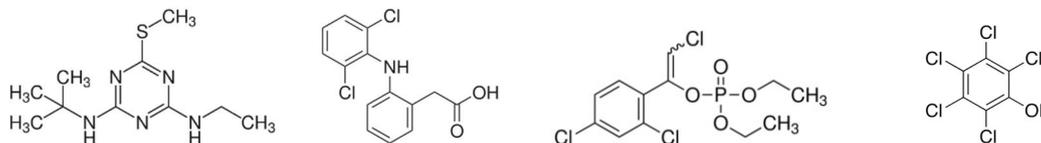


Figura 1. Estructura molecular de los contaminantes seleccionados. De izquierda a derecha: terbutrina (TBT), diclofenaco (DCF), clorfeninfos (CVF) y pentaclorofenol (PCP).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Proceso de extracción de las sustancias tipo húmicas

Para la extracción de las STH se realiza primero una digestión básica del residuo fresco a pH 13 durante 24 horas, tras la cual se hace un filtrado de gruesos para eliminar toda la parte insoluble que pueda quedar. Posteriormente se lleva a cabo un proceso de ultrafiltración (Likuid System) con membranas cerámicas (Figura 1), en el que se utilizaron tres tamaños de poro de membrana obteniendo así tres tipos de STH. Así, se obtuvieron STH de tamaños: >300 kDa, entre 300-150 kDa y entre 150-50 kDa. Por último, se secaron en la estufa a 65 °C durante 48 horas (Figura 2).

Los tres tamaños o tipos de STH y la mezcla de las tres fracciones, se sometieron a diferentes análisis de caracterización. Se realizó espectrofotometría, fluorescencia, IR-FTIR, TOC-TC-IC-TN y cromatografía de exclusión por tamaños. Los resultados obtenidos se compararon con los resultados obtenidos para los ácidos húmicos de Sigma-Aldrich, obteniéndose resultados similares, por lo que se concluyó que nuestras STH podían actuar como ácidos húmicos en el proceso foto-Fenton.



Figura 1. Sistema de membranas utilizado para la extracción de las STH.



Figura 2. Aspecto final de las STH después del proceso de secado.

Experimentos foto-Fenton a pH 5

Todos los experimentos se han llevado a cabo a escala de laboratorio, utilizando un simulador solar Oriel Instrument como fuente de radiación (Imagen 3).

Se prepararon disoluciones con 1 mg/L de concentración de cada uno de los contaminantes (TBT, DCF, CVF y PCP), 5 mg/L de Fe (III) en forma de FeCl₃, cantidad estequiométrica en el equilibrio de H₂O₂ (33% p/v) y 20 mg/L de concentración de STH. Los experimentos se llevaron a cabo a pH 5 con una duración de 2 horas. Todas las condiciones experimentales fueron fijas a excepción del tipo de STH añadido en cada experimento.

Para seguir la degradación de los contaminantes se utilizó un HPLC (LaChrom Merck-Hitachi).



Imagen 3. Simulador solar utilizado en los experimentos foto-Fenton.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de degradación para cada uno de los contaminantes en los diferentes experimentos se muestran en la Tabla 1. Como se observa, no existe una diferencia significativa en cuanto a la utilización de un tipo de STH u otro.

Tabla 2. % eliminación de los contaminantes seleccionados para cada uno de los experimentos.

| | TBT | DCF | CVF | PCP |
|-------------|-------|-----|-------|-------|
| >300 kDa | 96,08 | 100 | 92,3 | 95,65 |
| 300-150 kDa | 96,16 | 100 | 87,5 | 94,01 |
| 150-50 kDa | 96,9 | 100 | 92,12 | 94,7 |
| mezcla | 98,76 | 100 | 94,45 | 96,18 |

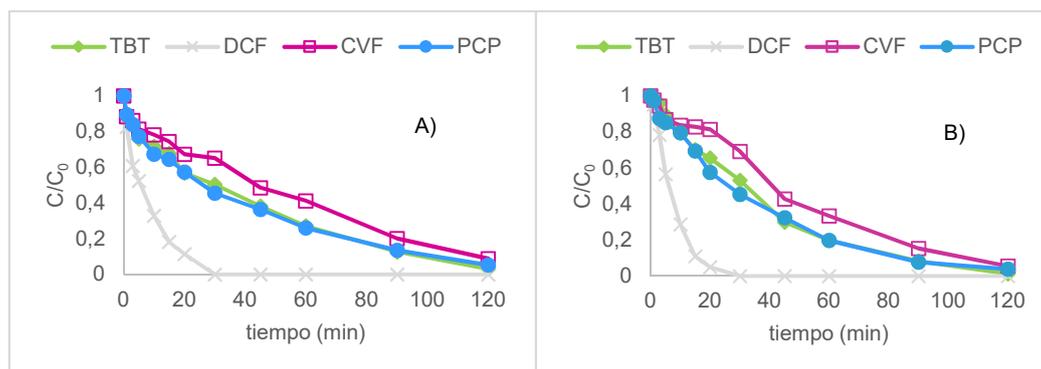


Figura 2. Evolución de la degradación de los contaminantes con la utilización de la mezcla de las tres fracciones (A) y la fracción 150-50 kDa (B).

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que las STH extraídas del residuo de la producción del aceite de oliva son capaces de complejar el hierro en el proceso foto-Fenton haciendo posible llevar el proceso a pH más neutros.

Por otro lado, se ha comprobado que la separación por tamaños de las STH no muestra mejoras en la eficiencia del proceso usando una u otra fracción, por lo que no sería necesario este paso en el proceso de extracción de las STH.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer el aporte financiero de la Unión Europea H2020-MSCA-RISE-2014, Mat4treat, así como al Ministerio español de Educación y Ciencia CTQ2015-69832-C4-4-R y beca predoctoral de Paula García.

REFERENCIAS

Klamerth, N., Malato, S., Maldonado, M.I., Agüera, A., & Fernández-Alba, A. (2011). Modified photo-Fenton for degradation of emerging contaminants in municipal wastewater effluents. *Catalysis Today*, 161, 241-246.

Gomis, J., Bianco-Prevot, A., Montoneri, E., González, M.C., Amat, A.M., Mártire, D.O., Arques, A., & Carlos, L. (2014). Waste sourced bio-based substances for solar-driven wastewater remediation: Photodegradation of emerging pollutants. *Chemical Engineering Journal*, 235, 236-243.

La obsolescencia tecnológica en las centrales nucleares

I. Martón⁽¹⁾, S. Martorell⁽¹⁾, J.F. Villanueva⁽¹⁾, A. Sánchez⁽²⁾, S. Carlos⁽¹⁾

*(1) Departamento de Ingeniería Química y Nuclear,
Universitat Politècnica de Valencia
Camí de Vera s/n (Valencia)
e-mail: ismarllu@upv.es*

*(2) Departamento de Estadística e Investigación Operativa,
Universitat Politècnica de Valencia*

RESUMEN

Este trabajo se centra en revisar el efecto de la obsolescencia técnica en los modelos actuales de RAMS, en un intento de explorar la viabilidad del uso de dichos modelos como parte de un conjunto de herramientas para analizar el impacto de la gestión de la obsolescencia en el contexto de toma de decisiones informada en el riesgo en las centrales nucleares. Se presenta un caso de aplicación para un componente de seguridad.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, debido a la extensión de la vida de las centrales nucleares (CCNN) la gestión del envejecimiento y la obsolescencia es uno de los problemas a los que se enfrenta la industria nuclear. De acuerdo con la información disponible, en la industria nuclear cerca del 30% de los equipos instalados en las plantas son obsoletos.

Por esta razón existen una gran cantidad de programas enfocados para ello. En este sentido las guías de seguridad del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) establece que la obsolescencia tecnológica de las Estructuras, Sistemas y Componentes (ESCs) debe gestionarse de forma proactiva y dentro de un programa para la gestión de la obsolescencia. De acuerdo con estos requisitos y sus respectivas regulaciones nacionales, varios licenciarios han implementado un programa de gestión de obsolescencia como parte de su programa de gestión del envejecimiento (IAEA, 2017); (IAEA, 2014). Sin embargo, muchos programas se encuentran en sus etapas iniciales o de desarrollo, siendo difícil determinar cómo los problemas de obsolescencia pueden haber afectado la seguridad de la planta o cómo los planes de acción propuestos para el envejecimiento y la gestión de la obsolescencia influirán positivamente en el largo plazo. Además, deben de ser comprendidas y tenidas en cuenta las sinergias entre ambos programas con otros programas implementados actualmente en las centrales nucleares, siendo compartidos e integrados con el programa de mantenimiento basado en la fiabilidad, con el programa de gestión de vida, la regla de mantenimiento, etc.

Estos programas tienen un doble objetivo: el de alcanzar y mantener la fiabilidad de los equipos y el de reducir, tanto como sea posible, el tiempo de indisponibilidad de los ESCs surgido por la realización de pruebas y mantenimiento del equipo para la prueba y el mantenimiento. Tanto la fiabilidad como el tiempo de indisponibilidad se ven afectados por el envejecimiento y la obsolescencia. En consecuencia, el establecimiento de una política efectiva de pruebas y mantenimiento en la central que tenga en cuenta de forma integrada, todos los programas anteriormente citados, incluyendo el envejecimiento de los equipos, la obsolescencia tecnológica, los recursos humanos, la

planificación y programación de mantenimiento, etc. Además, esta política debe cumplir con los criterios de fiabilidad y seguridad establecidos por los requisitos reglamentarios o a través de los programas en curso citados anteriormente. Este trabajo se centra en la revisión del efecto de la obsolescencia en los modelos de Fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) actuales. Es un intento de explorar la viabilidad del uso de dichos modelos como parte de una filosofía proactiva para analizar el impacto de la gestión de la obsolescencia en un contexto de toma de decisiones basado en el riesgo. Se presenta un caso de aplicación que se centra en un componente de seguridad crítico.

MODELOS RAMS

Los modelos utilizados en este trabajo son los desarrollados en la referencia (Martorell, Martorell, Martón , & Sánchez , 2017). Además, estos modelos se han utilizado en el marco de toma de decisiones informada en el riesgo siguiendo los principios de la guía reguladora RG 1.174 (USNRC, 2011) y de la regla de mantenimiento 10 CFR 50.65 (a) (1) (USNRC, 1999).

CASO DE APLICACIÓN

Uno de los aspectos requerido en revisión periódica de seguridad, es la evaluación de las consecuencias de los efectos del envejecimiento y la obsolescencia en la seguridad de los ESCs de la planta. Este caso de aplicación se centra en mostrar el efecto de la obsolescencia en la indisponibilidad y el riesgo de los componentes, en particular en una válvula motorizada (MOV) de una CCNN. Además, de mostrar los resultados se comparan con los requisitos de seguridad requeridos por la normativa.

Los parámetros que se van a estudiar son la edad del componente, a partir del factor de envejecimiento lineal (α), el efecto de las actividades de mantenimiento en la edad adoptándose un modelo de mantenimiento imperfecto considerando que la efectividad del mantenimiento, ϵ , varía en el intervalo $[0, 1]$ y por último, el tiempo de indisponibilidad debida a la realización del mantenimiento, el cual depende, entre otros factores, de la demora asociada con la disponibilidad de piezas de repuesto y recursos humanos (tiempo logístico) y la duración de las acciones correctivas / preventivas realizadas en el componente (duración de la tarea), representado por el parámetro único, d , que representa el tiempo de indisponibilidad del mantenimiento correctivo, incluyendo la demora logística y la duración de las actividades (Martorell, Villamizar , Carlos, & Sánchez, 2010).

Uno de los principales problemas de la gestión de la obsolescencia tecnológica reside en decidir el tipo de estrategia seleccionada para cada componente obsoleto, es decir, decidir si continuar la operación con la situación actual o introducir una medida compensatoria sobre el componente, parcial o totalmente. En este caso, las estrategias de gestión de obsolescencia consideradas son solo aquellas basadas en la reparación o reconstrucción de partes del componente. La Tabla 1 muestra los valores adoptados para ellos en función de la estrategia que se aleja de la estrategia I-IS como caso base y se basa en el juicio de expertos. Además, otros valores de parámetros necesarios para cuantificar los atributos RAMS asociados a este MOV se toman de (Martorell, Martorell, Martón , & Sánchez , 2017).

Tabla 1. Datos utilizados según cada estrategia

| Estrategia | | | α (horas ⁻²) | ϵ | d (horas) |
|--------------------------|-----------------------------|------|------------------------------------|------------|--------------|
| Componentes idénticos | En stock | I-IS | 3,42E-10 | 0,6 | 2,6 |
| | Canibalización | I-CN | 5,14E-10 | 0,4 | 6 |
| | Ingeniería inversa | I-RE | 3,42E-10 | 0,5 | 4 |
| | Intercambio entre centrales | I-TP | 3,42E-10 | 0,6 | 26,6 |
| | Fabricante original | I-OM | 3,42E-10 | 0,6 | 38,6 |
| | Excedente de mercado | I-SM | 3,42E-10 | 0,6 | 50,6 |
| Componentes equivalentes | En stock | E-IS | 3,42E-10 | 0,4 | 5,2 |
| | Intercambio entre centrales | E-TP | 3,42E-10 | 0,3 | 36 |
| | Fabricante original | E-OM | 3,42E-10 | 0,3 | 48 |
| | Excedente de mercado | E-SM | 3,42E-10 | 0,3 | 60 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las contribuciones de indisponibilidad y riesgo para esta MOV en un horizonte de tiempo determinado de 10 años se han obtenido utilizando los modelos de RAMS y los datos propuestos en la Tabla 1. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en función de la estrategia adoptada, mostrándose los valores de la indisponibilidad debida a la falta de fiabilidad (u_R), la indisponibilidad debida a los tiempos fuera de servicio debido a mantenimiento (u_{MT}) y la indisponibilidad total (u) para cada estrategia. Además, se muestran los resultados de las medidas de riesgo según la estrategia adoptada.

Tabla 2. Resultados RAMS obtenidos para cada estrategia

| Estrategia | u_R | u_{MT} | u | R_N (año ⁻¹) | ΔR_x (año ⁻¹) | r_x (-) | $R_{1,x}$ (año ⁻¹) |
|------------|----------|----------|----------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| I-IS | 2,00E-02 | 5,60E-04 | 2,06E-02 | 1,05E-05 | 7,02E-08 | 1,47E-09 | 1,40E-06 |
| I-CN | 3,30E-02 | 5,84E-04 | 3,36E-02 | 1,18E-05 | 1,35E-07 | 3,40E-09 | 1,40E-06 |
| I-RE | 2,00E-02 | 5,62E-04 | 2,06E-02 | 1,05E-05 | 7,02E-08 | 2,26E-09 | 1,40E-06 |
| I-TP | 2,00E-02 | 5,72E-04 | 2,06E-02 | 1,05E-05 | 7,03E-08 | 1,51E-08 | 1,40E-06 |
| I-OM | 2,00E-02 | 5,77E-04 | 2,06E-02 | 1,05E-05 | 7,03E-08 | 2,19E-08 | 1,40E-06 |
| I-SM | 2,00E-02 | 5,83E-04 | 2,06E-02 | 1,05E-05 | 7,03E-08 | 2,87E-08 | 1,40E-06 |
| E-IS | 2,51E-02 | 5,70E-04 | 2,56E-02 | 1,07E-05 | 9,54E-08 | 2,94E-09 | 1,40E-06 |
| E-TP | 2,89E-02 | 5,97E-04 | 2,95E-02 | 1,09E-05 | 1,15E-07 | 2,04E-08 | 1,40E-06 |
| E-OM | 2,89E-02 | 6,06E-04 | 2,95E-02 | 1,09E-05 | 1,15E-07 | 2,72E-08 | 1,40E-06 |
| E-SM | 2,89E-02 | 6,13E-04 | 2,95E-02 | 1,09E-05 | 1,15E-07 | 3,40E-08 | 1,40E-06 |

A continuación, se van a comparar los resultados obtenidos para cada estrategia según la normativa aplicable. En lo que respecta a la indisponibilidad, la Regla de mantenimiento, en 10 CFR 50.65 (a) (1), establece objetivos de indisponibilidad (u_{MT}) con el fin de garantizar de una manera suficiente como para proporcionar una seguridad razonable. El valor objetivo no está determinado por el regulador, pero generalmente se obtiene de la experiencia operacional actual en las CCNN, considerando en este caso un objetivo igual al 1%. La Figura 1A muestra la comparación de cada estrategia propuesta en términos de u_{MT} y u_R .

En cuanto al riesgo, la Figura 1B muestra los resultados de riesgo presentados en la Tabla 4 para cada estrategia de mantenimiento en comparación con este criterio de

aceptación en RG 1.174. Esta guía reguladora establece que para evaluar el impacto en el riesgo se utiliza la pareja de valores $\{R_N, \Delta R\}$.

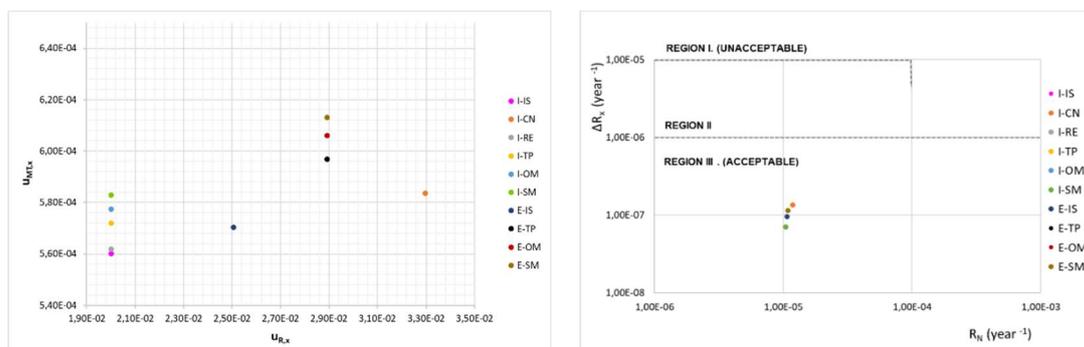


Figura 1. (A). U_{mt} vs U_R (B) Análisis del impacto según RG 1174

Como se muestra en la Figura 1, los resultados de cada estrategia permanecen en la región apropiada de acuerdo con ambos criterios y, por lo tanto, cualquiera de las estrategias de gestión de obsolescencia podría justificarse desde este punto de vista del riesgo.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo presentado forma parte de un Proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad (ENE2016-80401-R) y de la tesis doctoral (BES-2014-067602). Además, este estudio ha recibido soporte de los Fondos FEDER.

REFERENCIAS

IAEA. (2014). *Approaches to ageing management for Nuclear Power Plants. International Generic Ageing Lessons Learned (IGALL)*. Viena: IAEA TECDOC.

IAEA. (2017). *Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants*. Viena: Draft Safety Guide DS 485.

Martorell, P., Martorell, S., Martón, I., & Sánchez, A. (2017). Unavailability model for demand-caused failures of safety components addressing degradation by demand-induced stress, maintenance effectiveness and test efficiency. *Reliability Engineering and System Safety*, 18-27.

Martorell, S., Martón, I., Martorell, P., Sánchez, A., Carlos, S., & Mullor, R. (s.f.). An Overview of optimization criteria in the context of advanced surveillance requirements. *Book of proceeding of the 27th International European Safety and Reliability Conference (ESREL 2017)*. Portoroz, Slovenia.

Martorell, S., Villamizar, M., Carlos, S., & Sánchez, A. (2010). Maintenance Modelling and optimization integrating human and material resources. *Reliability Engineering and System Safety*, 1293-1299.

USNRC. (1999). *Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants*. 10 CFR 5065.

USNRC. (2011). *An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities. RG 1.174. Revision 2*. Washington DC, 2011.

COMUNICACIONES EN POSTER

La Plataforma Europea para la Fabricación Cero Defectos.

R. Sanchis⁽¹⁾, R. Poler⁽¹⁾, F. Fraile⁽²⁾, A. Ortiz⁽²⁾

*Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción
Universitat Politècnica de València*

(1) Calle Alarcón nº1 – Ed. Georgina Blanes, 03801 Alcoy (Alicante)

*(2) Camino de Vera s/n - Ed. 8B - 2ª Planta Acc. L, Ciudad Politécnica de la Innovación,
46022 Valencia*

e-mail: {rsanchis, rpoler, ffraile, aortiz@cigip.upv.es}

RESUMEN

El proyecto ZDMP (Zero Defect Manufacturing Platform) es una acción de innovación del programa H2020 de la Comisión Europea cuyo objetivo principal es desarrollar una plataforma digital que ofrezca un conjunto de servicios básicos englobando la captura de datos de los recursos de producción, su almacenamiento y análisis. Con dichas acciones, se pretende desarrollar aplicaciones software para conseguir la excelencia en calidad de los procesos de fabricación y los productos siguiendo la filosofía de cero defectos.

INTRODUCCIÓN

Para seguir siendo competitivos y mantener el liderazgo, la industria europea requiere fabricar productos de alta calidad a un coste bajo y de la manera más eficiente. Hoy en día, la industria manufacturera está experimentando una transformación sustancial debido a la proliferación de nuevas soluciones digitales así como de las tecnologías de la información y comunicación que se aplican a lo largo de los procesos de producción para, tratar de hacer, que la fabricación sea más eficiente. A raíz de ello, muchas empresas en Europa están cambiando su visión estratégica hacia una transformación digital en el contexto de la cuarta revolución industrial denominada Industria 4.0. Sobre la base de este nuevo paradigma, las empresas deben adoptar una nueva infraestructura tecnológica, que sea fácil de implementar de manera global, pero también de forma particular, para sus máquinas y sistemas. El concepto de cero defectos en la gestión de la calidad es uno de los principales beneficios que se derivan de la implementación de la industria 4.0, tanto en la digitalización de la calidad del proceso de producción como en la digitalización de la calidad del producto.

De dicha situación nace el proyecto europeo “Plataforma Digital de Fabricación Cero Defectos” (Zero-defects Digital Manufacturing Platform - ZDMP). Su principal objetivo es desarrollar y establecer una plataforma digital para fábricas inteligentes conectadas que logre la excelencia en la fabricación a través de sus procesos y productos sin defectos, gracias al uso de servicios sin defectos para desarrollar aplicaciones. Para lograr esto, el proyecto diseñará y desarrollará la plataforma ZDMP de acuerdo con los principios de ubicuidad, elasticidad, extensibilidad, interoperabilidad y apertura.

PROYECTO EUROPEO ZDMP

El objetivo de ZDMP es proporcionar una plataforma extensible e interoperable para sostener el concepto de fábricas conectadas y así, alcanzar el objetivo de cero defectos. En este contexto, ZDMP permitirá a los usuarios finales conectar sus sistemas (tanto los

sistemas de la planta industrial como los sistemas de planificación de recursos empresariales – ERP) para beneficiarse de las características de la plataforma. Estos beneficios incluyen la garantía de calidad tanto de los productos como de la producción. Asimismo, la plataforma ZDMP brindará la posibilidad de ampliar sus funciones, mediante un repositorio de aplicaciones (App Store), en el cual, los usuarios finales (empresas usuarias de la plataforma) podrán agregar aplicaciones específicas diseñadas para un propósito particular de su empresa como extensiones a la plataforma de acuerdo a sus necesidades y requerimientos. Otras de las funcionalidades de la plataforma, es que ofrece la posibilidad de que usuarios finales (empresas que precisan una aplicación concreta) puedan solicitar nuevas aplicaciones y los desarrolladores de hardware/ software interesados en dicho desarrollo podrán utilizar el kit de desarrollo de software de ZDMP para crear dichas aplicaciones de manera rápida y sencilla.

Plan de trabajo y resultados esperados

Tal y como se muestra en la Figura 1, el proyecto ZDMP se organiza en 13 paquetes de trabajo (PT) y su duración es de 36 meses.

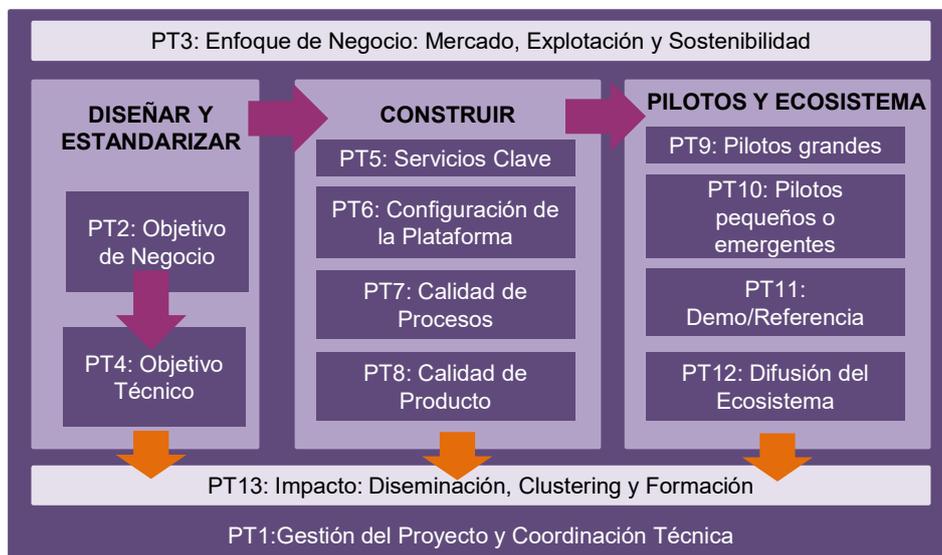


Figura 1. Plan de trabajo del proyecto ZDMP.

El PT2 (Objetivo de negocio: Visión, Mercado, Casos de uso e interconexión) proporciona la base para la proyecto tanto en términos de Explotación (PT3) como de Innovación (PT4-8). Por lo tanto, los resultados derivados del PT2 son el núcleo del primer año de proyecto y nutren al PT3 (Enfoque de negocio: Mercado, Explotación y Sostenibilidad) así como el PT4 (Objetivo Técnico: Requisitos, Especificaciones y Estandarización) que a su vez proporcionará el marco para el desarrollo de los paquetes PT5-8, que son los PTs clave del proyecto. El PT5 (Servicios Clave) proporciona un conjunto de características reutilizables y comunes, tales como interoperabilidad y orquestación de datos, que son particularmente relevantes para el PT6 (Configuración de la Plataforma) en el que las aplicaciones, la plataforma y la tienda de apps se configuran. De forma paralela, los aspectos de cero defectos se aplicarán a la calidad del proceso en el PT7 y a la calidad del producto en el PT8. De forma iterativa y ágil, se realizarán pruebas pilotos en dos casos de uso (PTs 9 y 10) que validarán las tecnologías y conceptos. El PT11 llevará a cabo una validación similar de una manera más genérica en un demostrador de dominio cruzado. El PT12 (Difusión del Ecosistema ZDMP) gestionará dos subllamadas en un período de 6 meses para implicar a entidades externas al proyecto de forma que testeen y validen su potencial. Las actividades del

PT13 (Impacto) irrigarán a la comunidad del proyecto para un intercambio más amplio de información, conceptos y técnicas, de forma que se fomente de manera externa los resultados alcanzados. Además, estas actividades identificarán y cuantificarán las oportunidades de explotación. Las actividades de gestión (PT1) se centrarán en la coordinación de los actores del proyecto para garantizar que el proyecto cumpla con la calidad de los estándares planificados así como en tiempo y costes. Con este plan de trabajo, ZDMP proporcionará, como resultado global, una plataforma orientada a la fabricación que ofrezca servicios para la recopilación de datos de internet de las cosas industrial, *big data*, análisis distribuidos (*cloud/edge/fog*) para apoyar la fabricación sin defectos así como un servicio de desarrollo para crear soluciones verticales de fabricación sin defectos para sectores específicos.

Cómo funciona

Para ilustrar cómo funcionará ZDMP, a continuación se presenta un escenario general que contempla los conceptos del antes y después del desarrollo de la plataforma. Este escenario ficticio comprende a un fabricante de engranajes.

Situación antes de ZDMP: GEARS S.L. es una PYME que produce engranajes para sistemas de transmisión. El proceso de producción consiste en cortar el metal, fresar para darle forma, moldear para crear el perfil del diente, endurecer para lograr la resistencia requerida y pulir para alisar la superficie del engranaje. La empresa GEARS depende de un subcontratista para realizar el endurecimiento, ya que requiere métodos especiales de forja. Actualmente, los procesos de corte, fresado, encofrado, conformado están automatizados, mientras que las pruebas de calidad son realizadas de manera manual. Todas las etapas requieren procedimientos de puesta en marcha y configuración, que requieren 4 horas según el modelo de engranaje.

Problemática: Los procesos de la empresa no están optimizados y las actividades de prueba, puesta en marcha y configuración no se pueden reasignar para asegurar una entrega más rápida. Además, las interrupciones relativas a los operarios como, bajas por enfermedad, también afectan a las fechas de entrega. El hecho de tener el proceso de endurecimiento subcontratado hace que GEARS tenga que enviar los engranajes en lotes, lo que causa un mayor retraso. Con respecto al monitoreo y control de la producción, un supervisor de calidad lo hace manualmente de acuerdo a su experiencia, lo que significa que puede haber inconsistencias y verificaciones erróneas. Además, uno de los principales problemas de GEARS son los retrasos en la entrega, lo que se refleja en el coste operacional, ya que muchos trabajadores hacen horas extra para poder cumplir y satisfacer las fechas planificadas. GEARS tiene el convencimiento que si su subcontratista, clientes y proveedores tuvieran una mejor comunicación, entre personas, máquinas y entidades de la cadena de suministro, se podría mejorar y reducir los retrasos en las entregas así como los problemas de calidad del producto.

Después de ZDMP: La empresa GEARS fue conocedora de la existencia de una plataforma denominada ZDMP e inmediatamente la empresa se interesó por las características flexibles e interoperables que la plataforma ofrecía. A través de dicha plataforma la empresa podría evaluar la calidad de la producción y además les permitiría una alta conectividad entre las fábricas y las diferentes entidades de su cadena de suministro. Por ello, la empresa compró una cuenta en la plataforma con 5 usuarios finales y 10 usuarios de su empresa. Recibieron los detalles de la cuenta (nombre de usuario, contraseña), e iniciaron la sesión. Tras estar registrados pudieron configurar sus perfiles y enviaron la información de acceso a su subcontratista, así como a 2 de sus clientes y 2 de sus proveedores para las pruebas iniciales. Después de una semana,

agregaron dos aplicaciones de recopilación de datos que eran compatibles con sus dispositivos de planta y su sistema ERP, una aplicación para la gestión de la producción y una aplicación para el análisis del rendimiento que ofrecía la posibilidad de generar informes personalizados. También les pidieron a sus socios que instalasen la aplicación de recopilación de datos para el ERP, pero su subcontratista desconfiaba de la privacidad y seguridad de la aplicación. Para resolver este problema, GEARS solicitó a su informático que desarrollara una aplicación para el subcontratista de forma que se asegurase su privacidad y pudieran compartir datos. El informático encontró esa tarea muy sencilla pues la plataforma ZDMP ofrece un extenso kit de herramientas de desarrollo software. Tras el desarrollo de la aplicación y tras haberla probado, el desarrollador decidió poner la aplicación en el *ZDMP App Store* de forma que se recuperaron algunos de los costes iniciales.

Una vez que se realizaron todas las configuraciones iniciales, lo que llevó alrededor de 2 semanas, GEARS comenzó a obtener los beneficios que las funcionalidades de ZDMP proporciona. La empresa había optimizado la planificación y programación de la producción y se había mejorado el proceso de calidad, especialmente el de endurecimiento. Además, pudieron reducir el coste operativo al disminuir la cantidad de horas extras y los desperdicios por productos de mala calidad. Durante los meses siguientes, y luego de los resultados positivos del uso de la plataforma ZDMP, GEARS comenzó a buscar una posible expansión para las instalaciones de su fábrica. El objetivo principal era renovar sus sistemas y equipos de producción, ya que eran razonablemente viejos, y de esta forma aumentar la capacidad de producción. A la empresa le preocupaba los problemas de compatibilidad con las nuevas máquinas. Sin embargo, al equipo de marketing de ZDMP, varios proveedores de tecnología y productores de equipos / dispositivos industriales comenzaron a lanzar aplicaciones compatibles en la tienda de aplicaciones de la plataforma que fueron compradas por GEARS y que actualmente utiliza.

CONCLUSIONES

El proyecto ZDMP ofrece una plataforma digital orientada a la fabricación cero defectos que de soporte a la mejora de calidad tanto en los procesos, como en los productos, de forma que se fomente la competitividad y el liderazgo de la industria europea. La plataforma seguirá el paradigma de industria 4.0, donde todos los elementos estarán interconectados por pasarelas seguras, y los procesos y productos monitorizados mediante el uso avanzado de sensores. La plataforma será desarrollada con código abierto y estará especialmente enfocada a PYMES.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo presenta los trabajos desarrollados en el ámbito del proyecto "Zero-defects Digital Manufacturing Platform" (ZDMP). Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención no. 825631. El contenido de este documento no refleja la opinión oficial de la Unión Europea. La responsabilidad de la información y puntos de vista expresados en este documento recae completamente en los autores.

Valorización de residuos peligrosos procedentes de plantas de tratamiento de aguas mediante evaporación multi-efecto.

J. Lora-García⁽¹⁾, María-Fernanda López-Pérez⁽¹⁾, S.C. Cardona⁽¹⁾, V. Fombuena⁽²⁾

(1) Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM),

(2) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),

Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València

Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)

e-mail: jlora@iqn.upv.es

RESUMEN

La presencia de metales pesados por encima de determinados niveles de concentración en aguas de abastecimiento, representa un riesgo importante para la salud humana. Su procedencia diversa, erosión natural, vertidos industriales o problemas de corrosión en infraestructuras de distribución de agua, requiere de tratamientos localizados. En este trabajo se aborda el problema de los concentrados de desaladoras que potabilizan el agua en pequeñas poblaciones cercanas a actividades de explotación minera. Aunque el agua producida es segura, se generan un 15-20% de concentrados en metales pesados que requiere una gestión sostenible. Para ello, se ha elegido la evaporación multi-efecto a vacío que permite no solo reducir el impacto ambiental sino valorizar los lodos ricos en metales y recircular el agua vaporizada en términos de economía circular.

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos naturales destinados al consumo humano pueden contener metales pesados, que son peligrosos para el medio ambiente y la salud. Los sistemas modernos de potabilización como la osmosis inversa o la adsorción con carbón activo, permiten, hoy en día, eliminar drásticamente su contenido, asegurando su abastecimiento. Como resultado, sin embargo, generan corrientes concentradas en estos compuestos metálicos que requieren una atención especial por su enorme impacto ambiental. Con las estrictas regulaciones relativas a la reutilización del agua y a la utilización de lodos en la agricultura, existe una gran necesidad de fijar los niveles de metales pesados en los residuos reutilizables. Los metales comunes que se encuentran en las aguas residuales y lodos concentrados son Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn. La reutilización de estos residuos como acondicionadores de suelo o fertilizantes puede representar un riesgo alto para la salud por los efectos de acumulación en los tejidos (Azimi, Azari, Rezakazemi, & Ansarpour, 2017).

Los métodos alternativos para reducir la concentración de compuestos metálicos en las corrientes de agua hasta niveles aceptables se resumen en precipitación química con ayuda de coagulación-floculación, intercambio iónico, adsorción, técnicas de filtración por membranas, procesos de oxidación avanzada y evaporación a vacío.

Esta última técnica se viene utilizando como una etapa esencial en la denominada descarga cero, ya que permite obtener una gran tasa de recuperación de agua con elevada calidad, y al mismo tiempo reduce el impacto de los compuestos metálicos hasta reducirlos a un residuo sólido de fácil gestión. Su inconveniente es el elevado consumo energético. Por esa razón en este trabajo se plantea su uso combinado con

otro tipo de evaporación que, de forma natural, es capaz de precipitar los sólidos disueltos gracias a la eliminación del agua por transferencia de materia a través de superficies textiles expuestas al aire.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Análisis del agua de concentrados

Se tomaron como referencia las concentraciones calculadas a partir del diseño de una planta desaladora ubicada en una población del Campo de Cartagena, para la producción de agua segura exenta de metales pesados, procedentes de actividades de explotación minera. Se considera una conversión de agua cercana al 85%, generando unos 23 m³/día de concentrados. Los valores más significativos de esta corriente fueron los siguientes:

pH=8.1 a 25°C, TDS=2241 mg/l, [Cd⁺⁺]=3.26 mg/l, [Pb⁺⁺]=6.52 mg/l, y [Cu⁺⁺]=1.30 mg/l.

Diseño de los sistemas de tratamiento

Para la gestión sostenible de la corriente residual se definieron dos etapas. La primera, basada en evaporación a vacío, para alcanzar el producto de solubilidad de las especies metálicas y, así, poder separarlas mediante centrifugación de la salmuera resultante donde están disueltas las sales naturales del agua. Se estimó un factor de concentración de sales entre 28-30, para asegurar la precipitación de todas las especies metálicas. Una vez separados los compuestos metálicos (óxidos, sulfatos y carbonatos), en la segunda etapa se propone un proceso de evaporación natural asistida con capilares textiles (poliamidas o poliéster) que permiten obtener un lodo salino inerte, prácticamente seco. De acuerdo con estudios experimentales anteriores (León Hidalgo, Gozávez-Zafrilla, Lora-García, & Arnal-Arnal, 2011) se estimó una tasa de evaporación de agua, que, dependiendo de las condiciones ambientales, puede alcanzar valores entre 16-30 mg/m²·s.

Optimización del sistema de evaporación

Para el diseño de la etapa de evaporación a vacío se planteó una configuración multi-efecto a vacío (Fig. 1). El tipo de efecto elegido fue el de película descendente que está recomendado para este tipo de disoluciones salinas. Para la selección del número de efectos se elaboró un algoritmo de cálculo en Matlab© basado en los correspondientes balances de materia y energía, transmisión de calor y análisis de costes CAPEX-OPEX.

Las condiciones operativas se fijaron con los siguientes valores: presión de vacío en el condensador, 300 mbar controlada por eyectores de vapor; presión del vapor vivo, 2 bar a saturación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de operación obtenidos en el análisis de hasta ocho efectos se resume en la Tabla 1. Se puede observar que el área requerida es mayor al aumentar el número de efectos debido a la reducción del salto térmico, ΔT , entre el vapor de calefacción y el líquido. Sin embargo, el caudal de vapor vivo necesario para la calefacción del primer efecto, así como el de agua de enfriamiento utilizada en el condensador disminuyen sensiblemente con el número de efectos. La economía del proceso, definida como la

relación entre el vapor generado y el vapor vivo, aumenta de 0.87 a 4.28 justificando el beneficio térmico de cada efecto.

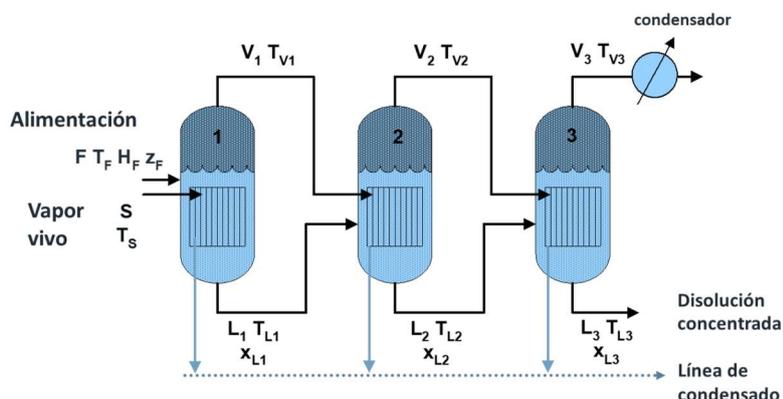


Figura 1. Esquema de la configuración de evaporación a vacío basada en tres efectos.

Tabla 1. Resultados de la simulación de la etapa de evaporación multi-efecto

| Efectos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Área, m ² | 2.5 | 4.4 | 6.6 | 8 | 10 | 11.4 | 13.3 | 15.2 |
| Vapor vivo, kg/h | 898.9 | 512.7 | 376.9 | 310.7 | 269.5 | 238.6 | 204.6 | 182.1 |
| Agua, m ³ /s | 43.58 | 21.79 | 14.88 | 11.35 | 9.31 | 8.11 | 7.8 | 4.68 |
| Economía | 0.87 | 1.53 | 2.08 | 2.52 | 2.91 | 3.28 | 3.83 | 4.28 |

A la hora de optimizar el número de efectos se efectuó un análisis de costes basado en el método de factorización descrito por Towler y Sinnott (2013), que permite obtener el coste total de explotación del sistema propuesto. En la Fig. 2, se observa que cuando se opera con 6 efectos se alcanza el valor mínimo, al verse compensado el incremento de los costes de capital por el mayor número de efectos, con los costes de operación que se ven afectados por el menor consumo de vapor vivo y agua de refrigeración.

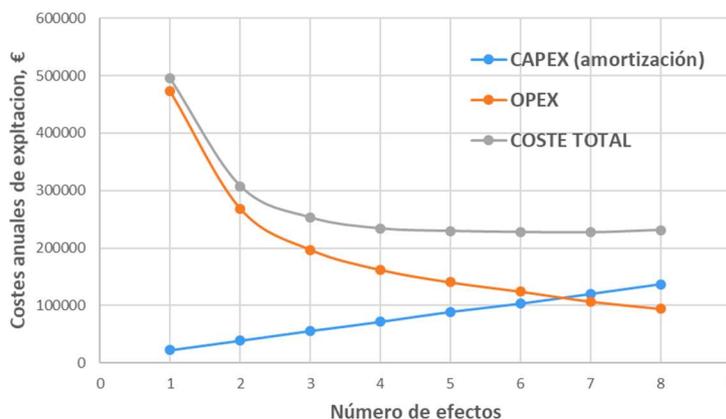


Figura 2. Resumen de costes de operación y amortización de capital del proceso de tratamiento de concentrados.

A la hora de diseñar la siguiente etapa de evaporación asistida por láminas textiles se optó por fijar las siguientes condiciones ambientales medias en la zona de ubicación de la planta: temperatura, 20.7 °C; humedad relativa del aire, 56.3%, velocidad del viento, 1.28 m/s. De acuerdo con una tasa de evaporación de 32.1 mg/m² s se pudo establecer que sería necesaria un área de textiles basados en poliamida aromática (nylon 6-6) de unos 440 m², siendo el espacio físico para ubicar la instalación correspondiente de unos 40 m².

La valorización de los residuos tratados se justifica de dos formas. Por una parte, se recupera prácticamente el 95% del agua de los concentrados, prácticamente pura, por lo que puede recircularse a la industria cercana a planta con un valor superior al agua de red. Por otra parte, los residuos metálicos representan una cantidad pequeña (<1000 kg/año), y una vez aislados de la corriente líquida dejan de ser un problema ambiental de fácil gestión, especialmente en los sectores de la construcción y colorantes.

CONCLUSIONES

Se comprobó que un sistema de tratamiento, basado en etapas de evaporación, permite resolver el problema de gestión de concentrados procedentes de plantas de abastecimiento de agua con alto contenido en metales pesados como Cu, Cd, y Pb. Con ello se consigue recuperar más del 95% de agua, prácticamente pura, y al mismo tiempo aislar y recuperar los compuestos metálicos con escasas impurezas salinas.

Mediante la simulación de un proceso de evaporación multi-efecto se observó que el número de efectos óptimo, en términos económicos, fue de 6, mientras que la evaporación asistida sería capaz de reducir el concentrado generado hasta residuo seco, en una instalación que ofreciera un área de 440 m².

Los resultados obtenidos suponen una valorización de los residuos tratados tanto a nivel económico como ambiental, reduciendo el impacto sobre los recursos hídricos naturales y la salud humana.

REFERENCIAS

Azimi, A., Azari, A., Rezakazemi, M., & Ansarpour M. (2017). Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters: A Review. *ChemBioEng Reviews*, 4(1), 1-24.

León Hidalgo, M. C., Gozávez-Zafrilla, J. M., Lora-García, J., & Arnal-Arnal, J. M. (2011). Hybrid system of nanofiltration, reverse osmosis and evaporation to treat brine of inland desalination plant. *Desalination and Water Treatment*, 27, 60-65.

Towler, G., & Sinnott, R. (2013). Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. *Chp 7-19*. Oxford, UK: Elsevier.

Situación Actual y Retos del Sector Textil/Moda Español

R. Sanchis⁽¹⁾, R. Poler⁽¹⁾

(1) Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de la Producción
Universitat Politècnica de València. Calle Alarcón nº1 – Ed. Georgina Blanes, 03801 Alcoy
(Alicante)
e-mail: {rsanchis, rpoler@cigip.upv.es}

RESUMEN

El sector textil/moda es uno de los sectores estratégicos más importantes en España y por ello requiere una especial atención. El presente estudio muestra una revisión de la situación actual del sector así como una recopilación de los principales retos futuros a los que se enfrenta para poder seguir creciendo y siendo competitivo en un entorno de fuerte competencia internacional.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el contexto global hace que la gran mayoría de las compañías se encuentren sometidas a un proceso de cambio continuo, donde las nuevas tecnologías, las redes sociales, la evolución del consumidor, la incertidumbre económica (por ejemplo el *Brexit*) y los países emergentes están cambiando el entorno competitivo en el que operan las empresas textiles y del sector de la moda (Domingo, 2013). Dicho sector se caracteriza por ofrecer una gran cantidad de categorías de productos (textil, calzado, accesorios...) y de servicios. Asimismo su así cadena de valor es compleja con empresas dedicadas y especializadas en una o varias fases y con una gran diversidad de canales de distribución. Todo ello hace que sea vital poseer un conocimiento detallado para entender e implementar de forma más eficiente las oportunidades de inversión y mejora (OME, 2016).

SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual del sector textil/moda, a nivel global, muestra que es uno de los sectores más dinámicos y crecientes.

Situación en España

El sector textil/moda engloba gran cantidades de actividades, abarcando desde la transformación de las materias primas como por ejemplo algodón, lana, poliéster, poliamida, etc. hasta la generación de hilos y tejidos, confección de ropa, calzado, entre otras. En la Unión Europea, el sector genera cada año 311.951 millones de euros (Statista, 2014). En global, el *retail* de moda factura 0,9 billones de euros anualmente.

En España, el sector textil/moda es una de los sectores estratégicos más importantes pues su participación en el producto interior bruto (PIB) representa el 2,8% (OME, 2016). Además, es un sector muy dinámico con un gran crecimiento en las exportaciones (se encuentra en la cuarta posición con un 8,4% del total y con una tendencia por encima de la media en los últimos años, a pesar de la época de crisis mundial). Asimismo es un sector que genera gran cantidad de puestos de trabajo (4,3% del empleo total), tanto directos como indirectos. España es el cuarto país de la Unión Europea que más moda exporta por detrás de Francia, Italia y Alemania. Aunque esta posición es alentadora, el

sector de la moda, como sector económico, no cuenta con una visibilidad tan clara como la pueden tener otros sectores (energético, comunicaciones, bancario...) (OME, 2016).

Situación en la Comunidad Valenciana

El sector textil y confección valenciano, con una amplia implantación de empresas en las comarcas de L'Alcoià y el Comtat, es uno de los sectores más importantes en la Comunidad Valenciana pues está formado por 1379 empresas, que emplean a 22.780 personas con una cifra de negocios de 1.964 millones de €. El sector representa alrededor del 18% de las empresas, el empleo y la cifra de negocios del sector textil y confección español y casi un 6% de las exportaciones (ATEVAL, 2016).

Según Pernas-Freire (2018), en un barómetro elaborado a través de cuestionarios a empresas españolas de moda por Moda.es (2018) y patrocinado por Venteprivee muestra que existe un cierto optimismo en la visión del sector para los próximos años así como una esperanza de crecimiento. Sin embargo, también destaca la importante polarización de las previsiones.

Respecto al crecimiento en puntos de venta propios o franquiciados, Pernas-Freire (2018) considera que es primordial trabajar de forma más enérgica en las tiendas que ya están en marcha, en vez de intentar focalizar el esfuerzo en expandirse y abrir otras nuevas. Según dicho autor, las empresas deberían tratar de aportar valor añadido a sus marcas, mediante por ejemplo la diferenciación. Para ello, se precisa investigar acerca de las preferencias y gustos, cada vez más cambiantes, de los consumidores, así como adaptarse a las nuevas generaciones. Algunos estudios apuntan que la gran mayoría de las empresas relacionadas con la moda española tratan de crecer y ampliar su facturación abriendo nuevos puntos de venta pero sin apostar ni mejorar el concepto de marca, el conocimiento del mercado, el perfil del consumidor, las tecnologías actuales, etc. Es por ello que se precisa abordar la actual revolución digital así como la inestabilidad en el consumo de moda.

RETOS

OME (2016) desarrolla un análisis DAFO, que concluye que los desafíos más importantes a los que se enfrenta el sector en el futuro son la diferenciación, internacionalización, omnicanalidad, sostenibilidad y ética, innovación, y la formación y desarrollo. Por otro lado, Moda.es (2018) apunta a la tecnología, omnicanalidad, sostenibilidad y a los nuevos hábitos del consumidor, como los desafíos sobre los que el sector debe focalizarse. A continuación se analiza brevemente dichos retos:

- **Diferenciación.** Muchos autores apuntan al reto de la diferenciación como uno desafío complejo debido a que el mundo está saturado de marcas de moda con infinitos estilos, calidad, diseños, precios, y por ello, la diferenciación se vuelve una ardua tarea. No obstante, el sector textil/moda deben apuntar hacia la creación de colecciones y conceptos de productos y negocio con características distintivas (tanto desde el punto de vista del producto: calidad, precio, estilos, diseños) como desde el punto de vista de la distribución, la sostenibilidad, entre otros aspectos, con el objetivo de obtener una ventaja competitiva.
- **Internacionalización.** Otro de los retos importantes para las empresas españolas, que suelen ser PYMEs, es abrirse al mercado en el contexto actual de globalización. Para muchas empresas, su mercado local está saturado y antes de que la imagen de la empresa se dañe por sobreexposición, es necesario que se planteen la internacionalización como un aspecto clave para la supervivencia de la empresa a

largo plazo. Para ello, tienen que tener en cuenta infinidad de factores como la situación económica del país en el que se pretende consolidar la internacionalización, las características del producto, los socios locales, la presencia de otras empresas españolas, la cercanía cultural (Moda.es, 2018).

- **Omnicanalidad.** La omnicanalidad combina los puntos online y offline. Para muchos, la tienda física sigue siendo el principal punto de compra, sin embargo en España los consumidores creen completamente necesario poder comunicarse con las marcas a través de diferentes canales (página web corporativa, tienda online, apps, redes sociales, etc.). De hecho, la omnicanalidad ya supone el 40% de las compras del sector y, además, el gasto medio de las compras online es entre dos y tres veces superior que el de la tienda física (PwC, 2016). Según Prodware (2018), los principales canales de venta son la tienda propia (80%) y el comercio electrónico (74%). El 36% ya ha dado el salto al *mCommerce*, el 26% está presente en Marketplace y el 12% vende a través de las redes sociales. Asimismo, en el estudio se señala que pierden fuerza canales tradicionales como la tienda multimarca (36%), el *contact center* (28%) y las franquicias (18%).
- **Sostenibilidad y ética.** Los aspectos relacionados con la sostenibilidad y las conductas éticas en este sector han cobrado una mayor importancia. Actualmente, la sociedad exige un mayor compromiso de las empresas de moda con sus trabajadores y con el medioambiente. De este modo, la responsabilidad social corporativa emerge como uno de los grandes desafíos para el sector (OME, 2016). Es importante destacar que la industria de la moda es la segunda que más agua utiliza en sus procesos de fabricación y produce el 20% de las aguas residuales a escala global. Además, el sector es responsable del 10% de las emisiones de CO₂ que se lanzan a la atmósfera (MASE, 2019). Es por ello que el sector debe mejorar los aspectos sostenibles de sus productos mediante la fabricación de productos con menor impacto ambiental. También son tareas importantes la concienciación del consumidor sobre un consumo responsable de la prenda, así como la inversión en I+D+i.
- **Innovación y Tecnología.** El principal reto es mantener la continua innovación en materiales, diseño de producto, marcas, canales de comercialización..., que hagan que el sector de la moda siga gozando del reconocimiento actual (OME, 2016). La irrupción de Internet, la digitalización y la aparición y el desarrollo de nuevas tecnologías hace posible que el reto futuro se focalice no solo en el desarrollo de prendas inteligentes con biotecnología sino también en mejorar, automatizar y hacer más sostenible al sector de manera global.
- **Formación y Desarrollo.** Otro de los retos importantes recae en la potenciación de la formación y capacitación de personas en diversidad de áreas clave relacionadas con el textil/moda como son el diseño, la optimización de la producción, la gestión de canales físicos y de operaciones o el emprendimiento. Es de vital importancia fomentar el talento y la creatividad para poder seguir creciendo en un entorno de fuerte competencia internacional (OME, 2016).
- **Nuevos hábitos del consumidor.** Actualmente, el sector de la moda puede beneficiarse de la tecnología a través de recursos como el *Big Data* para analizar los gustos y hábitos de consumo de los clientes potenciales de forma que puedan ayudar al proceso de toma de decisiones. Sin embargo, es importante señalar, que los hábitos de consumo han cambiado tras una época de recesión económica, y por ello, las empresas deben transformarse y adaptar su modelo de negocio a este nuevo escenario.

CONCLUSIONES

El presente estudio revisa la situación actual del sector textil/moda a nivel nacional así como en la Comunidad Valenciana y resume los principales retos futuros a los que se enfrenta el sector para poder seguir creciendo y siendo competitivo a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Programa para la Promoción de la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación en la Comunitat Valenciana de la Generalitat Valenciana (AEST/2019/039) por la financiación para la realización de estancias de personal investigador doctor en empresas de la Comunitat Valenciana así como a la empresa Tutto Piccolo S.A.U. por su soporte contribuyendo a la realización del presente estudio con su gran experiencia en el sector de la moda infantil.

REFERENCIAS

ATEVAL - Asociación de Empresarios del Textil de la Comunitat Valenciana. (2016). Informe Del Sector Textil-Confección de la Comunidad Valenciana. Disponible en: <http://www.atevalinforma.com/>

Domingo, G. (2013). Las marcas de moda en un contexto digital: retos y oportunidades. *Actas del I Congreso Internacional Comunicación y Sociedad*.

MASE - Moda Sostenible en España (2019). La Sostenibilidad una Necesidad, también en el Sector Textil. Disponible: <https://esmodasostenible.org/sostenibilidad-sector-textil/>

Moda.es (2018). Barómetro de Empresas de Moda en España. Disponible en: <https://www.modaes.es/>

OME - Observatorio de la Moda Española (2016). Informe: El sector de la Moda en España: Desafíos y Restos. Disponible en: <http://observatoriomodaespañola.com/wp-content/uploads/2016/06/INFORME.pdf>

Pernas-Freire, A. (2018). Desafíos del sector de la moda en España. Disponible: <https://blogs.imformacion.com/blog/corporativo/moda/desafios-moda-espana/>

Prodware(2018). Informe 2018: Radiografía de la Adopción de la Omnicanalidad en el Sector Retail en España. Disponible en: <https://www.prodware.es/recursos/informes-y-estudios/grado-omnicanalidad-retail-2018>

PwC - PriceWaterhouseCoopers (2016). La relación con el cliente omnicanal en el sector moda en España. Retos y oportunidades. Disponible en: <https://www.pwc.es/es/publicaciones/retail-y-consumo/moda-por-un-tubo-relacion-cliente-omnicanal-sector-moda.html>

Statista (2014). Share of European fashion market in 2014, by country. Disponible en: <http://www.statista.com/statistics/>

Evaporación previa a la polimerización en membrana de polisulfona

I. Dominguez⁽¹⁾, E. Gil⁽¹⁾, A. Lerma⁽¹⁾, M. Pérez⁽¹⁾, A. Pérez Fernández⁽¹⁾, I.M. Verdú⁽¹⁾, V. Fombuena⁽¹⁾, V.G. Lo-lacono-Ferreira⁽²⁾

(1) *Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Universitat Politècnica de València
Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València*

(2) *Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM),
Email: ivdocan@epsa.upv.es*

RESUMEN

La membrana porosa de polisulfona es un tipo de membrana utilizada para ultrafiltración. En este trabajo, se estudia la influencia de la evaporación en el proceso de obtención de membrana por inversión de fase. La técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM) permite comparar los resultados obtenidos. Se concluye que, en procesos de fabricación manual, de laboratorio, la evaporación facilita la metodología y permite obtener membranas de mayor porosidad y mejor calidad.

INTRODUCCIÓN

Una membrana es una barrera permeoselectiva entre dos medios, esta permite la transferencia de un medio a otro a través de ella de ciertos componentes y para otros impide o restringe el paso. Existen membranas biológicas que se pueden encontrar en la naturaleza, pero son de poca aplicación industrial. Desde mediados del siglo XX, se desarrollan también membranas sintéticas, fabricadas por polímeros o compuestos inorgánicos. Las membranas sintéticas han revolucionado los procesos de separación selectiva. Las membranas varían en estructura y porosidad según su aplicación (Wang, Chen, Hung & Shammass, 2011; Mulder, 1996; Mulder, 2000). La fig. 1 presenta un esquema de membrana porosa, objeto de este estudio.

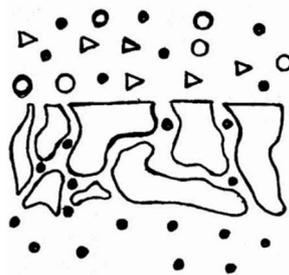


Figura 1. Esquema de una membrana porosa. El círculo hueco y el triángulo representan las impurezas, mientras que el círculo negro representa el agua. ○ ● ▲

Las membranas tienen aplicación en distintos procesos. Los procesos que tienen la presión como fuerza impulsora (microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (OI)) utilizados habitualmente en procesos de filtración. Entre otros tipos de procesos, destaca la extracción selectiva de un componente o clase de componentes (pervaporación (PV), permeación de vapor, separación de gases y

membranas líquidas). Los procesos de membranas se pueden aplicar en la industria alimentaria y en desalación de aguas, entre otras aplicaciones (Gonzalvez, 1998).

Diversos investigadores sostienen que la variación del pH, del peso molecular, de la temperatura y el tiempo de evaporación en la síntesis de la membrana polimérica afectan en la estructura porosa de la membrana, afectando tanto en el tamaño de poro como en la simetría de estos.

Baohui Zhao et. al (2005) ha estudiado la influencia de la humedad, variando desde un 30% a 80%, en membranas macroporosas en diferentes copolímeros a temperatura ambiente (Zhaoa, Lia, Lub, Wanga, Liua & Zhanga, 2015). Por otra parte, Harjot Kaur et. al (2018) ha analizado el efecto del pH y de la temperatura en membranas cerámicas para ultrafiltración (Harjot, Kumar & Gupta, 2018). Tai-Horn Young et. al (2000) ha abordado el estudio del impacto del tiempo en el proceso de evaporación seguido de una inversión de fase para una membrana polimérica EVAL, manteniendo constante el peso molecular (15 wt %) (Young, Huang & Chen, 2000).

En este estudio se trabaja con membranas de polisulfona. Estas membranas según su composición y porosidad, se emplean en procesos de diálisis, microfiltración, ultrafiltración y permeación de gases (Bernola, 1995)

MÉTODOS EXPERIMENTALES

El método experimental abarca desde la preparación del colodión, su aplicación sobre el soporte de la membrana, el tratamiento de evaporación a estudiar y la polimerización final. La Fig. 2 muestra el proceso seguido para la realización de la membrana.

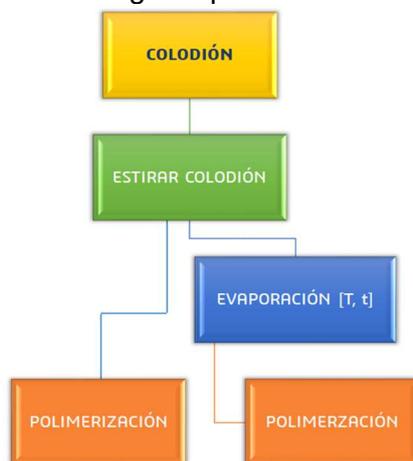


Figura 2. Esquema del procedimiento para la realización de la membrana

Fabricación de colodión

El proceso de realización comienza por la preparación del colodión. Para ello, se pesa la cantidad de polímero y disolvente necesarios para conseguir su disolución.

Primeramente, se vierte sobre un vaso de precipitado de 100 mL la cantidad de disolvente. El polímero se añade poco a poco con agitación constante hasta conseguir la disolución completa del polímero en el disolvente.

Aplicación de colodión sobre el soporte de la membrana

Una vez el colodión se ha preparado, se debe depositar sobre un soporte con el que conformará la membrana. El procedimiento para depositar el colodión sobre el soporte es el siguiente: primero se debe verter una línea gruesa horizontalmente en la parte superior del soporte y posteriormente se debe extender con firmeza el colodión hasta la parte inferior del soporte mediante un difusor estriado.

Evaporación

Varias de las membranas realizadas se someten a un proceso de evaporación del disolvente, con el fin de estudiar su efecto en la formación de poros. Estas membranas se introducen en la estufa previa a la polimerización. Las condiciones de la evaporación son temperatura de 40 °C durante 3 minutos.

Polimerización

La porosidad de la membrana aparece una vez se ha realizado la polimerización. Este proceso se realiza introduciendo la membrana extendida en el soporte en un baño de agua, durante unos 10 segundos. Inicialmente el colodión extendido es estable termodinámicamente, pero al introducirlo en un baño de agua (no-disolvente) se genera una inestabilidad termodinámica. El agua del baño se difunde hacia la membrana, desalojando el disolvente orgánico hacia el baño y generando así la porosidad de la membrana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenidas las membranas mediante los dos métodos efectuados, evaporación y polimerización, se comprueba, mediante las imágenes realizadas en microscopía electrónica, que se obtienen mejores resultados con el método de evaporación. Se aprecia, tanto una mayor cantidad de poros, como una mejor formación de éstos en la Fig. 3.B.C, a diferencia de la Fig. 3.A, que no se observa ningún tipo de poro creado.

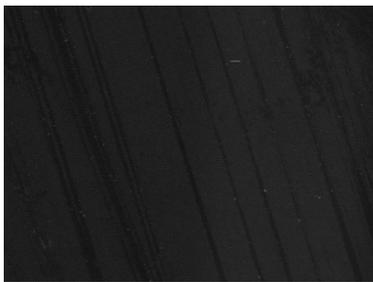


Figura 3.A Membrana sin estufa

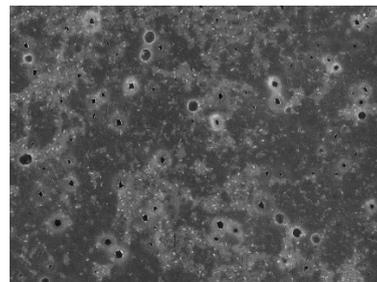


Figura 3.B Membrana con estufa

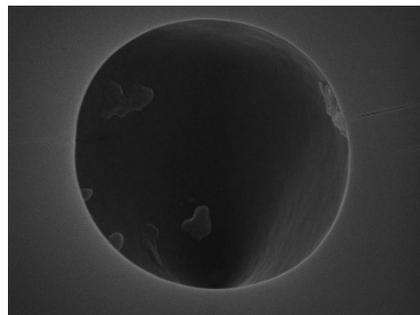


Figura 3.C Poro de membrana con estufa

CONCLUSIONES

Sin equipamiento especializado, se ha procedido a la fabricación manual de membranas de polisulfona a pequeña escala. Se trata de un proceso sencillo pero requiere de experiencia para la optimización de los resultados. Se ha comprobado que la evaporación del disolvente, previa a la polimerización de la polisulfona, da lugar a una mejora significativa en la formación de poros de la membrana.

Las técnicas de microscopía realizadas han ayudado en el análisis e interpretación del resultado final.

En trabajos posteriores sería de intereses estudiar la porosidad en función de la temperatura y tiempo de evaporación. De esta forma, se podría conocer las condiciones óptimas para generar una mejor porosidad en la membrana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Departamento de Ingeniería Química y Nuclear del Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València por facilitar el uso de las instalaciones y la colaboración prestada en el desarrollo de este trabajo. En particular, los autores agradecen a la Ing. Antonia Valor Rizo por su permanente ayuda e implicación.

REFERENCIAS

Wang, L.K., Chen J. P., Hung Y.-T., and Shamma N. K. (2011). *Membrane and Desalination Technologies*. Springer.

Mulder, M. (1996). *Basic principles of membrane technology*. Kluwer Academic.

Mulder, M. (2000). *Basic principles of membrane technology*. Kluwer Academic.

Gonzalez Zafrilla, J.M. (1998). Fabricación de membranas de acetato de celulosa aptas para ósmosis inversa y nanofiltración mediante el método de inversión de fase. Tesis doctoral.

Baohui Zhaoa, Chenxi Lia, Yan Lub, Xudong Wanga, Zelin Liua, and Jian Zhanga (2015), *Formation of ordered macroporous membranes from random copolymers by the breath figure method*, 46, 9508-9513.

Harjot Kaur, Vijaya Kumar Bulasara and Raj Kumar Gupta (2018). *Influence of pH and temperature of dip-coating solution on the properties of cellulose acetate-ceramic composite membrane for ultrafiltration*, 24, 1561-1574.

Tai-Horng Young, Yao-Huei Huang and Li-Yen Chen (2000). *Effect of solvent evaporation on the formation of asymmetric and symmetric membranes with crystallizable EVAL polymer*, 164, 111-120.

Bernola, P. (1995) "Membranas de nanofiltración para la producción de agua potable" en *Ingeniería química*. España

Sostenibilidad aplicada al desarrollo de soluciones para los sectores textil-hogar y moda

V. Sanz Buades ⁽¹⁾, E. Fages Santana ⁽¹⁾, E. Franco Navarro⁽¹⁾, M^a. Ortiz Zaragoza ⁽¹⁾, M. Blanes Mataix⁽¹⁾, M. Soler Calbo ⁽¹⁾

(1) Departamento de I+D. Grupo de investigación de nuevos materiales y sostenibilidad. Instituto Tecnológico Textil (AITEK), Plaza Emilio Sala, 1, 03801 Alcoy, (Alicante)
e-mails: vsanz@aitex.es, efages@aitex.es, efranco@aitex.es, MOrtiz@aitex.es, mauro.blanes@aitex.es, maria.soler@aitex.es

RESUMEN

El proyecto BIOMATTER 2019, es un proyecto bianual que tiene como principal objetivo el desarrollo de nuevos productos altamente sostenibles para las industrias de la moda y el textil-hogar. Una de las principales tecnologías consideradas en este proyecto para la obtención de los nuevos materiales sostenibles es la laminación en continuo por termoconformado. Mediante este proceso, se están desarrollando materiales textiles multicapa con un alto componente ecológico.

Por otro lado, con el fin de poder dotar a los nuevos materiales de un acabado estético, se está haciendo uso de la técnica de flexografía con tintas de origen renovable.

INTRODUCCIÓN

El sector textil-hogar y moda son sectores de gran peso económico tanto en el marco nacional como internacional. Cuando se habla de textil-hogar, no solo se refiere a aquellos textiles destinados a la decoración del hogar, sino a todos los productos textiles que se pueden encontrar en los espacios destinados para el hábitat (textiles para tapicería, alfombras, ropa de cama, etc.). En cuanto al sector moda, abarca una amplia variedad de actividades como es la confección de ropa, calzado y accesorios. Según datos del CITYC (Centro de Información Textil y de la Confección), el número de empresas, empleos, exportaciones e importaciones relacionadas con el sector textil español ha crecido en el 2018 respecto al año anterior, por lo que sigue siendo un sector en crecimiento.

Tabla 1. Datos generales de la industria textil española extraídos del CITYC

| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | % 18/17 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Empresas | 3.654 | 3.565 | 3.562 | 3.608 | 3.783 | 4,9% |
| Empleo (000) | 41.858 | 43.186 | 44.799 | 46.021 | 47.154 | 2,5% |
| Cifra de negocios (mill €) | 5.247 | 5.500 | 5.654 | 5.852 | 6.033 | 3,1% |
| Importaciones (mill €) | 3.832 | 4.159 | 4.408 | 4.511 | 4.527 | 0,4% |
| Exportaciones (mill €) | 3.544 | 3.626 | 3.891 | 4.262 | 4.357 | 2,2% |

* Datos según fuentes: INE, MEYSS, Dpto de Aduanas y estimaciones CITYC

Sin embargo, el mayor reto al que se enfrenta actualmente el sector textil es la sostenibilidad. A día de hoy, la mayor cantidad de textiles fabricados son difícilmente reciclables ya que están compuestos por una elevada variedad y mezcla de fibras sintéticas.

Como en cualquier otro sector, la preocupación por el cuidado del medio ambiente es un tema en auge entre estos dos sectores debido a la gran cantidad de residuos contaminantes que se generan. La tipología de estos residuos puede venir de diferentes formas, entre otras:

- Subsector de hilatura: residuos en forma de polvo y/o de fibra muy corta de naturaleza diversa, dependiendo del proceso industrial considerado.
- Subsector de tejeduría: residuos en forma de polvo, de fibra muy corta y de tejido (retales, orillos, etc.) de naturaleza diversa, dependiendo del proceso industrial considerado.
- Subsector de acabados: residuos en forma de efluentes contaminados y fangos de depuradora, donde el agente contaminante dependerá del proceso industrial considerado.
- Producto final: Productos textiles terminados fuera de uso tipo ropa usada.

La búsqueda por obtener productos sin usar más recursos de los que disponemos, fabricarlos mediante el uso de materiales reciclados o de origen natural y con la posibilidad de ser posteriormente reciclables o biodegradables, es el objetivo base del que parte el proyecto BIOMATTER.

METODOLOGÍA

Laminación por termocompresión

La tecnología de laminación por termocompresión en continuo se basa en un sistema ininterrumpido que mediante presión y temperatura se consigue la adhesión entre distintos tipos de sustratos, tanto rígidos como flexibles. La unión de dichos sustratos puede venir dada por el uso de adhesivos en formato polvo, film, net o web; o mediante la fusión de los mismos materiales a unir. Los parámetros técnicos a controlar en este proceso de laminación son la presión, temperatura, velocidad con la que se mueve la cinta que transporta la muestra y la que presiona y la apertura entre ambas.

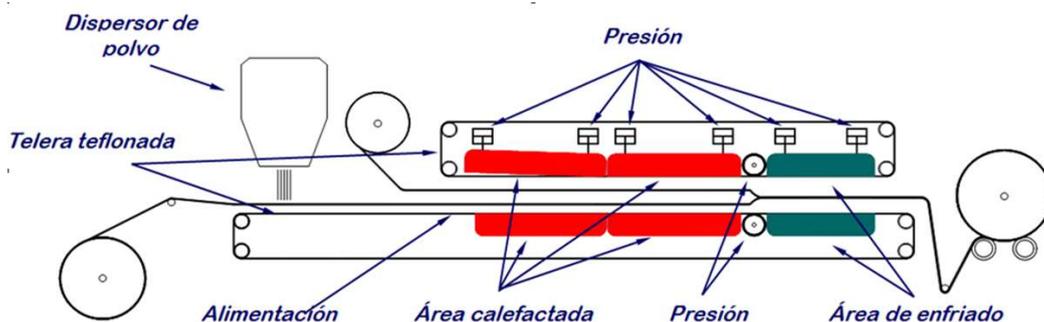


Figura 1. Esquema de funcionamiento de laminación en continuo.

Este sistema de producción en continuo ofrece la posibilidad de poder obtener grandes longitudes de muestra laminada.

Flexografía

La flexografía es un sistema directo de impresión rotativa en el que se emplean planchas flexibles de fotopolímero en alto relieve (conocidas como clichés), que transfieren la imagen a un sustrato flexible. Se trata de uno de los métodos de impresión actuales más económicos debido a la velocidad con la que se realizan las impresiones y a la infinita variedad de diseños que se pueden reproducir a bajo costo.

El sistema flexográfico consta de 3 cilindros principales que giran en sentido opuesto entre ellos: el entintador, el anilox y el cliché. El cilindro entintador recoge la tinta del tintero y la pasa al cilindro anilox, cilindro compuesto por pequeños alveolos a lo largo de toda la superficie que son los encargados de recoger la tinta y pasarla a otro cilindro que lleva incorporado el cliché. El cliché se impregna con la tinta y es quien entra en contacto directo con el sustrato.

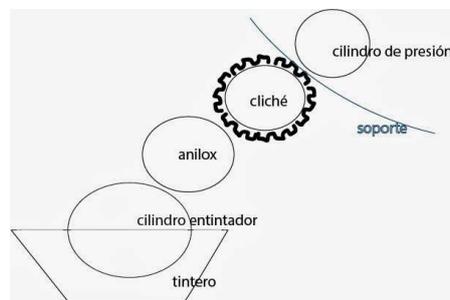


Figura 2. Esquema de sistema de flexografía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de los primeros desarrollos multicapa sostenibles desarrollados por laminación e impresos por flexografía ha sido satisfactorio. Se han obtenido con éxito materiales laminados compuestos de origen 100% renovable y biodegradables susceptibles de poder ser impresos con tintas flexográficas de origen natural.

La parte de caracterización físico-mecánica y funcional de cada uno de los materiales laminados desarrollados será completada esta anualidad, año 2019, período en el que se tiene previsto finalizar con la ejecución de la primera anualidad del proyecto.



Figura 3. Ejemplos de textiles multicapa sostenibles laminados e impresos.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto BIOMATTER, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

iVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

Desarrollo de estructura textil Spacer con tecnología de punto por trama para la fabricación de artículos de ortopedia

R. Baeza-García⁽¹⁾, J.V. Gisbert⁽¹⁾

*(1) Asociación de la investigación textil (AITEX)
Grupo de investigación de materiales y sostenibilidad.
Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)
e-mail: rbaeza@aitex.es*

RESUMEN

En la actualidad, los artículos textiles destinados al cuidado y tratamiento de articulaciones, artículos de órtesis, se caracterizan por ser estructuras textiles compresivas, es decir, estructuras que disponen de unos elevados niveles de elasticidad y recuperación. Por lo general, estas estructuras son de elevados gramajes, garantizando una buena sujeción del músculo donde son aplicados, pero, por el contrario, presentan un inconveniente en lo referente al confort del usuario, siendo artículos que presentan unos muy bajos niveles de transpiración y comodidad para el usuario. En este sentido, en el presente estudio se ha realizado una estructura textil tipo Spacer utilizando para ello la tecnología de punto por trama, obteniendo así un textil elástico de altas prestaciones, que mejora los niveles de transpirabilidad y confort para ser aplicable en artículos de sujeción muscular o articular.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los diversos problemas de salud, el dolor articular es uno de los mayores condicionantes del absentismo laboral. Este tipo de problema puede ser ocasionado por múltiples factores y está por encima de enfermedades de tipo patológicas, cardiovasculares e incluso la diabetes.

En este ámbito, la presencia de artrosis en las articulaciones superiores, codos y muñecas, se asocia a trabajadores que utilizan herramientas neumáticas. Los dolores en la articulación acromioclavicular del hombro son frecuentes en personas del sector de la construcción. La artrosis de cadera se asocia mayoritariamente a los trabajadores del sector de la agricultura. En los profesionales del sector de la minería el problema articular se presenta mayoritariamente en las rodillas. Diversos estudios muestran como factor clave que las vibraciones mecánicas transmitidas por el uso de diversos tipos de herramientas y máquinas, mayoritariamente las comprendidas entre el rango de 50 y 300 Hz, así como traumatismos provocados por golpes y posturas forzadas pueden influir de manera significativa en el proceso biológico de pérdida del cartílago articular, desencadenando con ello la artrosis reumática (Bovenzi, 2005). Por otro lado, la problemática asociada a la columna y con ello a la aparición de enfermedades degenerativas o hernias discales está fuertemente relacionada con las actividades que exigen un elevado trabajo muscular, como es el caso del levantamiento o la carga de grandes pesos.

Cabe decir, que a nivel sanitario contribuye un importante inconveniente, ya que presenta unos elevados costes de tratamiento debido principalmente a las dificultades en el diagnóstico de las causas desencadenantes, así como el tratamiento para cada una de las variantes que puede presentar. Tras haber diagnosticado la causa se debe

asignar el tratamiento óptimo, para que este, condicione de la menor manera la actividad laboral del trabajador. Por lo que debe ser abordado de manera multidisciplinar, es decir, con la combinación de terapia farmacológica y la rehabilitación (L. Taruc-Uy & A. Lynch, 2013), y con ello juega un papel fundamental los dispositivos de ayuda articular, los artículos de órtesis.

Por lo que surge la necesidad de plantear un proyecto que abarque la investigación y el desarrollo de este tipo de artículos mediante tecnologías textiles de última generación, aprovechando con ello la obtención de mejoras sustanciales sobre los artículos ya existentes, y garantizando unos niveles óptimos en lo referente al tratamiento y prevención de lesiones articulares en el trabajador.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Diseño de la estructura textil.

Para el diseño de la estructura textil se ha hecho uso del avanzado software de diseño de tejidos de punto por trama Stoll M1plus®, software perteneciente a la compañía Stoll, la cual es la fabricante del equipo empleado para la posterior tejeduría de la muestra. La utilización de este software permite el diseño de estructuras de punto por trama complejas con cierta facilidad, además presenta un módulo de edición, *Color Arrangement (CA)*, orientado al diseño de tejidos de punto de elevados requerimientos técnicos. Para la realización del diseño del textil, se han tenido en cuenta, por un lado, la morfología y características de los hilos utilizados, y por otro, la estructura del ligamento de punto.

Tejeduría de las muestras

El equipo utilizado para la tejeduría de la muestra ha sido el Stoll ADF 530-16 W. Se trata de una tricotosa rectilínea multigalga 14.2 - 7.2 con un ancho de trabajo de 127 cm, la cual dispone de un carro con tres sistemas de tejeduría incorporados. El equipo dispone de 16 guiahilos con alimentación superior con sus correspondientes sistemas de control de hilo. Para la inserción del hilo de trama, la maquina dispone de dos prensa-tramas por sistema, con el fin de alimentar las dos fonturas.



Figura 1. Detalle del equipo Stoll ADF 530-16 W.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, han sido seleccionados los hilos a utilizar en la tejeduría de la muestra. Por lo general, este tipo de estructuras técnicas se caracterizan por estar constituidas por materiales sintéticos, en la mayoría de los casos, poliamida o poliéster en formato

multifilamento, combinados con hilos de licra para aportar una mayor recuperación elástica.

Tabla 1. Detalle de los hilos utilizados.

| Referencia | Tipo de hilo | Disposición |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| HPA | Multifilamento PA – 800 dtex | Cuerpo del tejido. 2 fonturas |
| HLY | Elastano recubierto – 90 dtex | Vanisado HPA |
| HPES | Monofilamento PES – 0.22 mm | Malla cargada. 2 fonturas |

La estructura se ha diseñado utilizando como hilo principal y cuerpo del tejido el hilo HPA. Este hilo teje en estructura 1x1 tubular siendo acompañado por el hilo HLY que se utiliza en forma de vanisado, realizando la misma estructura que el hilo principal. Tras la pasada en la fontura de adelante del hilo de HPA, se producen las pasadas del hilo HPES en forma de malla cargada en ambas fonturas, dejando una separación de 5 agujas. El siguiente esquema muestra la disposición de los hilos en la estructura del tejido.

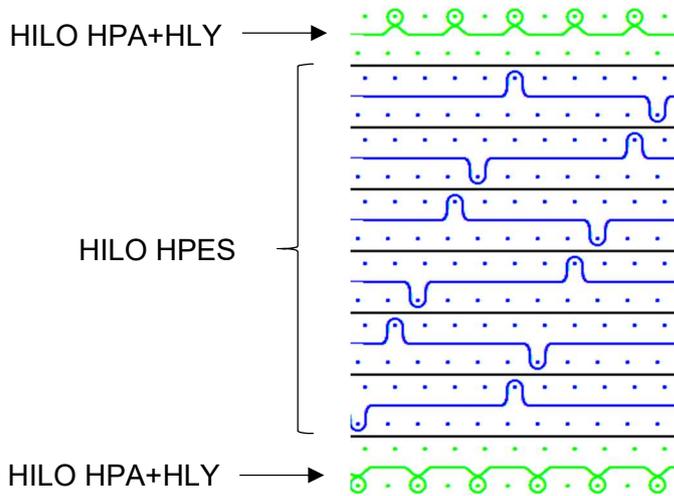


Figura 2. Esquema de la estructura principal del tejido desarrollado.

Una vez realizado el diseño y ajustados todos los parámetros de tejeduría en el programa informático, así como asignados todos los guiahilos que van a participar, se ha procedido al enhebrado de la máquina. El hilo monofilamento ha sido colocado en el alimentador lateral, ya que se dispone en formato carrete, mientras que el hilo de licra se ha hecho pasar por los alimentadores EFS para garantizar una correcta tensión en su aplicación. Finalmente, el hilo de PA se ha enhebrado por el alimentador convencional. Una vez listos todos los parámetros se procedió a la tejeduría de la muestra. Cabe destacar que se realizó una batería con diversas pruebas preliminares. En este apartado se muestra la referencia correcta.



Figura 3. Detalle de la muestra de tejido desarrollada y sección transversal.

La función que realiza el hilo de licra es fundamental para obtener una estructura con volumen. Este hilo, al disponer de una tensión dada por el alimentador EFS, permite una pequeña recuperación del conjunto, haciendo que los monofilamentos pasen de estar en paralelo, a estar casi perpendiculares a las fonturas del tejido, aumentando considerablemente el espesor. Por lo que los parámetros que van a afectar directamente al desarrollo de este tipo de tejidos son, la estructura principal del tejido, siendo preferible estructuras 1x1 ya que disponen de unos buenos niveles de elasticidad y recuperación, el tipo de hilos elastoméricos utilizados y su tensión de aplicación, ya que, dependiendo de esta tensión, variará en grandes rasgos la estructura final del tejido.

Los aspectos que han sido analizado sobre el tejido desarrollado han sido el espesor y el gramaje final. En la siguiente tabla se muestra el espesor y el gramaje del tejido:

Tabla 2. Espesor y gramaje final del prototipo.

| Espesor (mm) | Gramaje (g/m²) |
|---------------------|----------------------------------|
| 4,76 | 390 |

CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de este estudio se ha podido comprobar la viabilidad de desarrollar estructuras tipo Spacer mediante la tecnología de tejeduría de punto por trama, con la utilización del equipo Stoll ADF 530-16 W. Permitiendo obtener un textil de naturaleza elástica, en una estructura tridimensional que aporte unos elevados niveles de transpirabilidad y confort. Para conseguir esta estructura ha sido necesario controlar la tensión de aplicación del hilo de licra, ya que, con este, se consigue variar el volumen de la estructura textil, a causa del fenómeno de recuperación elástica. Cabe decir que la combinación de este tipo de estructuras con estructuras compresivas dentro del mismo proceso de tejeduría permitirá desarrollar textiles muy interesantes para su aplicación en artículos de ortopedia.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto TECNOWORK, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL



REFERENCIAS

Bovenzi, M. (2005). Health effects of mechanical vibration. *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*, 58-64.

L. Taruc-Uy, R., & A. Lynch, S. (2013). Diagnosis and Treatment of Osteoarthritis. *Primary Care*, 821-836.

Aditivación de resinas de poliéster para mejorar el comportamiento contra el fuego en la fabricación de composites

E. Gongora-Roselló ⁽¹⁾, E. Fages-Santana ⁽¹⁾, F. Burgada-Vilaplana ⁽¹⁾, L. Frochoso-Gonzalez ⁽¹⁾ M. Soler-Calbo ⁽¹⁾ J. Campos-Paya ⁽¹⁾, J. Domenech-Pastor ⁽¹⁾

*(1) Asociación de investigación de la industria textil (AITEX),
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: egonga@aitex.es*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo experimental es mejorar las propiedades ignífugas de los materiales compuestos mediante la aditivación de resinas termoestables para la fabricación de materiales compuestos comúnmente empleados en el sector de la automoción y el transporte. En primer lugar, se han seleccionado dos aditivos para la mejora del carácter FR de la resina de poliéster, los dos aditivos empleados son nanotubos de carbono y grafito expandible. Seguidamente se ha llevado a cabo la aditivación de la resina mediante el uso de una calandra tricilíndrica. Finalmente se ha usado una de las resinas funcionalizadas como matriz para la obtención de un composite formado por un núcleo honeycomb de polipropileno y un no-tejido de fibra de carbono.

INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos son aquellos formados por dos o más componentes que permiten aprovechar las características de cada uno de los materiales por separado. Los elementos que constituyen un material compuesto son matriz y refuerzo. La matriz se encarga de mantener la posición y orientación del refuerzo, así como repartir los esfuerzos a lo largo de la pieza. Por el contrario, el refuerzo es el responsable de soportar las cargas y reducir las deformaciones del conjunto, siendo el principal responsable de las propiedades mecánicas del composite. Principalmente existen dos tipos de refuerzos pudiendo ser estos de tipo fibroso o de tipo carga. Los refuerzos fibrosos pueden encontrarse en formatos como hilos, no-tejidos o tejido siendo variable el tipo de material base. Los refuerzos en forma de carga se emplean para aplicaciones de poca responsabilidad estructural siendo más importantes en la aportación de propiedades como la resistencia al fuego. Es por ello que en el presente trabajo se ha llevado a cabo un estudio de aditivación de resinas termoestables buscando proporcionar propiedades FR para posteriormente utilizar dicha resina en la fabricación de un composite mediante laminación manual.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Aditivación matriz termoestable

La resina termoestable utilizada es una resina de poliéster ortoftálica de baja viscosidad utilizada en procesos de infusión. Se ha escogido esta resina porque una vez aditivada, la viscosidad se incrementa notablemente pudiendo usarse en aplicaciones de laminado manual. La aditivación se ha llevado a cabo empleando una calandra tricilíndrica. Este

tipo de tecnología se emplea industrialmente para la dispersión de elementos solidos en líquidos consiguiendo romper agregados y homogeneizar dispersiones.



Figura 1. Proceso de aditivación de la resina

Se han seleccionado dos productos distintos para la aditivación de la matriz termoestable, estos han sido: nanotubos de carbono y grafito expandible. Hay estudios que se ha probado que la aditivación de una pequeña cantidad de nanotubos de carbono en resinas termoestables incrementan las propiedades mecánicas de los composites (N.Coleman, 2006) además de mejorar el comportamiento contra el fuego del material [(Beyer, 2003). Por lo que respecta al grafito expandible, este es un compuesto empleado actualmente en la industria para la fabricación de pinturas, recubrimientos y espumas con características FR (Modesti, 2002).

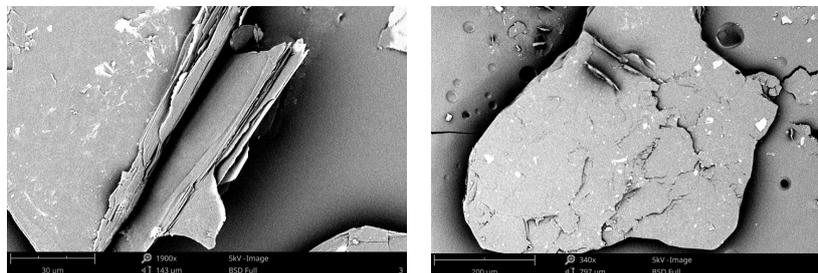


Figura 2. Microscopía electrónica del grafito expandible.

A continuación, pueden verse las matrices de pruebas llevadas a cabo en la aditivación de la resina termoestable con cada uno de los compuestos:

Tabla 1. Pruebas de aditivación con nanotubos de carbono y grafito expandible.

| Concentración (%w) | |
|--------------------|-----------------|
| TUBALL 201* | GK 100 ES C10** |
| 0,1 | 1 |
| 0,05 | 0,75 |
| 0,01 | 0,5 |

Proceso de curado mediante colada.

Una vez aditivada la resina termoestable, se ha mantenido en agitación constante para evitar la decantación de las partículas, posteriormente se ha añadido un 2% de catalizador MEKP y se ha moldeado por colada para la fabricación de probetas para su

validación en el comportamiento contra el fuego. Estas probetas han servido para hacer un seguimiento del proceso de curado de la resina, comprobando la ausencia de tack una vez transcurridas 24 h.

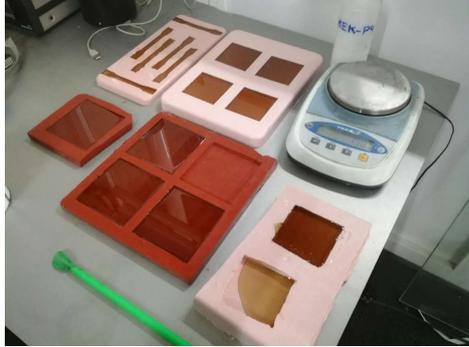


Figura 3. Moldeo por colada de la resina aditivada

Fabricación de composite por laminación manual y compactación al vacío.

Una vez aditivadas las resinas y moldeadas las piezas de caracterización, se ha elegido la resina con un 0,05 % en peso de nanotubos de carbono para hacer una prueba de fabricación de composite mediante laminación manual, se ha escogido esta cantidad porque se ha podido dispersar correctamente y la viscosidad no se ha visto incrementada tan bruscamente como en la prueba de 0.1%. Para el refuerzo del material compuesto se han escogido dos materiales distintos, uno de ellos es un núcleo honeycomb de polipropileno, especialmente fabricado para proporcionar ligereza y resistencia a esfuerzos de compresión y el segundo refuerzo es un no tejido de carbono de gramaje 130 g/m², este ha sido utilizado para laminar las dos capas externas del núcleo empleando 2 capas de no tejido por cada cara.



Figura 4. Izqda. Núcleo honeycomb de polipropileno. Centro. No tejido de carbono. Dcha. Proceso de compactación al vacío.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como se ha podido comprobar, el proceso de aditivación mediante calandra tricilíndrica se ha realizado sin ningún problema, comprobándose que el curado de la resina tiene lugar con normalidad, no obstante, si se ha percibido un incremento en la viscosidad de la resina al utilizar nanotubos de carbono, sobre todo al añadir un 0.1% en peso, por lo que para la fabricación del composite se ha utilizado la aditivado con un 0.05% de nanotubos de carbono. El proceso de laminación manual se ha llevado a cabo

sin ningún contratiempo obteniéndose finalmente un panel sándwich con un espesor de 12,5 mm y un gramaje de 5800 g/m²



Figura 5. Panel sándwich obtenido mediante laminación manual y compactación al vacío.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha podido comprobar la viabilidad técnica de la funcionalización de resinas termoestables con nanotubos de carbono y grafito expandible para mejorar el comportamiento FR de la resina. Cabe destacar que en la actualidad no se emplean este tipo de aditivos para la obtención de resinas FR y su posterior utilización en la fabricación de composites. También se ha podido comprobar la viabilidad técnica en la fabricación de un panel sándwich empleando núcleos ligeros de polipropileno y no tejidos hechos con fibra de carbono mediante laminación manual y compactación al vacío.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE en la financiación del proyecto LIGHTCOMP “Investigación y desarrollo de composites multifuncionales de bajo peso para el sector transporte”



**GENERALITAT
VALENCIANA**

IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL



LIGHTCOMP

REFERENCIAS

- Beyer, G. (2003). Short communication: Carbon nanotubes as flame retardants for polymers. fire and materials, 247-293.
- Modesti, M. (2002). Expandable graphite as an intumescent flame retardant in polyisocyanurate-polyurethane foams. Polymer Degradation and Stability, 195-202.
- N.Coleman, J. (2006). Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube-polymer composites. Carbon, 1624-1652.

Mejora de fibras sintéticas para la tecnología Bulk Continuous Filament

F. Fornés-Ballester⁽¹⁾, P. Morant-Gisbert⁽¹⁾, J. Pascual-Bernabéu⁽¹⁾, F. Rico-Vilaplana⁽¹⁾

(1) Instituto de Investigación Textil AITEX, Departamento de Nanotecnología y Fibras técnicas, Plaza Emilio Sala 1, Alcoy, (Alicante) e-mail: ffornes@aitex.es

RESUMEN

Con el desarrollo del proyecto se busca una mejora y optimización de las propiedades físicas: brillo, suavidad y resiliencia de las fibras de polipropileno y poliéster reciclado, poliamidas y poliéster de fuentes renovables “biobased” (PLA, PBT, PA 1010, ...) para su procesado posterior con la tecnología BCF (Bulk Continuous Filament). Así lograr sustituir los materiales empleados actualmente provenientes de fuentes fósiles. Esto permitirá la fabricación de productos con un mayor valor añadido y con prestaciones diferenciadas que responden a las necesidades de los clientes.

INTRODUCCIÓN

El consumo mundial de fibras sintéticas “Bulk continuous filament” (BCF) que se emplea en la fabricación de alfombras se reparte en las siguientes cuotas 52% polipropileno, 47% poliamida y alrededor del 1% poliéster.

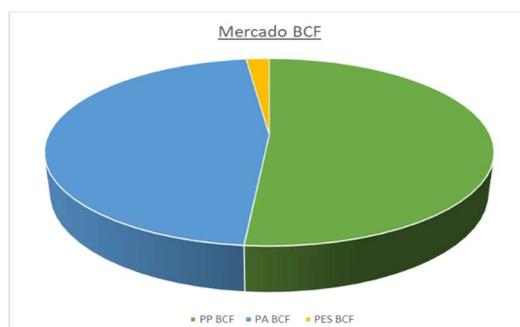


Figura 1.- Consumo mundial de fibras BCF por tipo de fibra.

El uso de las fibras sintéticas de fuentes no renovables está cada día más cuestionado por la escasez del petróleo e incremento del precio de este, las emisiones de CO² durante la extracción y producción de estas fibras, la gestión del residuo textil, la creciente concienciación medioambiental, ... Es por esta razón, AITEX busca el desarrollo y mejora de fibras sintéticas respetuosas con el medio ambiente “eco-friendly” para su procesado con la tecnología Bulk Continuous Filament (BCF) y su aplicación en las alfombras y moquetas. Estas fibras sintéticas deben de ser capaces de desplazar las actuales fibras sintéticas BCF que se emplean en la fabricación de alfombras como son las fibras de polipropileno, poliamida o acrílica, ofreciendo las mismas características físicas que estas, pero con el valor añadido de ser recicladas o provenir de fuentes renovables. El éxito del proyecto BULKY se centra en obtener fibras BCF “eco-friendly” para la fabricación de alfombra que tengan las mismas características físicas, permitirá que las empresas del Sector Textil Valenciano tengan una ventaja competitiva sobre el resto de las empresas del sector.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Compound

Mediante el uso de la planta piloto de compounding con la que cuenta AITEX, se prepararán diversas mezclas funcionalizadas empleando diferentes materiales reciclados y materiales provenientes de fuentes renovables “biobased”, combinando estos polímeros con diversos aditivos seleccionados buscando una mejora en sus propiedades y nuevas funcionalidades como pueden ser la resistencia ultravioleta, retardantes a la llama y HALS entre otras. Las mezclas se obtienen en diversas concentraciones para así analizar cómo es el comportamiento de cada una de ellas y cual es más adecuada para desarrollar posteriormente en el proceso de hilatura por fusión.

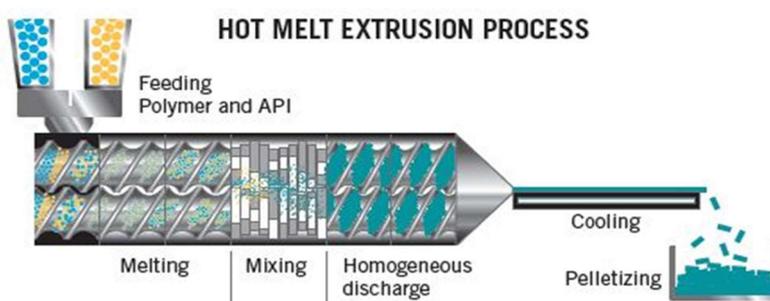


Figura 2.- Esquema proceso compound doble husillo.

Hilatura multifilamento

Se realiza la hilatura multifilamento de diversos materiales reciclados y biobasados como r-PP, r-PET, PHA, PLA, bioPA y bioPE, para obtener valores y características de cada uno de los materiales hilados en su forma virgen. Posteriormente se realiza una hilatura empleando las mezclas de materiales funcionalizadas en la tarea de compound, para así obtener unas fibras con propiedades que aporten un valor añadido al producto final. (Chaudhuri, 2018). Otra de las acciones a realizar es la hilatura de estos materiales ya citados, pero empleando secciones especiales en el cabezal de hilatura como la forma trilobal, o una sección en cruz que se ha desarrollado. Esto se realiza con el objetivo de lograr una mejora en el brillo y la resiliencia del hilo obtenido.

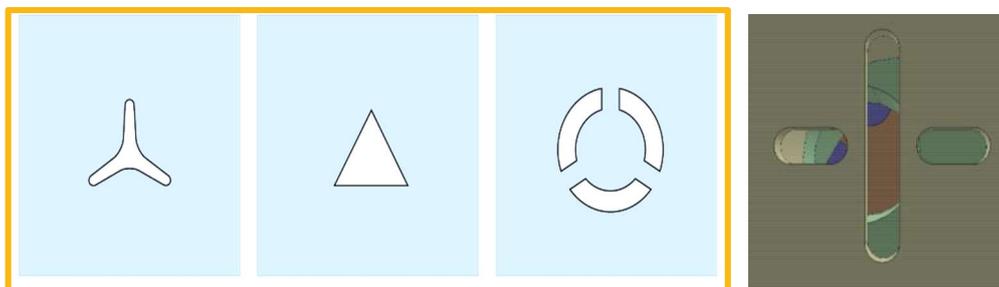


Figura 3: Ejemplos de secciones especiales para la hilatura

Texturizado por aire TASLAN

Se realizarán trabajos de texturizado de los hilos obtenidos en la hilatura multifilamento empleando el proceso de texturizado por aire TASLAN. Estos trabajos tienen como objetivo ayudar a definir el comportamiento de los multifilamentos en el sistema de Bulk Continuous Filament (BCF). En este proceso se trabaja con títulos muy elevados

parecidos a los que se obtienen empleando la tecnología BCF, para así en el proceso posterior saber cómo se van a comportar los diferentes materiales y mezclas para lograr un resultado óptimo del hilo final.



Figura 4: Jet de aire de texturizado TASLAN

Texturizado por BCF

Empleando las muestras que cuenten con mejores características mecánicas de cada uno de los polímeros y mezclas funcionales, se realizarán diversas pruebas empleando el proceso de texturizado BCF, modificando los parámetros y la configuración de la máquina (presión de aire del jet, velocidad del cilindro refrigerante, temperatura del aire...) Con esto se buscará obtener la mejor calidad y las mejores propiedades físicas posibles de los multifilamentos. (J W S Hearle, 2001)

Fabricación de prototipos

Con los hilos texturizados que cuenten con las mejores propiedades y prestaciones, se realizarán prototipos finales. El primer tipo de prototipo se realizará empleando la tecnología de tufting y wilton (Goswami, 2009). Por otro lado, el segundo tipo de prototipo que se realizará será empleando la tejeduría de calada para realizar diversas estructuras textiles como el primari backing, tejidos para lonas o tejidos outdoor.



Figura 5.- Prototipo Tufting.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras la ejecución del proyecto de investigación BULKY, se habrá obtenido hilos multifilamento Bulk Continuous Filament (BCF) en diversas bases poliméricas más respetuosas con el medio ambiente y capaces de desplazar a las fibras BCF actuales provenientes de recursos fósiles (PP, PA y PES) que copan el mercado.

A parte del beneficio medioambiental que supondrá la obtención e introducción en el mercado global de estos hilos, también sus propiedades han de destacarse, ya que se

pretende que estas sean muy similares a las de las fibras que se están empleando hoy en día en el mercado tanto en brillo, suavidad y resiliencia.

En otra de las líneas se buscará una funcionalización de estos polímeros reciclados y biobasados para aportar a los hilos una mejora en las propiedades como puede ser la resistencia UV, la carga antiestática, fragancias, retardantes a la llama... La funcionalización también puede aportar mejoras en cuanto a la mejora de la compatibilidad del material cuando se trate de polímeros reciclados para la mejora de su procesamiento en la planta de hilatura, como extensores de cadenas, auxiliares de proceso, mezcla con diferentes grados poliméricos...

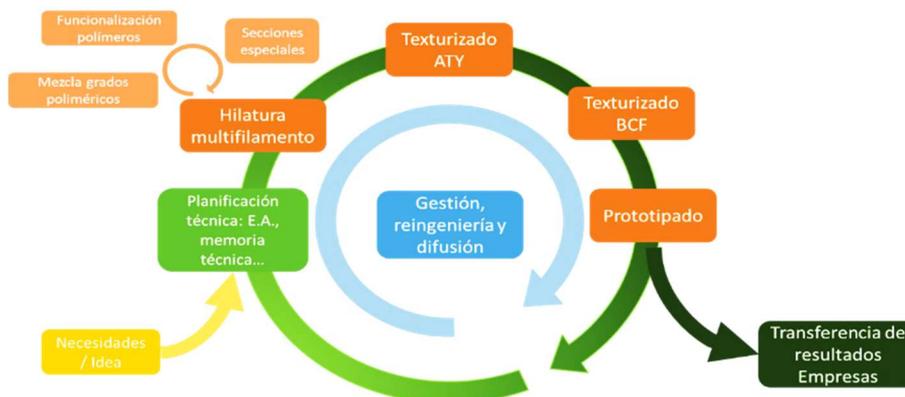


Figura 6: Esquema general del proyecto BULKY

CONCLUSIONES

Se busca confirmar que la sustitución de los polímeros actualmente empleados en la realización de fibras BCF para alfombras y moquetas (PP, PA, PES), por otros de origen biobasado o reciclado (rPP, rPET, PHA, PLA), puede lograrse obteniendo un producto final muy similar en cuanto a propiedades de brillo, resiliencia y suavidad. Con esto se reduciría notoriamente el gasto de materiales provenientes de fuentes fósiles que son perjudiciales para el medio ambiente, así como la reducción de los residuos plásticos ya que estos serán reciclados y reaprovechados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Institut Valencia de Competitivitat Empresarial (IVACE) por la financiación del proyecto “Mejora de fibras sintéticas para la tecnología Bulk Continuous Filament” en el Programa Fondos Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

REFERENCIAS

S.K. Chaudhuri (2018). Structure and properties of carpet fibers and yarns.

J W S Hearle, L Hollick and D K Wilson (2001). Yarn Texturing Technology

KK Goswami (2009). Advances in carpet manufacture

BIENESMART - Investigación y desarrollo de textiles inteligentes que permitan monitorizar parámetros fisiológicos para la mejora del bienestar de las personas.

J. Moreno ⁽¹⁾ M. Valor ⁽¹⁾, G. Martínez ⁽¹⁾, E. Mira ⁽¹⁾, J. Doménech ⁽¹⁾

(1) Instituto Tecnológico Textil (AITEX),
Grupo de Investigación de Textiles Inteligentes y Soluciones TIC,
Plaza Emilio Sala nº1, Alcoy, (Alicante)
e-mail: mvalor@aitex.es

RESUMEN

Las comunidades autónomas españolas consumen en torno a un 40% de su gasto completo en sanidad [1], dato que demuestra la escasa sostenibilidad del sistema sanitario actual. La utilización de nuevas tecnologías para la salud y bienestar es una solución para combatir este escenario. Así pues, el objetivo del proyecto es el desarrollo de tejidos que monitoricen constantes vitales y parámetros fisiológicos para mejorar la salud y aumentar el bienestar de los usuarios. Conocer y controlar datos vitales como son el ritmo cardíaco, la frecuencia respiratoria o el nivel de glucosa entre otros, es esencial para la detección, prevención y seguimiento de enfermedades. De esta forma se podrá optimizar la relación coste/beneficio en sanidad animando a la prevención más que al tratamiento.

INTRODUCCIÓN

Los servicios destinados a la salud de la población mejoran a medida que las nuevas tecnologías evolucionan, en consecuencia, hay más personas mayores y un aumento de diagnósticos de prevención y tratamientos efectivos. La tendencia demográfica de España proyecta un escenario en el cual cada vez habrá más gente mayor, en este sentido la pirámide poblacional de los últimos años muestra como está envejeciendo la población. España es el segundo país con mayor esperanza de vida de la OCDE y además tiene una tasa de natalidad cada vez más baja de hecho en el primer semestre de 2018 se obtuvo el peor dato desde que existen registros semestrales en 1941.

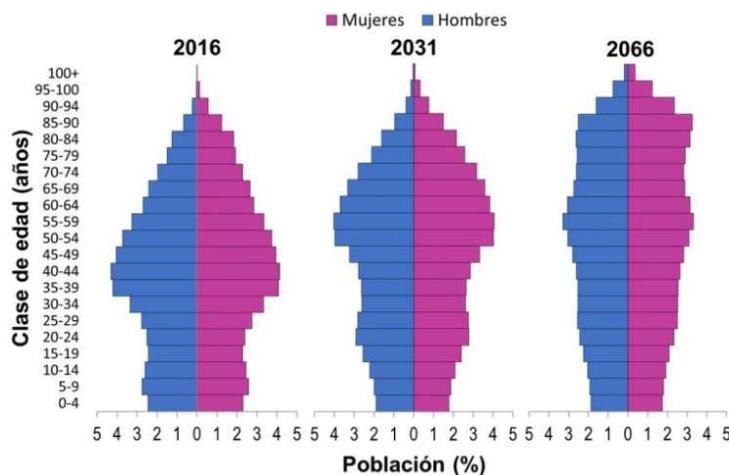


Figura 1. Pirámide de clases de edad de la población de España y proyecciones. (INE)

Este escenario indica que la gestión personal de la salud ha pasado de ser una moda a ser una necesidad. En la actual sociedad adoptar hábitos cotidianos que ayuden a estar lo más sano posible, es un punto de interés en alza para la población en general. La mayoría de la población vive preocupada y es consciente que trabajar determinados aspectos ayudan a mejorar el bienestar de los usuarios. Para ello, es necesario establecer un control objetivo, sencillo y accesible, sobre diferentes parcelas del comportamiento humano.

Mediante la presente investigación se facilita el control de la salud de las personas integrando sensores capaces de recoger información de parámetros fisiológicos y biológicos en prendas de uso cotidiano. Gracias al avance tecnológico, surge la posible aplicación de textiles wearables y dispositivos inteligentes para un control remoto y continuo. Estas tecnologías se pueden incorporar en alguna parte del cuerpo para interactuar con el usuario y controlar sus variables.

DESARROLLO Y RESULTADOS ESPERADOS

El reto principal del presente proyecto se basa en desarrollar soluciones textiles que monitoricen constantes vitales y parámetros fisiológicos y biológicos para la mejora de la salud y bienestar de las personas. Para alcanzar el objetivo del proyecto se plantean varias líneas de investigación:

La primera de ellas es la **electromiografía**. Se trata del proceso por el cual se analiza la actividad de los músculos para evaluar su estado de salud y analizar su comportamiento. Para ello, se hacen servir pequeños electrodos que detectan la señal eléctrica que se produce en un músculo cuando se encuentra en diferentes situaciones; contraído o relajado. Cuando un músculo se encuentra en reposo no genera ninguna actividad eléctrica, mientras que cuando se produce una contracción muscular se registra un potencial eléctrico. Se está desarrollando una prenda textil capaz de recoger la actividad del músculo mediante electrodos de superficie bordados, de esta forma se obtienen una serie de ventajas relacionadas con las posibilidades que ofrece la electromiografía y su aplicación para rehabilitación: evaluar la fatiga, análisis de la marcha, valoración de la actividad muscular durante un proceso diagnóstico y/o terapéutico, trastornos de carácter neuromuscular, etc.



Figura 2. Electrodes para electroestimulación

La siguiente línea de investigación se centra en el desarrollo de **biosensores electroquímicos** que, a través del sudor, pueden medir de forma controlada la concentración de analitos como la glucosa o el lactato. Los biosensores se basan en electrodos impresos con la tecnología de screen printing sobre en sustratos flexibles [2] que se pueden adherir a la piel y cuya lectura se realiza de forma inalámbrica desde un teléfono móvil a través de Bluetooth. Se trata de la 3ª de biosensores que quedan menos expuestos a interferencias externas [3]. En la actualidad, se están desarrollando prendas que integran biosensores capaces de monitorizar parámetros biológicos a través del sudor.

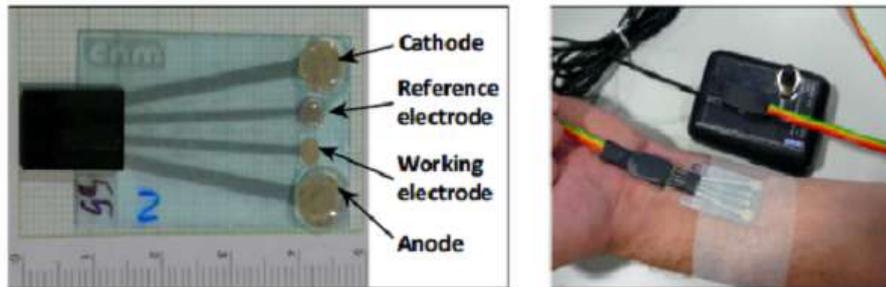


Figura 3. Prototipo de biosensor portable integrado en sustrato flexible

La última línea de trabajo se centra en la investigación de prendas que integren sensores capaces de medir diferentes variables fisiológicas como: ritmo cardíaco, ritmo respiratorio, electrocardiograma (ECG) oximetría. Mediante electrodos se registrará información de los datos del usuario. Estos sensores consumirán poca energía, serán de tamaño compacto y fáciles de usar como en el caso del dispositivo MAX86140/MAX86141 [4].



Figura 4. Electrodo para ECG y ritmo cardíaco

En los últimos años se han desarrollado multitud de dispositivos que cuantifican y monitorizan las constantes gracias al avance en el desarrollo de nuevas tecnologías y de los dispositivos móviles los cuales juegan un papel fundamental pues aportan valor a los textiles inteligentes. Estos desarrollos dan respuesta a una necesidad en la sociedad dado que cada vez más son los usuarios que demandan dispositivos y prendas que les permitan conocer mejor su situación de bienestar y parámetros fisiológicos durante la práctica del deporte o simplemente como control de hábitos. El conocer esta información de manera sencilla, instantánea y en cualquier lugar gracias a los dispositivos móviles y wearables ha revolucionado el mercado.

CONCLUSIONES

A la sociedad le preocupa la salud y es posible utilizar la tecnología para recoger datos de los usuarios que ayuden a tomar decisiones para mejorar la salud y el bienestar. En este proyecto se están investigando sensores capaces de recoger datos de constantes vitales y variables fisiológicas/biológicas para obtener información sobre hábitos cotidianos.

Los resultados esperados en este proyecto son el desarrollo de prendas textiles con sensores integrados que simplifiquen la toma de datos actual de ciertas variables ya que con prendas textiles será posible monitorizar constantes y actividades físicas. Toda la información recogida por los sensores será enviada a una APP de control que gestione la información recibida.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto BIENESMART, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.



REFERENCIAS

- [1] Rodríguez Carlos (2018). Las ventajas de una estrategia de salud digitalizada. <http://cyborg.edu.umh.es/2018/02/20/las-ventajas-de-una-estrategia-de-salud-digitalizada/>.
- [2] Kim, Y., Member, S., Kim, H., Member, S., & Yoo, H. (2010). Electrical Characterization of Screen-Printed Circuits on the Fabric, 33(1), 196–205.
- [3] Martínez Gomar J., González Álvarez S. Biosensores electroquímicos. Química aplicada a la Ingeniería Biomédica (2010/2011).
- [4] Best-in-Class Optical Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health. 19-100051; Rev 1; 8/17.

Obtención de mobiliario decorativo mediante el empleo de residuo del sector alfombras.

E. Franco, E. Fages, M.M. Ortiz, L. Frochoso
Asociación de la investigación textil (AITEK)
Grupo de investigación de Sostenibilidad y materiales.
Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)
e-mail: efranco@aitex.es

RESUMEN

El objeto de este experimental es el estudio de la revalorización del residuo de alfombra generado en el propio proceso productivo. Las alfombras son tejidos de grandes dimensiones que se tejen generalmente de una sola pieza en telares muy específicos. Cuando se quiere fabricar una alfombra de dimensiones más pequeñas, el telar se debe completar generando un tejido que para el sector es un residuo, pero es perfectamente aprovechable como material de refuerzo en la industria de los composites.

INTRODUCCIÓN

La sociedad cada vez se encuentra más concienciada con la protección del medio ambiente y principios como la sostenibilidad, la biodegradabilidad o la reciclabilidad son factores tenidos en cuenta por los consumidores a la hora de elegir un producto.

En los países desarrollados se genera una gran cantidad de residuos que representan una enorme pérdida de recursos tanto en materiales como en energía, además del impacto medioambiental que supone su gestión y eliminación. Los vertederos ocupan terreno y pueden contaminar aire, agua y suelo, mientras que la incineración puede dar lugar a emisiones de contaminantes. El objetivo de las políticas de gestión de residuos actualmente consiste en los conceptos reducir, reciclar y reutilizar.

Un elevado volumen de alfombras posconsumo son desechadas cada año a nivel mundial, poniendo una importante presión en los vertederos por el volumen que ocupan y permitiendo el desperdicio del valioso material contenido en las alfombras [1]. Alcanzando las 400.000 toneladas en Reino Unido [2] [3] [4] y los más de 1.5 millones de toneladas de USA.

Las alfombras son materiales compuestos formados por distintas capas, materiales y rellenos inorgánicos por lo que generalmente son difíciles y caros de reciclar [2] [3]. La estructura de una alfombra se compone de:

- Mat o felpa: Superficie visible y de uso.
- Base primaria: Base sobre la que se teje la alfombra.
- Base secundaria: Envés y responsable de la estabilidad proporcionando forma, protección y soporte.
- Backing, capa adhesiva que emplea habitualmente Látex.

A su complicada estructura se une la diversidad de materiales empleados en su fabricación. Las fibras empleadas para construir los mats o felpa de las alfombras son generalmente: Lana, Algodón, Polipropileno, Poliamida y Poliéster.

Los conceptos relacionados con la sostenibilidad han ido evolucionando de la economía lineal a la circular, hasta el actual cradle to cradle que pretende no sólo la generación de residuos cero, sino que el producto sea diseñado para servir como materia prima en nuevos procesos al final de su vida útil.

Para que este tipo de economía sea eficaz es necesario un buen diseño del producto que facilite la reciclabilidad de sus componentes y posteriormente una red logística que recupere y gestione la recogida del producto tras su vida útil para emplear los materiales que lo componen nuevamente como materia prima. Si no existe una red bien desarrollada y no se informa adecuadamente a los usuarios es inevitable que estos productos sigan acabando en el vertedero [1].

El sector alfombras a pesar de ser bastante tradicional va paso a paso para incrementar la sostenibilidad de sus productos. En el mercado ya se encuentran alfombras que emplean en su composición fibras recicladas, principalmente de poliéster y poliamida.

Dependiendo de los materiales empleados existen diferentes estrategias para su recuperación o aprovechamiento. En las alfombras de poliamida por ejemplo se despolimeriza en ϵ -caprolactama para posteriormente volver a polimerizarla, es un proceso complejo que permite obtener poliamida con las mismas propiedades que el material virgen [5] [6]. En los casos en los que se emplea fibras naturales existen desarrollos en los que se emplean como fertilizantes [7].

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

El residuo de alfombra procede de la tejeduría Axminster y posee un gramaje de 1,05 kg/m² con una composición de 14,0% viscosa (urdimbre) y 86,0% yute (trama).

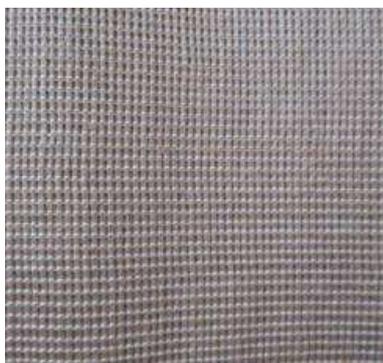


Figura 1. Residuo de alfombra.

Se han empleado dos capas de tejido y la resina de poliéster HQ102 A60.

Procesos:

El equipo compacto de infusión de resina asistida por vacío del que dispone AITEX está compuesto por una bomba de vacío, campana atraparora de resina de 12 litros, medidor de vacío y válvula. Dispone de 6 entradas de vacío con una capacidad de 28 m³/h. El proceso de infusión se realiza mediante los siguientes pasos.

- Limpieza del molde. Debe encontrarse libre de impurezas para no crear defectos.

- Aplicación de tapa poros: dejándolo actuar durante 15 min y repitiendo la operación dos ocasiones más. Estas capas duran en torno a 7 infusiones aproximadamente.
- Aplicación desmoldeante: Se extienden dos capas dejándolas secar 5 min entre capas. Este proceso hay que realizarlo para cada infusión.
- Colocación de las estructuras textiles con la cara buena en contacto con el vidrio., rematando el conjunto con masilla de cierre a la vez que se colocan las tomas de infusión. Finalmente se coloca una capa de tejido peel ply que facilita el desmoldeo de la pieza y una estructura de red para facilitar el avance de la resina.
- Colocación y cierre de la bolsa de vacío (verde) comprobando que no existen perdidas de aire para que el vacío sea completo, en caso contrario se podrían generar burbujas de aire que conllevarían problemas de procesado de la pieza.
- Preparación de la resina: Cuando es necesario la aditivación de la resina con otros componentes, se realiza antes añadir el catalizador.
- Proceso de infusión: Al introducir el tubo de entrada dentro del vaso que contiene la resina y abrir la válvula colocada en el tubo de entrada de resina empieza el proceso de infusión. La succión del aire que se encuentra dentro de la cavidad permite el arrastre y distribución de la resina. La velocidad de avance dependerá de la resina, la presión de vacío aplicada y de la estructura del material de refuerzo.
- Desmoldeo del composite: Tras el tiempo de curado de la resina se procede al desmoldeo de la pieza, limpieza del molde y corte de rebabas del composite.



Figura 2. Molde infusión empleado para la elaboración de silla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado es la obtención de la silla que se muestra en la siguiente imagen



Figura 3. Prototipo y detalle de la silla obtenido empleando residuos de alfombra.

CONCLUSIONES

El presente experimental demuestra que los residuos generados en el sector alfombras, pueden ser empleados como materia prima en el sector de las industrias creativas / hábitat dando el paso hacia una economía cradle to cradle, con residuos cero.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ECO&TECNO CARPET cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.



REFERENCIAS

- [1] Sas, I., et al., Sustainable fashion supply chain management from sourcing to retailing, 2015, pp. 3-30.
- [2] Sotavo, A., Green, S., Turvey, G., Journal of cleaner production, pp. 686-697, 2018.
- [3] Sotayo, A. Green, S., Turvey, G., Environmental Technology & Innovation, pp. 97-107, 2015.
- [4] M. J. e. a. Bucci, Journal of the textile institute, pp. 1300-1311, 2014.
- [5] J. e. a. Chen, Journal of analytical and applied pyrolysis, pp. 50-55, 2010.
- [6] C. e. a. Miht, Polymer engineering and science, pp. 1457-1470, 2001.
- [7] S. e. a. McNeil, Resources conservation and recycling, pp. 220-224, 2007.

Obtención de materiales inorgánicos a partir de residuo de refuerzo textil de neumático usado.

A. de Lucas, S. Gironés, E. Fages
Asociación de la investigación textil (AITEK)
Grupo de investigación de Sostenibilidad y materiales.
Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)
e-mail: sgirones@aitex.es

RESUMEN

El objetivo de este estudio experimental es la revalorización de residuo de refuerzo textil de neumático, subproducto procedente del proceso de reciclado de neumáticos fuera de uso, para la obtención de materiales inorgánicos aplicados en el sector de la construcción. El procedimiento experimental es el utilizado comúnmente para la fabricación de las matrices inorgánicas, salvando la diferencia que la cantidad de agua preparada es diferente, debido a que esta es absorbida con mayor facilidad a medida que se aumenta el contenido de residuo.

INTRODUCCIÓN

Los neumáticos usados suponen un grave problema ambiental, porque la naturaleza no es capaz de asimilar por sí misma los componentes altamente contaminantes que los componen. Por eso es fundamental reciclarlos. Anualmente se desechan, sólo en España, más de 300.000 toneladas de neumáticos que es necesario recoger, gestionar y reciclar de manera correcta (Martin, 2015).

Los neumáticos están compuestos por otros materiales además del caucho, los cuales les confieren más resistencia y durabilidad. Tras su uso, los neumáticos fuera de uso (NFU) se reciclan obteniéndose gránulos de caucho y residuos metálicos y textiles en forma de fibras. La salida más usual que se da a las fibras metálicas es como chatarra para fundición y obtención de nuevo acero, mientras que las fibras textiles se utilizan a menudo como combustible para cementeras, siendo usos poco recomendables según la normativa española (COMSA S.A.U., 2015).

Es por ello, que debido a la necesidad de buscar nuevos usos para las fibras procedentes de NFU, mediante este estudio se pretende desarrollar materiales a partir de este residuo que permitan al establecimiento de un modelo de economía circular en aquellas empresas interesadas en adoptar un modelo de desarrollo económico sostenible.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

En este estudio se pretende la revalorización de residuos de refuerzo textil de neumáticos fuera de uso, mediante su incorporación en matrices inorgánicas para el desarrollo de materiales destinados a ser aplicados en el sector de la construcción.

- **Caracterización del residuo:** En primer lugar, se ha procedido a analizar las propiedades físicas del residuo de refuerzo textil de neumático fuera de uso

mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía infrarroja (FTIR). A continuación, se muestra una imagen del residuo:



Figura 1. Residuo de refuerzo textil de neumático usado.

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una técnica que permite el análisis microscópico del material, y se ha utilizado para poder observar el residuo y realizar mediciones de diámetro medio de las fibras que lo componen. A continuación, se muestran los resultados obtenidos

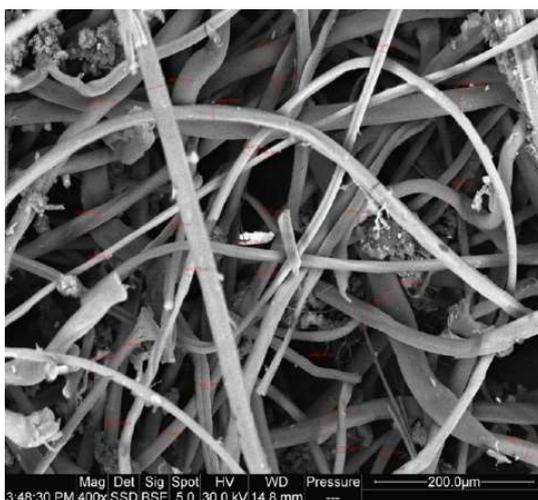


Figura 2. Fotomicrografía del residuo de refuerzo textil de neumático.

Tabla 1. Resultados de diámetro medio del residuo de refuerzo textil de neumático.

| Nº Mediciones | Diámetro medio (µm) | Diámetro (µm) | |
|---------------|---------------------|---------------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| 56 | 19,49 | 8,56 | 36,10 |

Por otra parte, la espectroscopía infrarroja (FTIR) se ha utilizado como técnica analítica cualitativa del residuo, permitiendo obtener información sobre la composición del material fibroso:

Tabla 2. Resultados del análisis cualitativo del residuo de refuerzo textil de neumático.

| Tipo de materia |
|---|
| Fibras de poliamida, viscosa y poliéster + materia no fibrosa |

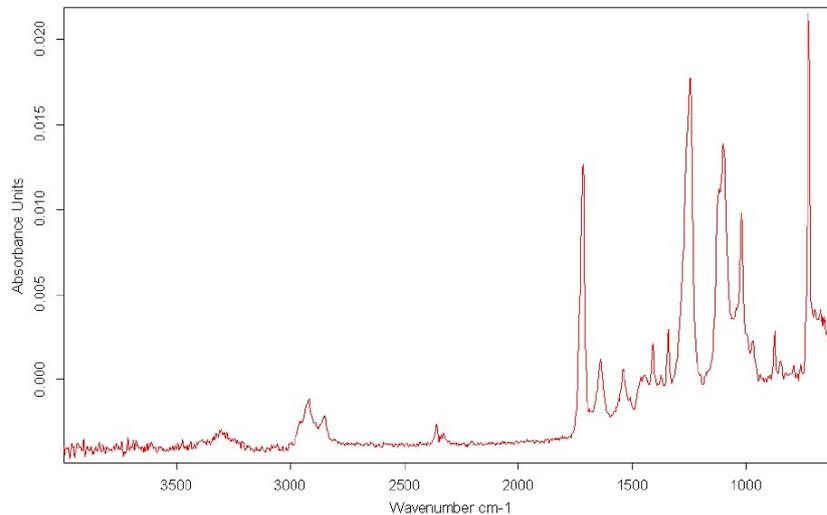


Figura 3. Espectro FTIR del residuo de del residuo de refuerzo textil de neumático.

- Obtención de materiales de matriz inorgánica:** El proceso de fabricación de los materiales de matriz cementítica siguen los criterios descritos en la normativa UNE-EN 196-1 y se requiere del mezclado de todos los componentes que forman la matriz, cemento y residuo, mediante una amasadora normalizada. Tras el correcto mezclado se vierte dicha mezcla en un molde normalizado y pasados unos días se extraen las probetas del molde para su correcto secado. A continuación, se muestran los materiales obtenidos.



Figura 4. Fabricación de materiales de matriz inorgánica a partir del residuo de refuerzo textil de neumático usado.

Tabla 3. Composición de los materiales desarrollados.

| Referencia | Material | Masa (g) | Masa total (g) | Composición total (%) |
|------------|----------|----------|----------------|-----------------------|
| MIFC1 | Arena | 600 | 2750 | 21,82 |
| | Agua | 1782 | | 64,80 |
| | Residuo | 350 | | 12,73 |
| | Residuo | 18 | | 0,65 |
| MIFC2 | Cemento | 600 | 2835 | 21,16 |
| | Arena | 1764 | | 62,22 |
| | Agua | 435 | | 15,34 |
| | Residuo | 36 | | 1,27 |
| MIFC3 | Cemento | 600 | 2985 | 20,10 |
| | Arena | 1746 | | 58,49 |
| | Agua | 585 | | 19,60 |
| | Residuo | 54 | | 1,81 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La obtención de materiales de matriz inorgánica con diferentes % de carga de residuo de refuerzo textil de neumático usado, se ha realizado perfectamente. Las variaciones en el porcentaje de refuerzo se deben al mayor empleo de agua a medida que se incrementa el porcentaje de residuo en la formulación. Las formulaciones MIFC1, MIFC2 y MIFC3 están compuestas por 0.65, 1.27 y 1.81% de residuo de refuerzo textil de neumático usado sobre la cantidad de refuerzo de arena.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha podido demostrar la viabilidad técnica de desarrollo de materiales para construcción a partir de residuo de refuerzo textil de neumático fuera de uso mediante el proceso de fabricación de materiales de matriz cementítica. Hay que destacar que este tipo de residuo se utiliza como combustible para cementeras, siendo usos poco recomendables según la normativa española. La reutilización de este subproducto para el desarrollo de materiales destinados al sector de la construcción dota al estudio de un remarcado carácter ecológico de y protección del medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto CIRCLE 2019 " Investigación y desarrollo de un modelo económico basado en la revalorización de residuos/subproductos entre los principales sectores productivos de la comunidad valenciana", cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

REFERENCIAS

COMSA S.A.U. (2015). *Revalorización de residuos secundarios de NFU*.

Martin, L. (2015). Neumáticos Usados, el valor de un residuo. *Compromiso Empresarial*. Obtenido de Compromiso Empresarial.

Mejora del comportamiento FR de tejidos de cáñamo para su aplicación en el sector del hábitat

E. Fages, S. Gironés, E. Gongga

*Asociación de la investigación textil (AITEX)
Grupo de investigación de Sostenibilidad y materiales.
Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)
e-mail: efages@aitex.es*

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es ampliar el rango de aplicación de las fibras naturales mediante la funcionalización de tejidos de cáñamo para mejorar sus propiedades ignífugas. Para el tratamiento de los tejidos de cáñamo se ha hecho uso del proceso de impregnación textil donde el producto funcional es depositado de forma mecánica sobre el textil, y es absorbido por éste.

INTRODUCCIÓN

Las fibras obtenidas a partir del cáñamo industrial son unas de las fibras que actualmente han suscitado un gran interés en la comunidad científica debido a su versatilidad y a su evolución a lo largo de los últimos años, quedando muy atrás las fibras ásperas y gruesas elaboradas de forma artesanal para uso doméstico. Otra de las virtudes del cáñamo es su sostenibilidad medioambiental siendo un cultivo de rápido crecimiento, con un consumo bajo de agua y sin necesidad de la utilización de semillas modificadas genéticamente ni pesticidas ni fertilizantes sintéticos. En comparación, el algodón es más intensivo en el uso de agua y supone más tiempo para alcanzar la edad de cosecha, además de producir menos fibras por acre [1].

Una de las medidas de mayor importancia frente a la prevención de incendios, es la protección de los materiales utilizados tanto en el exterior como en el interior de las edificaciones. Es por ello que los diferentes materiales empleados como productos de construcción son regulados por una serie de normativa que valora su comportamiento frente a diferentes fuentes de ignición.

Actualmente la industria textil se encuentra en un proceso de constante mejora e innovación ya que debido a la gran competencia internacional en productos de bajo coste hacen necesaria la fabricación de productos con un alto valor añadido. Esto junto con el creciente interés global en el uso de productos naturales y sostenibles han propiciado el desarrollo del presente proyecto en el cual se persigue la obtención de productos técnicos empleando fibras de cáñamo naturales para la obtención de pantallas acústicas, revestimientos modulares de paredes y mobiliario de material compuesto.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

En este estudio se ha realizado el tratamiento ignífugo de tejidos de cáñamo mediante procesos de funcionalización superficial utilizando diferentes productos ignífugos. Los tejidos desarrollados podrán ser aplicados para el desarrollo de materiales del sector del hábitat.

Tratamiento del tejido

Habitualmente, los procesos de impregnación de textiles se utilizan para la aplicación de aditivos y/o productos sobre textiles. El tratamiento de las muestras de tejido preparadas con los diferentes productos se ha llevado a cabo mediante esta técnica de impregnación por foulard. Para ello, los tejidos de cáñamo se han sumergido en la cubeta con la disolución de agua y producto ignífugo, siendo la disolución preparada según el producto utilizado. Una vez introducido el tejido en la disolución queda sumergido durante 20-30 s. Transcurrido dicho tiempo se extrae el tejido de la disolución, y se pasa a través de los cilindros exprimidores del foulard para conseguir la impregnación final del producto sobre el tejido.



Figura 1. Proceso de foulardado de las muestras de tejido de cáñamo.

Finalmente, los tejidos tratados se introducen en la estufa de aire para su secado y fijado a la temperatura y tiempo indicados en la ficha técnica de cada producto.



Figura 2. Procedimiento experimental

A continuación, se muestra la matriz de pruebas de tratamiento ignífugo, así como el porcentaje de baño funcional absorbido por el tejido:

Tabla 1. Detalle de la matriz experimental de acabados ignífugos de los tejidos de cáñamo

| REFERENCIA | PRODUCTO IGNÍFUGO | CONCENTRACIÓN DISOLUCIÓN | CONDICIONES PROCESO ACABADO |
|------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 ECOFLAM | ECOFLAM P-195/50 | 100 g/l | 2 bar; 4 rpm |
| 2 C-3271 | CETAFLAM® PD 3271 | 400 g/l | 1,5 bar; 4 rpm |
| 3 C-3MW | CETAFLAM® PD 3MW | 600 g/l | 1,5 bar; 4 rpm |

Tabla 2. Porcentaje de humedad absorbido (PICK-UP)

| REFERENCIA | PRODUCTO IGNÍFUGO | CONCENTRACIÓN DISOLUCIÓN | PICK-UP |
|------------|-------------------|--------------------------|---------|
| 1 ECOFLAM | ECOFLAM P-195/50 | 100 g/l | 71% |
| 2 C-3271 | CETAFLAM® PD 3271 | 400 g/l | 70% |
| 3 C-3MW | CETAFLAM® PD 3MW | 600 g/l | 80% |

Tabla 3. Tejidos de cáñamo tratados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento de tejidos con productos retardantes a la llama se ha realizado correctamente y no se aprecia modificación visual del tejido de cáñamo tratado con los diferentes productos ignífugos utilizados. Además, cada uno de los materiales funcionalizados ha sido analizado en términos de reacción al fuego según la siguiente normativa:

NORMA UNE-EN 1021: Valoración de la inflamabilidad del mobiliario tapizado: Esta norma europea describe un método de ensayo para evaluar la inflamabilidad de diferentes combinaciones de materiales, tales como los revestimientos y los rellenos utilizados en asientos tapizados, cuando la fuente de ignición a la que se someten es un cigarrillo en combustión y una llama pequeña.

NORMA UNE-EN ISO 11925-2:2011: Reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama.

Las tres muestras de tejido de cáñamo tratadas con productos retardantes a la llama tienen un buen comportamiento cuando se someten a fuentes de ignición de un cigarrillo en combustión y una llama pequeña, pero cabe destacar que en la muestra 1 ECOFLAM, el cigarrillo se extingue en un tiempo menor que en el resto, seguida de la muestra 2 C-3271. Sin embargo, si se observan los resultados obtenidos de las muestras ensayadas según NORMA UNE-EN ISO 11925-2:2011 (pequeño quemador), aunque las tres muestras cumplen con los criterios indicados en la norma y son clasificados como CLASE E, en las muestras 2 C-3271 y 3 C-3MW no se produce ignición, mientras que en la muestra 1 ECOFLAM sí que se produce ignición.

CONCLUSIONES

Conceptualmente, los productos ignífugos o retardantes a la llama son todos aquellos aditivos incorporados en diversos tipos de materiales tales como tejidos, circuitos electrónicos, polímeros termoplásticos, etc., que tienen como función principal reducir la capacidad de propagación del fuego a lo largo del material, mejorar la autoextinción del mismo o evitar la ignición del producto en cuestión. Gracias al uso de estos productos, en el presente trabajo se ha tratado con éxito un tejido de cáñamo empleando para tal fin aditivos retardantes a la llama comerciales.

AGRADECIMIENTOS

Programa co-financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La Autoridad de Gestión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.



REFERENCIAS

[1] <https://fashionunited.es/noticias/moda/tejidos-innovadores-sostenibles-fibras-de-canamo/2017073124217> (2017).

E-BRODER 2– Investigación y desarrollo de textiles inteligentes empleando tecnología de bordado

G. Martínez⁽¹⁾, J. Moreno⁽¹⁾, M. Valor⁽¹⁾, J. Campos⁽¹⁾, J. Doménech⁽¹⁾, J.M^a. García⁽¹⁾

(1) Grupo de investigación de Textiles Inteligentes y Soluciones TIC

Instituto Tecnológico Textil (AITEX),

Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)

e-mail: gmartinez@aitex.es

RESUMEN

El Instituto Tecnológico Textil (AITEX) está trabajando en el proyecto de investigación E-BRODER (2ª anualidad) con el objetivo de desarrollar un sistema domótico con sensores y actuadores integrados en textiles para su instalación en viviendas y oficinas que permitirá mejorar su eficiencia energética, reforzar la seguridad, aumentar el confort de sus estancias, y controlar el funcionamiento de sus instalaciones.

INTRODUCCIÓN

La implantación de las nuevas Tecnologías de la Información e Industria 4.0 en el Sector Textil y Confección aumenta año tras año, aunque a pesar de este paulatino incremento, todavía existen algunas barreras para que los wearables y textiles inteligentes se puedan encontrar en el mercado de forma notoria.

La utilización de herramientas diseñadas para la automatización del proceso de fabricación del textil inteligente es minoritaria y, por consiguiente, una de las principales barreras.

Mediante la presente investigación se pretende minimizar este hecho ya que, a la hora de desarrollar los tejidos inteligentes, se va a emplear tecnología de bordado: herramienta eficaz para integración de sensores, actuadores, interconexión y transporte de energía en todo tipo de tejidos, así como, para el desarrollo de nuevas estructuras técnicas textiles de alto valor añadido.

Actualmente existen múltiples sistemas electrónicos wearables que proporcionan al usuario nuevas funcionalidades útiles para su vida diaria. Sin embargo, la integración de este tipo de sensores en textiles, aplicables, tanto a la propia indumentaria de los usuarios, como a otros elementos del entorno, se encuentra en un nivel de desarrollo mucho más bajo.

La miniaturización de componentes electrónicos y la comunicación inalámbrica permite diseñar sensores pequeños y fáciles de ocultar en artículos textiles, pero en relación con la integración en los propios tejidos sólo se ha llegado a trabajos de pruebas de concepto.

OBJETIVOS

Un entorno inteligente o vivienda domótica es aquél capaz de adquirir y aplicar conocimientos acerca de sus habitantes y de lo que les rodea con el fin de adaptarse a ellos. Esta definición presupone no sólo la capacidad de recoger información acerca del propio entorno y sus habitantes y de actuar sobre las condiciones del mismo, sino también la capacidad del entorno para inferir estrategias de operación adecuadas a partir de la observación y del conocimiento de las preferencias de sus usuarios.

La investigación en domótica se centra en mejorar la calidad de vida de los usuarios con el uso integrado de diversas tecnologías para proporcionar nuevos servicios y mejorar los que ya se utilizan.

No se trata de llenar nuestra casa de nuevos dispositivos, sino más bien de que los que ya utilizamos sean más listos y sencillos de utilizar; que usen esa inteligencia y capacidad de comunicación para desempeñar las tareas diarias más fáciles y se adapten a nuestras necesidades. La domótica debe ser amigable, fácil de usar, instalar y mantener, ubicua pero discreta y respetuosa con nuestra privacidad.

El proyecto tiene como principal objetivo llevar a cabo una investigación con el fin de desarrollar textiles inteligentes de alto valor añadido mediante la tecnología de bordado para aplicaciones domóticas destinadas a ser empleadas en los siguientes subsectores textiles: textil-hogar, tapicería, decoración y contract.

Para ello, se han planteado tres líneas de investigación bien diferenciadas pero complementarias a la hora de desarrollar textiles inteligentes:

- Desarrollo de sistemas textiles de transmisión de energía inalámbrica mediante el bordado de hilos conductores.
- Desarrollo de sensores táctiles multicapa para ser integrados sobre textiles mediante tecnología de bordado convencional.
- Desarrollo de lentejuelas con sensores ambientales incorporados con el fin de automatizar totalmente el desarrollo de textiles inteligentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto E-BRODER 2 se centra en la investigación y desarrollo de textiles inteligentes empleando como proceso de producción la tecnología de bordado para aplicaciones domóticas.

Mediante la ejecución del proyecto E-BRODER 2 se está desarrollando un sistema domótico, basado en sensores y actuadores textiles, capaz de analizar las condiciones del entorno de la vivienda y actuar en consecuencia con el fin de incrementar la calidad de vida de sus usuarios.

Entre los resultados obtenidos destacan los siguientes demostradores, que a su vez componen el sistema domótico (Fig. 1):

- Soluciones textiles con capacidad para adquirir parámetros ambientales del habitáculo en el que se encuentran.

- Soluciones textiles que permiten la comunicación entre un usuario y un dispositivo electrónico mediante el sentido del tacto a través de una superficie textil conductora.
- Soluciones textiles que incorporan elementos de inducción bordadas con hilos conductores para dotar de energía a los artículos domóticos textiles o para cargar un móvil.
- Hardware y software del sistema domótico para la gestión, monitorización de información y control de electrodomésticos.

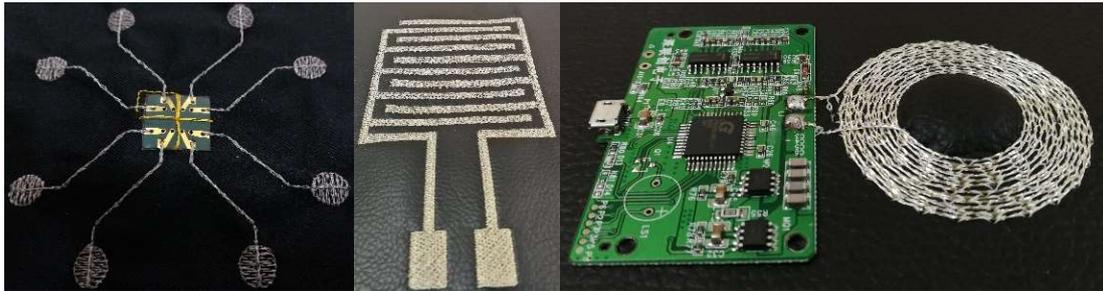


Figura 1. Diferentes soluciones textiles para aplicaciones domóticas

Asimismo, se ha dotado a los prototipos textiles obtenidos en el presente proyecto, mediante un proceso con alta componente de automatización, de un alto valor añadido que permitirá a las empresas enmarcadas dentro de los sectores de la textil-hogar, decoración, tapicería y contract incrementar su cartera de productos, y ser, en consecuencia, más competitivas.

CONCLUSIONES

Los textiles inteligentes ofrecen un amplio rango de aplicaciones destinadas a mejorar el confort, la salud, la seguridad, la eficiencia energética y, en definitiva, las condiciones de vida de los usuarios.

Se espera que en un futuro próximo el número de usuarios potenciales aumente sensiblemente a medida que nuevas técnicas se apliquen en los textiles. Por tanto, los productos desarrollados en el proyecto E-BRODER supondrán un notable impulso en el campo de la domótica y la interconexión de los elementos del hogar.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto E-BRODER 2 cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020 (Fig. 2).



Figura 2. Entidades financiadoras de este proyecto

Eco-acabados. Investigación y estudio de aplicación de acabados sostenibles.

Personalización de tejidos y prendas mediante el uso de marcado láser y calandra

M. Blanes, L. Cappelli, O. Calvo, J. Llopis
G.I. Acabados Técnicos, Salud y Medio Ambiente
 Instituto Tecnológico Textil (AITEX)
e-mail: jllopis@aitex.es

RESUMEN

Se ha realizado el marcado láser para el acabado y personalización de complementos y tejidos además de explotar las posibilidades que ofrece la calandra dentro de la laminación de tejidos para dotar a éstos de diferentes efectos, mediante la transferencia de efectos por calor, evitando así el uso de adhesivos en formato líquido y los residuos que dicho proceso genera.

INTRODUCCIÓN

El sector de acabados textiles en España está en línea con las tendencias del mercado global y las preferencias de los consumidores a nivel global ya que la industria textil está muy internacionalizada. Considerando como punto fundamental la conciencia ambiental que está cambiando y cada vez más está moviendo hacia la protección del medioambiente y de los animales. A nivel global, un 65-70% de consumidores menores de 35 buscan prácticas éticas por parte de las empresas cuando compran ropa. Los usuarios cada vez más demandan un consumo responsable y prendas respetuosas con el medio ambiente. Es por ello que las empresas apuestan por procesos sostenibles, tratando de desarrollar tejidos y artículos finales libres de químicos, que utilicen materia renovable, que no contaminen el agua, ni el aire, que protejan el suelo, reduzcan residuos, ahorren energía y reduzcan el transporte previniendo así el calentamiento global. Las tendencias de consumo denotan una demanda de productos sostenibles y ecológicos, donde los consumidores demandan este tipo de ropa cada vez más y con sus preferencias cambiantes, obligan a las empresas a reaccionar mediante una producción cambiante también. Además de una fabricación bajo demanda, productos personalizados a medida en vez de producción a gran escala. El alto grado de flexibilidad obtenida gracias a la tendencia de Industria 4.0 permite a las empresas ofrecer su ropa bajo demanda. El marcado con láser se está mostrando como una de las técnicas más emergentes y de mayor crecimiento para el ennoblecimiento textil y la personalización de producto (Fig. 1). Cada vez son más habituales prendas de origen diverso (tejidos de calada, de punto, fabricados con fibras naturales, con sintéticas...) decorados con marcados láser o microperforaciones. La precisión y la flexibilidad que caracterizan esta herramienta permiten acabar de la mejor manera el material, que luego estará listo para los tratamientos siguientes. En el sector denim el láser ha evitado la utilización de técnicas perjudiciales para la salud de los operarios y la contaminación del medio ambiente (sand blasting, lijado manual, spray PP). Además, se reproducen los desgastes y efectos vintage más elaborados disminuyendo tiempos de producción y aumentando precisión. El láser es una tecnología que hace cortes, marcado (Fig. 1) y

grabado de una manera muy rápida y repetible, con un consiguiente ahorro de tiempo y recursos.



Figura 1. Ejemplos de tejidos y materiales tipo piel procesados con láser. Izquierda: efecto de marcado y corte sobre tejido. Derecha: efecto de marcado y corte sobre piel.

Con la calandra se ha trabajado en la laminación e integración de foils decorativos variando presiones, temperaturas y velocidades de paso del tejido. Teniendo en cuenta que en el proceso de calandrado el film o lámina debe de incluir el adhesivo a diferencia que en el caso del Hot Melt en el que el adhesivo se añade al equipo en formato líquido.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Se han desarrollado múltiples pruebas y procesos de marcado láser tanto sobre tejidos como sobre prenda ya confeccionada, además también sobre materiales no textiles pero que se encuentran de manera habitual en productos finales del sector hábitat. Así, pieles, polipieles, tejidos flocados, tejidos de tapicería tipo chenilla y otros materiales textiles y afines fueron procesados por los investigadores de AITEX mediante el equipamiento láser disponible, cambiando diversos parámetros de tratamiento e incluso las lentes del equipo para estudiar cambios en los trazos y definición de dibujos. Además de los marcados y pruebas de lavado/acabado (anterior/posterior) también se realizaron diseños propios puesto que el equipo y la tecnología lo permite.

Ajustando los parámetros de marcado (Fig. 2), se desarrollaron inicialmente diseños y formas geométricas a la carta con software de diseño gráfico disponible y con el software del equipo, teniendo siempre en cuenta las posibles variaciones en el efecto a conseguir, arranque de color, arranque de material/abrasión superficial, fusión de la fibra (caso de las sintéticas) etc. que pueda sufrir el material en función de la distancia de la fuente, el tiempo de píxel y la potencia incidente. Definiendo una gama de productos textiles representativos dentro del sector de hogar y ocio/deporte para realizar los prototipos finales:

Tabla 1. Textiles utilizados para realización de prototipos finales.

| | |
|--|--|
| L1- Tejido tapicería de algodón 100% (crudo o ya tintado). | L6- Tejido flocado de poliamida (ya tintado). |
| L2- Tejido tapicería de viscosa o tipo Tencel (ya tintado). | L7- Tejido/prenda de punto de algodón de uso deportivo (blanco o ya tintado). |
| L3- Tejido mantelería algodón 100% (crudo o blanqueado). | L8- Tejido/prenda de calada o punto de poliéster, uso deportivo (blanco o ya tintado). |
| L4-Tejido sábana algodón 100% (blanqueado). | L9- Substratos tipo piel natural o sintética, incluyendo artículos ya confeccionados. |
| L5 -Tejido de cortinería de poliéster (convencional o retardante de llama, y ya tintados). | L10- Substratos textiles empleados en calzado deportivo o de ocio (tejido exterior, forros interiores; ya coloreados). |



Figura 2. Secuencia de marcado desarrollada para observar el efecto de la potencia de tratamiento e intensidad en los colores obtenidos.

Gracias al uso de la calandra se ha podido aplicar film barrera / black-out / light-diffusion, acoplado con film y web, plastificación, transferencia de efectos e impresión transfer de PVC así como laminar tejidos. Transferencia de efectos e impresión transfer de PVC (Fig. 3) contando con un ancho de 200 cm. Todo ello con un reducido consumo eléctrico.



Figura 3. Ejemplo de transferencias de efectos conseguidos mediante calandra sobre tejido de poliéster y piel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se caracterizaron las diferentes muestras obtenidas, principalmente textiles, a fin de validar los efectos conseguidos con el láser y también para comprobar que el marcado no perjudicaba diferentes propiedades concretas de cada material.

- En resistencia a tracción (ISO 13934), se observó que ésta no parece descender de manera brusca cuando se realiza un marcado láser sobre el material, lógicamente en condiciones adecuadas y sin realizar un sobretratamiento de la muestra (hecho que se observa fácilmente en el material, habiendo degradación, carbonización o plastificación de la superficie).
- La resistencia a la abrasión (ISO 12947) y al pilling (ISO 12945). Respecto del primero, se pudo comprobar que la resistencia a la abrasión de un material textil marcado con láser no disminuye de manera significativa por acción de este tipo de acabado. Respecto del pilling, también se determinó que el marcado láser sobre tejidos género de calada o género de punto, no modifica sustancialmente la resistencia al pilling de los tejidos base.
- Los ensayos de coordenadas cromáticas se realizaron para evaluar cambios significativos en zonas marcadas con láser, y tras aplicar un lavado que elimine la isatina o colorante sublimado, así como ceniza del tejido. Cuanto más amplia es la diferencia de color entre el tono inicial (sin marcar) y el tono finalmente obtenido tras el marcado láser y posterior lavado, mejor, ya que de esta manera se percibirán mucho más claramente las figuras marcadas y los diseños deseados. Se observaron variaciones en la intensidad de color entre el 10 y el 35% según casos, y se vio que más de un 25% de diferencia ya genera marcados apreciables tras el lavado necesario posterior.
- En solidez de color frente diferentes agentes (ISO 105, diferentes partes), la

solidez al frote tras lavado no bajó de 4, bien en seco o en mojado (ello indica que, habiendo realizado un lavado posterior al marcado para eliminar la carbonilla y restos de colorante sublimado, el marcado láser puede realizarse sin perjudicar a la calidad del tejido en términos de solidez de color frente al frote). La resistencia de color frente a lavados (ya hecho el marcado+lavado posterior) estuvo en valores máximos, y la solidez de color a la luz de tejidos marcados con láser, determinó que la caída de color por acción de la luz es nula. Esto significa que el láser, pese a que arranca y sublima color de tejidos tintados no induce o acelera la decoloración por agentes externos.

- Por último, no se detectó carácter citotóxico (ISO 10993-5) en muestras marcadas con láser, eso sí, una vez lavadas.

CONCLUSIONES

- Pruebas sobre tejido denim natural son una buena manera de adquirir experiencia con el láser, y sirven de base para establecer parámetros de marcado en vistas a otros tipos de tejidos también de composición natural y tintados con colorantes directos, reactivos, índigo, etc.
- La escala de colores es una buena herramienta para conocer efectos del láser sobre un material determinado; de esta manera y junto con una aplicación de lavado posterior se puede conocer si se observarán correctamente los trazos marcados así como si se producirá rotura del material tras el lavado.
- Los tejidos flocados, sintéticos, para indumentaria, para tapicería, etc. pueden ajustarse en cuanto a procesabilidad con láser a partir de procedimientos con el formato .bmp o vectorial.
- El efecto de marcado en tejido de viscosa genera interesantes efectos de brillo y buena definición de trazos según la tipología de material.
- En pieles debe controlarse y adecuarse la potencia de marcado y el método de marcado, siendo el vectorial el preferido (no se produce marcado ni sublimación de color, sino que se carboniza el material y no se elimina color sino que se degrada el propio material de forma controlada si se ajusta)

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ECO-ACABADOS. Investigación y estudio de aplicación de acabados sostenibles., cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

REFERENCIAS:

Tharpe, R. B., Costin, J. R., & Darryl, J. (2016). System and method of generating a pattern or image on fabric with linear laser irradiation, fabric made by said method, and products made with said fabric. W. O., 033367.

Merih O., (2012). Method of making pattern with laser having high efficiency for textile products. W. O., 137836.

Tharpe, R. B., Darryl, Jr., Costin, J. (2015). System and method of generating a pattern or image on fabric with linear laser irradiation, fabric made by said method, and products made with said fabric. W.O., 033367.

Investigación y desarrollo de sensores y circuitos electrónicos sobre sustratos flexibles mediante tecnologías de fabricación aditiva

J. Ferri Pascual⁽¹⁾, A. M. Rodes Carbonell⁽¹⁾, E. Mira Abad⁽¹⁾, J. Moreno Cantón⁽¹⁾,
J. M. García Gonzalo⁽¹⁾, E. García-Breijo⁽²⁾, R. Llinares⁽³⁾

(1) Instituto Tecnológico Textil (AITEX),
Grupo de Investigación de Textiles Inteligentes y Soluciones TIC
Plaza Emilio Sala nº1, Alcoy 03801.
e-mail: josue.ferri@aitex.es

(2) Instituto Interuniversitario de Investigación de Reconocimiento Molecular y Desarrollo Tecnológico (IDM), Universitat Politècnica de València, Valencia 46022.

(3) Departamento de Comunicaciones, Universitat Politècnica de València, Alcoy 03801.

RESUMEN

El objetivo establecido del proyecto es la investigación y desarrollo de tejidos sensorizados mediante el empleo de técnicas de impresión electrónica con materiales flexibles. Para su ejecución, se han abordado impresiones de aplicaciones multicapa para obtener diferentes sensores empleando tintas con materiales conductores, dieléctricos y resistivos. Con el fin de salvar las problemáticas que ofrecen los tejidos en cuanto a flexibilidad y estiramiento se han empleado tintas de reciente aparición basadas en polímeros conductores que mejoran la elasticidad de éstas una vez aplicadas. También se abordan retos como la encapsulación de los circuitos impresos para mejorar su durabilidad y nivel de protección.

INTRODUCCIÓN

La electrónica que imita el mundo natural al doblarse, estirarse y flexionarse, está cobrando cada vez más sentido a medida que la tecnología se integra en nuestras vidas, en nuestros entornos e, incluso, en nuestros cuerpos. La impresión de electrónica sobre sustratos flexibles ha suscitado especial interés en la comunidad científica durante los últimos años gracias a su gran potencial en cuanto a posibles aplicaciones se refiere; desde pantallas flexibles hasta dispositivos que se adapten a la piel. El modo de aplicación de esta tecnología es similar al utilizado en otros ámbitos como pueda ser en la serigrafía, huecograbado o inyección de tinta, pero mediante la utilización de tintas electrónicas. Su uso en textiles, a pesar de la oportunidad que supone teniendo en cuenta el auge que los textiles inteligentes están experimentando, es todavía incipiente. La decisión sobre el tipo de sustrato a utilizar como base de la impresión es crítica en el diseño, así como de la tecnología de impresión electrónica a emplear. Asimismo, la tipología de tintas, su deposición y el diseño del circuito, con la complejidad añadida de las propiedades como flexibilidad y elasticidad, suponen un desafío para su empleo. En este sentido, en el proyecto FLEXITEX II se pretende seguir obteniendo conocimiento para la aplicación de tintas electrónicas con materiales orgánicos sobre sustratos flexibles y estirables, logrando el desarrollo de varios sensores integrados en textil.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Durante el proyecto, se han desarrollado diferentes prototipos utilizando diferentes tecnologías que pueden utilizarse en tejidos inteligentes. Todos ellos están relacionados con el diseño y desarrollo de tejidos con propiedades inteligentes. Sobre estos prototipos se ha investigado las limitaciones y el alcance de las tecnologías para descubrir el potencial de estas aplicaciones. Los prototipos desarrollados cumplen con los requisitos mínimos de funcionalidades y resistencia al uso. Además, se han seleccionado los materiales apropiados para ser utilizados, así como las condiciones óptimas de aplicación y fabricación. Cabe señalar que los conocimientos adquiridos durante el proyecto, especialmente los derivados de la experimentación en la aplicación de tintas electrónicas en tejidos serán muy útiles para futuros desarrollos. Esto se debe a que se pueden utilizar en nuevas aplicaciones más complejas o para otros entornos basados en el conocimiento previo adquirido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente, se han realizado diferentes pruebas de caracterización de tintas sobre diferentes sustratos textiles y elásticos, evaluando diferentes parámetros de impresión como velocidad y presión, así como parámetros de curado como la temperatura y el tiempo. Además, las impresiones se han realizado considerando la orientación de los tejidos por trama, urdimbre y a 45°. Fruto de estas pruebas se ha podido constatar los parámetros críticos a considerar en este tipo de impresiones debido a su influencia directa en la conductividad de la deposición. En el caso de tejidos con mayor grosor ha sido necesario compensar la rugosidad con mayor cantidad de tinta de forma que la impresión pudiera ser continua. Tal como se muestra en la Fig. 1 se puede observar cómo en el segundo tejido la rugosidad de la impresión es superior debido al tipo de sustrato.

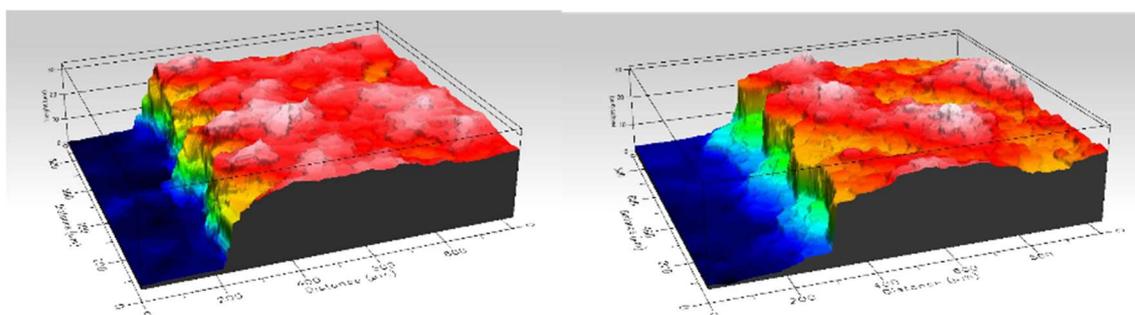


Figura 1. Caracterización de la rugosidad de impresión y grosor de capa.

En cuanto a los tipos de tejidos, han sido empleados tejidos, tanto de procedencia natural, como sintética, teniendo mejor comportamiento aquéllos de naturaleza sintética, debido a que ofrecen superficies más homogéneas. Para el caso de los tejidos con peor comportamiento se han evaluado opciones de pretratamientos previos con el fin de suavizar la rugosidad de la superficie. Para ellos se han empleado tintas dieléctricas con el fin de que no afecten al comportamiento del circuito. Estos tratamientos han dado resultados positivos en alguno de los sustratos, no siendo adecuado en aquellos tejidos con una rugosidad extrema. También se han evaluado opciones de impresión sobre

sustratos plásticos que posteriormente puedan ser termoadheridos al tejido con el fin de buscar mayor protección y posibilidades de aplicación a posteriori del proceso industrial de fabricación de producto. En el caso de los sustratos elásticos, se ha evaluado el comportamiento de las tintas en términos de su adhesión y conductividad. Los porcentajes de estiramiento también se han determinado evaluando las variaciones en la conductividad producidas por dicho estiramiento. Los resultados se pueden observar en la Fig. 2.

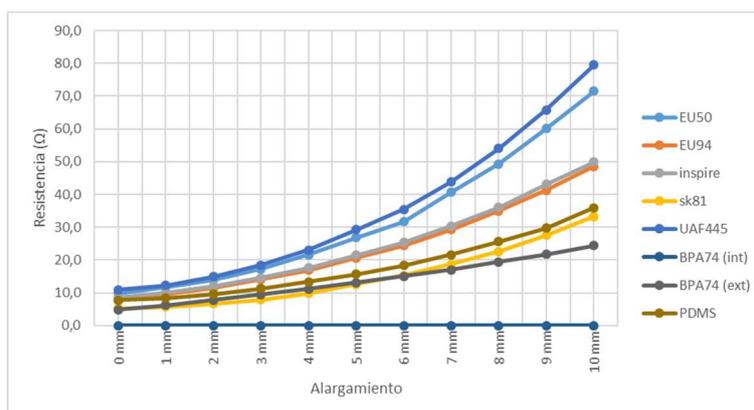


Figura 2. Evolución de la resistencia tras estiramiento sobre diferentes sustratos.

Se han realizado desarrollos multicapa combinando varias tintas conductoras y resistivas con aplicaciones de superficies calefactables. En este sentido, se han realizado diferentes diseños con matrices de varias dimensiones estudiando su comportamiento en términos de homogeneidad superficial. En la Fig. 3 se presenta la distribución de temperatura en la superficie del calefactable impreso.

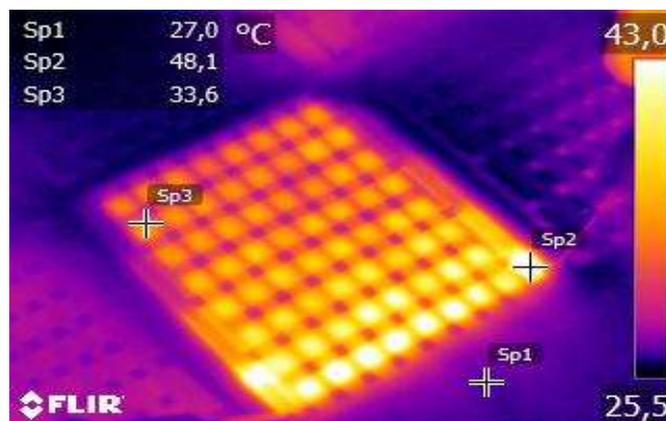


Figura 3. Detalle de la distribución de temperatura sobre tejido calefactable impreso.

CONCLUSIONES

Los desarrollos realizados hasta el momento han permitido obtener los parámetros base para la aplicación de las tintas electrónicas sobre sustrato textiles de forma óptima para los diferentes sustratos empleados. En el caso de los sustratos textiles con mayor rugosidad se han obtenidos varias alternativas a la impresión directa de las tintas con el

fin de mejorar su comportamiento. Parámetros como el grosor del tejido, así como su rugosidad deben ser debidamente estudiados puesto que ofrecen diferentes resultados dependiendo del modo en el que se realice la impresión.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto FLEXITEX II - Investigación y desarrollo de sensores y circuitos electrónicos sobre sustratos flexibles mediante tecnologías de fabricación aditiva, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.

REFERENCIAS

Yokus, M. A., Foote, R., & Jur, J. S. (2016). Printed Stretchable Interconnects for Smart Garments: Design, Fabrication, and Characterization. *IEEE Sensors Journal*, 16(22), 7967–7976. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2016.2605071>

Kim, Y., Member, S., Kim, H., Member, S., & Yoo, H. (2010). Electrical Characterization of Screen-Printed Circuits on the Fabric, 33(1), 196–205.

Meoli, D., & May-plumlee, T. (2002). Interactive electronic textile development: A Review of technologies. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 2(2), 1–12.

Verboven, I., Stryckers, J., Mecnika, V., Vandevenne, G., Jose, M., & Deferme, W. (2018). Printing Smart Designs of Light Emitting Devices with Maintained Textile Properties. *Materials*, 11(2), 290. <https://doi.org/10.3390/ma11020290>

Jin, H., Matsuhisa, N., Lee, S., Abbas, M., Yokota, T., & Someya, T. (2017). Enhancing the Performance of Stretchable Conductors for E-Textiles by Controlled Ink Permeation. *Advanced Materials*, 29(21). <https://doi.org/10.1002/adma.201605848>

Ferri, J., Lidón-Roger, J., Moreno, J., Martinez, G., & Garcia-Breijo, E. (2017). A Wearable Textile 2D Touchpad Sensor Based on Screen-Printing Technology. *Materials*, 10(12), 1450. <https://doi.org/10.3390/ma10121450>

Jeong, H., & Lim, S. (2016). A Stretchable Radio-Frequency Strain Sensor Using Screen Printing Technology. *Sensors*, 16(11), 1839. <https://doi.org/10.3390/s16111839>

Karim, N., Afroj, S., Malandraki, A., Butterworth, S., Beach, C., Rigout, M., Novoselov, K. S., Casson, A. J., & Yeates, S. G. (2017). All inkjet-printed graphene-based conductive patterns for wearable e-textile applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 5(44), 11640–11648. <https://doi.org/10.1039/c7tc03669h>

Shon, P. K., Shin, J. H., Kim, G. C., & Lee, S. N. (2012). Enhanced luminescence related to transparent conductive oxide in ZnS-based EL device fabricated by screen printing method. *Journal of Luminescence*, 132(7), 1764–1767. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2012.01.012>

GREENFILS: Desarrollo de hilos 100% biodegradables funcionalizados mediante extrusión reactiva. Estudio comparativo inicial de propiedades mecánicas.

N. García-Bosch⁽¹⁾, A. Gaona⁽¹⁾, E. Torres⁽¹⁾

*(1) AITEX - Instituto Tecnológico Textil,
Pl. Emilio Sala n1, Alcoy (Alicante)
e-mail: ngarcia@aitex.es*

RESUMEN

El estudio de polímeros derivados de fuentes renovables y con propiedades de biodegradabilidad cobra importancia, ya que los polímeros derivados del petróleo generan altos niveles de contaminación. Para poder sustituir estos materiales derivados de fuentes no renovables, se requiere un estudio exhaustivo de la procesabilidad del biopolímero, optimizando su procesado y las propiedades del material final. Este estudio presenta la optimización de la extrusión de cinta plana de PLA y PHB y el análisis de las propiedades mecánicas finales, dependiendo de las condiciones del procesado.

INTRODUCCIÓN

La problemática generada por los polímeros de origen fósil presenta dos vertientes: por un lado, la dependencia de una fuente fósil y por otro, la baja compostabilidad y biodegradabilidad de sus derivados. La síntesis de los polímeros derivados del petróleo genera emisión de gases y partículas contaminantes a la atmósfera. Además, su baja degradabilidad provoca altos niveles de contaminación por acumulación. Actualmente 8.300 millones de toneladas de plásticos se acumulan en la Tierra generando elevados niveles de contaminación (Paula, 2018). Así pues, es necesario sustituir estos materiales derivados del petróleo por otros, cuya fuente primaria sea renovable, la biomasa. Estos biomateriales en general son compostables y/o biodegradables. Por tanto, la sustitución del petróleo por la biomasa en el campo de los polímeros capta actualmente gran parte de este campo científico (Van de Velde, 2002), (Anjum, 2016).

El polihidroxitirato (PHB) es un biopolímero de la familia de los polihidroxicanoatos (PHAs), que presenta la propiedad de ser biodegradable 100%, descomponiéndose completamente en CO₂ y agua (Getachew, 2016). En la presente investigación se estudia la variación de las propiedades mecánicas y cristalinidad dependiendo de los parámetros de procesado aplicados en la producción de cinta plana de PLA y PHB. Con ello se podrá comparar la procesabilidad del PHB con la del PLA comercial. Se requieren propiedades similares al PLA, para poder llevar a escala industrial (sector textil) el PHB.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Optimización del proceso de extrusión de cinta plana de PHB y PLA.

La extrusora monofilamento se compone de diversas partes: extrusora, bomba de caudal, cabezal de hilatura, baño de enfriamiento, hornos, godets y bobinadora. Las variables a tener en cuenta para optimizar este proceso son, por lo tanto, el perfil de

temperaturas del husillo, la temperatura del cabezal, la velocidad de la bomba, el ratio de estiraje (DR), la temperatura del baño de enfriamiento y la temperatura y configuración de los hornos. Por tanto, para la extrusión monofilamento de cinta plana se optimizaron las condiciones de trabajo necesarias para cada uno de los biopolímeros estudiados teniendo en cuenta las propiedades de cada uno de ellos. Además, fueron evaluadas más detalladamente dos de las variables del procesado, el ratio de estiraje (DR) y la temperatura del baño de enfriamiento, con el fin de determinar su influencia sobre las propiedades mecánicas obtenidas en el producto final.

Caracterización de las propiedades del polímero y de la cinta plana de PHB y PLA. Estudios reológicos

Inicialmente se estudió el comportamiento viscoso, a una temperatura y velocidad de cizalla, de los polímeros vírgenes como blanco utilizando el reómetro CEAST SmartRHEO SR20. La reología del PLA se realizó a 215 °C y con un pretratamiento de 5min sin aplicación de fuerza, mientras que para el PHB se emplearon 170 °C y un pretratamiento de 5 min aplicando una fuerza inicial de 300 N, estabilizándose posteriormente a 50 N. En ambos experimentos se usó la misma rampa ascendiente de velocidades de cizalla (0,5 hasta 5,5 mm/s).

Estudios de degradación térmica

Mediante esta misma técnica de caracterización, se realizaron también estudios de degradación térmica del polímero a una temperatura determinada. Este estudio fue llevado a cabo en el mismo equipo presentado anteriormente, pero en este caso el procedimiento es diferente, ya que el estudio de degradación consiste en aplicar una velocidad de cizalla constante (0,5) durante diferentes intervalos de tiempo, así se evalúan los cambios en la viscosidad del material a temperatura y velocidad de cizalla constante durante un tiempo (30 min). En ambos casos se emplearon las mismas condiciones de trabajo que en el estudio reológico.

Caracterización mecánica

Con el objetivo de evaluar la influencia de la temperatura del baño y el ratio de estiraje aplicado durante el procesado de cinta plana, se llevaron a cabo los análisis dinámométricos en un equipo INSTRON 3343. Estos estudios de caracterización se realizaron con las condiciones fijadas por la norma española UNE-EN 13895:2003. Así pues, se compararon las curvas tensión/deformación, elongaciones hasta la rotura y módulo de Young de las cintas de PHB y PLA obtenidas bajo distintas condiciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de extrusión de cinta plana para el PLA y el PHB fue optimizado a partir de la realización de diversos experimentos donde se fueron modificando, una a una, cada variable hasta encontrar el valor más adecuado. En la Tabla 1 se presentan los valores óptimos para la producción de cinta plana de PHB y PLA.

En el caso específico del PHB se observaron dos diferencias, en primer lugar, las temperaturas empleadas tanto en el cabezal como en el husillo debido a su menor estabilidad térmica frente al PLA. En segundo lugar, las diferencias observadas se relacionan con los caudales y velocidades de los godets (valores sombreados). Debido

a las roturas de PHB provocadas por las altas velocidades de los godets, estas se disminuyeron con respecto a las usadas en el PLA. Con el fin de poder trabajar bajo condiciones más similares al PLA, fue introducida una barra adicional en el baño de enfriamiento, con ello se disminuyó la fricción sufrida por el polímero en su recorrido hasta el primer godet. Esta variación permitió subir de nuevo las velocidades de los godets igualando así los valores empleados para la extrusión del PLA (Tabla 1, valores*) manteniendo el ratio de estiraje. En la Figura 1 se muestra de forma comparativa las curvas tensión-deformación obtenidas a diferentes velocidades de godets a un ratio de estiraje 4, observándose una mayor tenacidad de la cinta a altas velocidades de godets.

Tabla 1: Condiciones optimizadas para la extrusión de cinta plana de PHB.

| VARIABLE | PHB | PLA |
|---|-----------------|-----------------|
| $T_{\text{husillo}} (^{\circ}\text{C})$ | 170/165/165/165 | 200/205/205/210 |
| $T_{\text{cabezal}} (^{\circ}\text{C})$ | 165 | 215 |
| $V_{\text{bomba}} (\text{rpm})$ | 12 | 16 |
| $V_{\text{godet1}} (\text{m/min})$ | 7 (12*) | 12 |
| $V_{\text{godet4}} (\text{m/min})$ | 28 (48*) | 48 |
| DR | 4 | 4 |
| $T_{\text{baño}} (^{\circ}\text{C})$ | 25 | 25 |

Por tanto, finalmente se fijan las mismas velocidades (Tabla 1, valores*) de los godets empleadas en la extrusión de cinta plana del PLA.

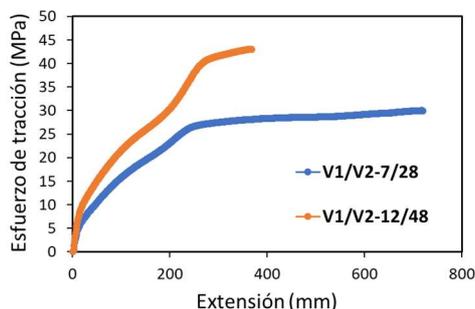


Figura 1: Curvas tensión-deformación obtenidas en las cintas planas de PHB procesadas con diferentes velocidades en los godets ($V_{\text{godet1}}/V_{\text{godet4}} = 7/28$ (azul) y $12/48$ (naranja)).

A partir de la optimización de PLA y PHB, el DR y la temperatura del baño de enfriamiento fueron examinadas más detalladamente, con el fin de evaluar cómo afectan estas variables a las propiedades mecánicas finales. Se estudiaron cuatro temperaturas para el baño: 25, 30, 35, 40 y 45 °C; y cuatro ratios de estiraje, evaluando ratios comprendidos entre 1 y 4. La Figura 2 muestra, como el módulo de Young de las cintas de PLA únicamente dependen del ratio de estiraje aplicado en el proceso de extrusión.

Sin embargo, la temperatura del baño de enfriamiento no parece afectar al módulo de Young, ya que no se observa una tendencia definida cuando se aplican variaciones en la temperatura del baño. En el caso del PHB, se encuentran ciertas diferencias ya que este presenta una T_g más baja (<25 °C) con respecto al PLA. Por tanto, es evidente pensar que en este caso la temperatura del baño sí que afectará a las propiedades mecánicas obtenidas en las cintas planas de PHB. Por otro lado, también el ratio de estiraje afectó a las propiedades del producto final.

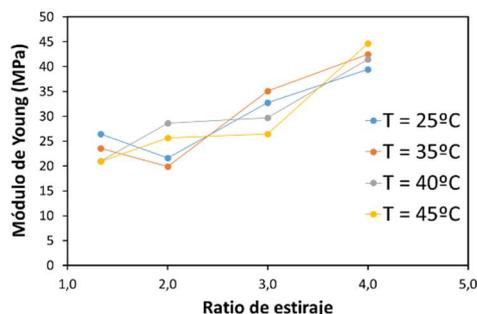


Figura 2: Módulos de Young obtenidos a diferentes DR y temperaturas del baño de enfriamiento en las cintas planas obtenidas a partir del PLA.

CONCLUSIONES

En general la extrusión monofilamento del PHB presenta mayor número de dificultades debido a las propiedades químicas de este biopolímero (cristalinidad, estabilidad térmica, cristalinización secundaria, etc). En cuanto al estudio de las propiedades finales, se concluye que para el PLA únicamente afecta el ratio de estiraje, mientras que en el caso del PHB, tanto la temperatura del baño como el ratio de estiraje empleado en el proceso de extrusión de cinta plana afectan de igual forma a las propiedades mecánicas del producto final.

Como perspectivas futuras del proyecto, se presenta el estudio del anclaje de bioaditivos mediante extrusión reactiva, con el objetivo de aumentar la temperatura de degradación del PHB y facilitar así su procesabilidad y por tanto su posterior hilatura multifilamento.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Green-Fils, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.

REFERENCIAS

- Anjum, A. Z. (2016). Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. *International Journal of Biological Macromolecules*, 89, 161–174.
- Getachew, A. W. (2016). Production of biodegradable plastic by polyhydroxybutyrate (PHB) accumulating bacteria using low cost agricultural waste material. *Getachew and Woldesenbet BMC Res Notes*, 9, 509.
- Paula, P. (2018). *Nautical News Today*. Obtenido de La contaminación del mar. Basuras marinas y plásticos en el océano. <https://www.nauticalnewstoday.com/contaminacion-del-mar/>
- Van de Velde, K. K. (2002). Biopolymers: overview of several properties and consequences on their applications. *Polymer Testing*, 433–442.

Integración de células fotovoltaicas flexibles en textiles

A. Rodes⁽¹⁾, J. Moreno⁽¹⁾, G. Martínez⁽¹⁾, J. Gisbert-Payá⁽²⁾

(1) Instituto Tecnológico Textil (AITEX),

(2) Universidad Politécnica de Valencia (UPV)

e-mail: arodes@aitex.es

RESUMEN

Ante la previsión de la superpoblación ocasionada por el aumento de los núcleos urbanos, las ciudades deben transformarse en Smart Cities que, mediante la tecnología, creen servicios públicos más eficientes y protejan el medio ambiente mejorando así, la calidad de vida de sus ciudadanos. En el proyecto se investiga en métodos de integración de diferentes tipos células fotovoltaicas flexibles (a-Si, CISG y OPV) en tejidos para el desarrollo de infraestructuras textiles complejas, ligeras, versátiles, económicas, portables y flexibles capaces de generar energía renovable.

INTRODUCCIÓN

El proceso de transformación de luz en electricidad, llamado “efecto fotovoltaico” se produce gracias a las propiedades de los materiales semiconductores. Sin embargo, el elevado coste de producción, la rigidez y el área necesaria para la instalación de paneles solares de silicio cristalino tradicionales hacen imposible su uso en muchas aplicaciones cotidianas en las que se requiere energía (Meel et al., 2018). Este es uno de los principales motivos por el que se está potenciando la investigación en células solares de película fina, reduciendo costes, permitiendo una fabricación más sencilla y consiguiendo productos flexibles y semitransparentes.

Las células solares de película fina (*Thin-film solar cell* en inglés), están formadas por capas electrónicas cientos de veces más delgadas que los paneles fotovoltaicos tradicionales. Hay formas distintas de fabricar este tipo de células solares y con materiales diferentes. Las cuatro formas más comunes son: paneles de silicio amorfo (a-Si) (Pagliaro et al., 2008), Telururo de cadmio (CdTe), Cobre-Indio-Galio-Selenio (CISG) y paneles solares orgánicos (OPV) (Hara et al., 2005).

Actualmente, se ha conseguido integrar este tipo de células fotovoltaicas en cristal, cerámica, fachadas y tejados, pero en las ciudades, existen multitud de aplicaciones en las que encontramos tejidos expuestos al sol como toldos, carpas, pagodas, parasoles, pérgolas o cubiertas. Además, en el ámbito de la arquitectura y la construcción se está prestando cada vez más atención al uso de tejidos al ser sustratos más ligeros y flexibles, que se adaptan a estructuras con geometrías complejas. Partiendo de esta necesidad, se está trabajando en el desarrollo de tejidos fotovoltaicos que permitan captar la energía solar para el encendido del alumbrado urbano. La investigación se ha centrado en la integración de células fotovoltaicas flexibles en textil, que puedan ser enrollables y resistentes a los efectos meteorológicos.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Se ha realizado un estudio de los métodos experimentales textiles susceptibles de ser utilizados para la integración de células solares en tejido.

Bordado especial

Mediante el proceso de bordado, se pueden unir diferentes elementos utilizando hebras textiles. El bordado especial permite, además, la inserción de cintas, cordones e hilos especiales (cintas, cordones, hilos conductores gruesos, cable, fibra de carbono, fibra de vidrio o aramidadas) (Tsolis et al., 2014). En el proyecto se utilizará la máquina SGZA del proveedor ZSK. El equipo (ver Figura 1) está formado por varias partes; en primer lugar, un pantógrafo, que es la parte sobre la que se fija el tejido y realiza los movimientos necesarios para llevar a cabo los bordados definidos. Otro de los elementos fundamentales es el cabezal especial, del que dependerá el tipo de hilos y materiales que se podrán utilizar. Además, es necesario un software asociado con el que incorporar los diseños al equipo.

Laminado y recubrimiento HotMelt

La laminación es la unión de un film polimérico en forma de lámina, previamente preparado, con uno o más sustratos textiles utilizando adhesivos, temperatura, velocidad y/o presión. Si una tela se une a otra superficie textil mediante un adhesivo, el término usado es doblado (bonding) (Rani et al., 2006). En el proyecto se utilizará la máquina Powerbond SPL Modular 1000mm width Laminating Line del proveedor Reliant. El equipo (ver Figura 1) es capaz de aplicar calor y presión de manera simultánea mediante dos bandas, una superior y otra inferior permitiendo, durante el proceso, el calentamiento y secado del adhesivo, sin provocar humo. La laminadora cuenta, además, con una zona de refrigeración al final de proceso que fija el laminado. A diferencia de los aprestos convencionales, con el laminado hot melt se cubren no sólo los hilos, sino también los inter-espacios entre ellos, de forma continua mediante polvo o láminas adhesivas. Este método se utiliza para polímeros termoplásticos tales como poliuretano, poliolefinas y PVC (Singha, 2012). El recubrimiento funde cuando se calienta dentro de la calandra y se extiende por el sustrato. A continuación, se enfría con un rodillo liso o de gofrado según los efectos buscados. La ventaja respecto a la aplicación de pastas es que no hay que evaporar ni agua, ni disolventes, proporcionando ventajas económicas y ecológicas.



Figura 1. Planta experimental de bordado especial y planta de laminado de AITEX

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los prototipos conseguidos mediante el proceso de bordado (Figura 2) se determina que las condiciones óptimas para la integración son el uso de hilo de PES con más de 3 pasadas para una correcta fijación. Además, se concluye que la integración por bordado especial es válida para paneles de silicio amorfo y para paneles orgánicos, ofreciendo prototipos admisibles visualmente. Sin embargo, no es posible su uso para la integración de paneles CISG por su grosor y dureza.

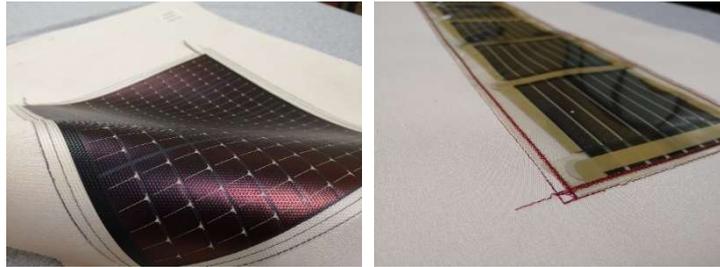


Figura 2. Prototipos obtenidos mediante integración por bordado de célula solar a-Si y OPV sobre lona acrílica

Por otro lado, mediante la técnica de laminado se han obtenido prototipos como los que se muestran en la Figura 3. Se valida que el método de integración por laminado (100°, 3m/s y 3 bar) es válido para paneles a-Si y CIGs. Sin embargo, al utilizar paneles orgánicos se debe reducir la temperatura para llegar a un equilibrio entre la fijación y el buen estado de la célula.

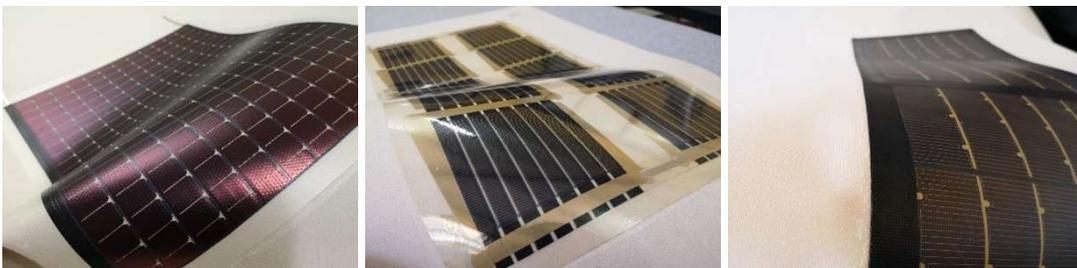


Figura 3. Prototipos obtenidos mediante integración por laminado de célula solar a-Si, OPV y CIGS sobre lona acrílica

Tras un análisis del rendimiento de producción de energía solar (según UNE-EN 60904-1:2007) se verifica que el proceso de integración por bordado, no daña los paneles, mientras que la temperatura empleada en el laminado afecta a las células de tipo orgánico.

En las próximas etapas de desarrollo, se caracterizarán los prototipos obtenidos para determinar cómo afectan las células a la flexibilidad del tejido a través del ensayo de laboratorio correspondiente (Norma UNE-EN ISO 5981:2008).

Finalmente, tras analizar los resultados obtenidos, se determinará el método óptimo de integración de células fotovoltaicas flexibles en textil.

CONCLUSIONES

La superpoblación en las ciudades es una realidad. Frente a las ventajas que esto presenta tales como el crecimiento económico y social y el progreso e innovación cultural, surgen problemáticas derivadas del aumento del consumo de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y la producción de residuos, afectando drásticamente la sostenibilidad de los núcleos urbanos. Ante esta previsión, es necesario transformar las ciudades actuales en “*Smart Cities*” que, mediante la tecnología, creen servicios públicos más eficientes y protejan el medio ambiente, mejorando así, la calidad de vida de sus ciudadanos. La integración de células fotovoltaicas flexibles en textiles permitirá el desarrollo de infraestructuras complejas, portables, flexibles, ligeras y versátiles, capaces de generar energía fotovoltaica. Así se conseguirá transformar elementos hasta ahora sólo utilizados únicamente como protección solar, en sistemas generadores de energía renovable, tales como velas, carpas, cubiertas de andamios, carteles publicitarios exteriores, invernaderos, toldos, cubiertas de camiones, tiendas de acampada o capotas.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto “STAR - Smart Textile Architecture - Investigación y desarrollo de estructuras textiles inteligentes aplicados al entorno arquitectónico y constructivo que permitan interaccionar con los usuarios y mejorar su calidad de vida”, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.



REFERENCIAS

- Hara, K., Arakawa, H. (2005). Dye-Sensitized Solar Cells. En Luque Antonio, Hedegus Steven. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, 663-700.
- Meel, K., Get, R., Mahala, P., Singh, S., (2018). Development of Flexible Photovoltaic cell. En *One Day Indo-Israel Workshop on Nanoelectronic Materials and Devices Conference*.
- Pagliaro, M., Ciriminna, R., & Palmisano, G. (2008). Flexible solar cells. *ChemSusChem: Chemistry & Sustainability Energy & Materials*, 1(11), 880-891.
- Rani, A & Goel, G. (2006). Coated and laminated textiles. 3. 67-75.
- Singha, K. (2012). A review on coating & lamination in textiles: processes and applications. *American Journal of Polymer Science*, 2(3), 39-49.
- Tsolis, A., Whittow, W., Alexandridis, A., & Vardaxoglou, J. (2014). Embroidery and related manufacturing techniques for wearable antennas: challenges and opportunities. *Electronics*, 3(2), 314-338.

TeCoS (Thermoplastic Composites Structures)

J. González⁽¹⁾, S. Giner⁽¹⁾, F. Rico⁽¹⁾, J. Pascual⁽¹⁾

(1) AITEX – Instituto Tecnológico Textil

Pl. Emilio Sala nº1, Alcoy (Alicante)

e-mail: jaime.gonzalez@aitex.es

RESUMEN

El proyecto TeCoS se centra en la evolución de la tecnología de materiales compuestos termoplásticos (composites termoplásticos) a través de la incorporación de nuevos métodos de producción. Concretamente el proyecto se centra en la utilización de polímeros termoplásticos para formar la matriz de los materiales compuestos, sustituyendo a las resinas termoestables utilizadas en la actualidad. A todo esto, se le suma la introducción de nuevas técnicas de fabricación como son la incorporación de la tecnología comingling para la creación de hilos híbridos, procesos coating de fibras de refuerzo, nuevos métodos de tejeduría con fibras técnicas y procesos de termo-conformado de tejidos híbridos.

INTRODUCCION

El gran desarrollo de la industria de los materiales compuestos hace necesaria la introducción de nuevos polímeros y nuevas técnicas de fabricación de composites que aporten unas mayores propiedades a los productos. Este crecimiento se ve acentuado, sobre todo, en sectores como el aeronáutico, automoción y transporte y construcción, entre otros. La introducción de estos nuevos materiales a los diferentes sectores industriales ha sido necesaria y ha supuesto una gran mejora tanto en propiedades como en posibilidades de uso respecto a los materiales convencionales.

En la actualidad, los materiales más utilizados cuentan con matriz termoestable, ya que este tipo de materiales presentan unas mayores propiedades. Si bien, el desarrollo de los materiales termoplásticos ha sufrido, en los últimos años, un gran avance, lo que conlleva que sus propiedades están prácticamente al mismo nivel en comparación con los materiales termoestables. Todo esto supone una mejora importante en el procesado de materiales compuestos, debido a que los polímeros termoplásticos presentan un menor tiempo de procesado y no precisan de condiciones controladas para su almacenamiento, además de prescindir de las diferentes etapas de curado posterior y la posibilidad de poder ser reprocesados, unidos mediante fusión y reutilizados. Además, el uso de estos materiales abre las puertas a nuevas técnicas de procesado y producción que no serían posibles con el uso de resinas termoestables.

Mediante el uso de estos nuevos materiales, se pretende introducir a la industria nuevas técnicas de procesado, además de mejorar las técnicas ya existentes. En el presente proyecto se propone introducir técnicas novedosas como el coating polimérico de fibras de refuerzo e introducirlo en procesos de tejeduría de calada, además de apostar por la utilización de fibra de carbono reciclada (rCF) y la reutilización de composites.

OBJETIVOS Y FASES DEL PROYECTO

El proyecto TeCoS se centra en la evolución de la tecnología de materiales compuestos termoplásticos (composites termoplásticos) a través de la incorporación de nuevos

métodos de producción. Los desarrollos se ejecutarán por medio de cuatro fases de trabajos, donde la incorporación de fibra de carbono reciclada (rCF) cobra gran importancia.

La primera fase se centra en el desarrollo de filamentos por medio de procesos coating polimérico a fibras de refuerzo, como fibra de carbono, fibra de vidrio y aramida. También se desarrollarán hilos híbridos por métodos de taslanizado y torsión. La segunda fase se basará en la tejeduría de los filamentos e hilos híbridos desarrollados, combinándolos entre sí y experimentando con diferentes tipos de ligamento, tratando de optimizar los procesos de tejeduría. En la tercera fase se procederá a la optimización del proceso de termo-conformado desarrollando nuevos métodos, pudiendo examinar los diferentes tejidos y materiales desarrollados con anterioridad. La cuarta fase consistirá en el desarrollo de métodos de reutilización de los composites termoplásticos desarrollados.

Durante todo el proyecto también se realizarán tareas de caracterización de todos los materiales y prototipos desarrollados, logrando generar una comparativa de las propiedades de cada elemento.

METODOS EXPERIMENTALES

En el proyecto TeCos, como se ha dicho anteriormente, se van a introducir en la industria de los materiales compuestos, nuevas técnicas de fabricación, éstas se van a explicar brevemente a continuación:

- **Coating:** Consiste en el recubrimiento polimérico de las fibras de refuerzo, en este caso Fibra de Carbono (CF), Fibra de Vidrio (GF) y aramiditas, con diferentes polímeros termoplásticos. Con esto, se consigue crear un monofilamento reforzado que contiene ambos componentes del material compuesto, fibra y matriz, formando un único conjunto.



Figura 1. Proceso de extrusión coating



Figura 2. Filamento de carbono recubierto de polímero termoplásticos mediante el proceso coating.

- **Melt Spinning:** Mediante esta técnica se procede a la fabricación de las fibras sintéticas de cada uno de los polímeros termoplásticos encargados de constituir la matriz de los composites.
- **Comingling:** Mediante esta técnica se consigue entrelazar y dar homogeneidad a la mezcla compuesta de fibras termoplásticas (matriz) y fibras de refuerzo obteniendo hilos híbridos. Con esto se pretende controlar, de mejor manera, la

disposición de cada uno de los filamentos que formarán el composite, lo que permite que las fibras de refuerzo queden embebidas de manera uniforme y homogénea a lo largo de toda la pieza una vez termo-conformada.

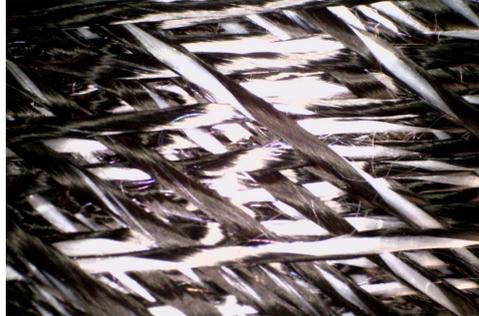


Figura 3. Hilos híbridos de carbono con fibras poliméricas

- **Tejeduría:** Consiste en la fabricación de los tejidos que conformarán cada una de las capas de los composites finales. Estos tejidos se llevan a cabo a partir de los hilos híbridos desarrollados y de los filamentos coating.

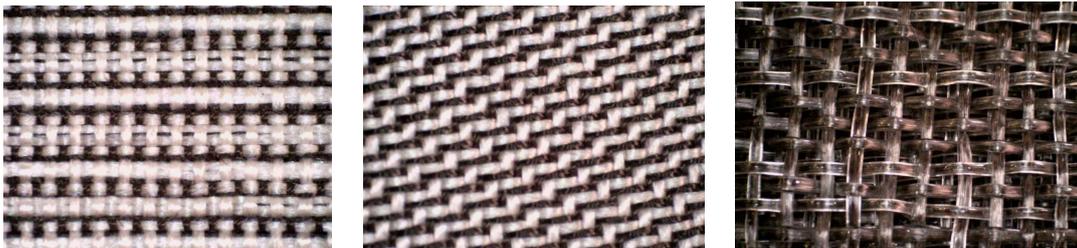


Figura 4. Tejidos híbridos con diferentes ligamentos.

- **Termoconformado:** Este proceso, se utiliza para crear las piezas finales a partir de los tejidos desarrollados con anterioridad. Por lo general, el termoconformado se lleva a cabo mediante un molde, que contiene la forma de la pieza deseada, el cual aplica presión y calor al tejido. Este proceso funde las fibras de material termoplástico, permitiendo, de este modo, que las fibras de refuerzo queden integradas en la matriz y el compuesto adopte la forma del molde una vez solidificada la resina termoplástica.



Figura 5. Sillín termoconformado a partir de tejidos de material compuesto de fibras de carbono y resina termoplástica.

RESULTADOS ESPERADOS

Durante la ejecución del proyecto TeCoS se esperan obtener los siguientes resultados:

- Obtención de monofilamentos de Fibra de Carbono (CF), Fibra de Vidrio (GF) y aramidas por medio de extrusión coating.
- Obtención de hilos híbridos con diversas fibras de refuerzo.
- Fabricación de tejidos de calada con diferentes estructuras.
- Prototipado de materiales compuestos en forma de placas planas y geometrías 3D.
- Validación de las propiedades mecánicas de los prototipos.
- Metodología de reutilizado de composites termoplásticos.

El conocimiento generado en nuevos materiales compuestos puede destinarse, no solo al sector de los composites, sino también a un amplio abanico de sectores, como automoción, aeronáutica, construcción, obra civil, deporte, entre otros, dotando al sector textil de productos y metodologías innovadoras.

CONCLUSIONES

El uso de polímeros termoplásticos en la fabricación de composites hace posible la incorporación de nuevos sectores de la industria. Combinar fibras de refuerzo con matrices termoplásticas permite la adaptación de los materiales compuestos a nuevas aplicaciones, que no podrían llevarse a cabo mediante el uso de las resinas actuales.

El uso de resinas termoplásticas aporta una gran cantidad de propiedades a los materiales compuestos, tales como un menor tiempo de procesado, reducción de costes de producción, eliminación de condiciones de almacenaje y la posibilidad de ser reprocesados y reparados, entre otras.

Además, a estas propiedades citadas anteriormente, se le puede añadir la introducción de nuevas técnicas de fabricación de composites, como es el coating y el comingling, que amplían, aún más, el abanico de posibilidades de este tipo de materiales.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto TeCos, cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE.



**GENERALITAT
VALENCIANA**

IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

Accesorios textiles para la mejora de la recuperación del deportista

I. Aparicio⁽¹⁾, J.I. Priego-Quesada⁽²⁾, I. Martínez-Navarro⁽²⁾, J. Llopis-Hidalgo⁽¹⁾,
M. Blanes-Company⁽¹⁾, P. Pérez-Soriano⁽²⁾

*(1) Instituto Tecnológico Textil (AITEX),
Plaza Emilio Sala, 1, Alcoi, (Alicante)
e-mail: iaparicio@aitex.es*

*(2) Departamento Educación Física y Deportiva, Universidad de Valencia
Calle Gascó Oliag, s/n, (Valencia)*

RESUMEN

Los accesorios deportivos, y concretamente, las prendas de compresión están aumentando considerablemente en la población deportista, sin embargo, existe controversia en sus beneficios. El objetivo de este estudio ha sido evaluar la recuperación del deportista tras una carrera de larga distancia (65km) en cuanto a parámetros sanguíneos. Para ello se han analizado 10 corredores (5 control vs 5 pantalón de recuperación) tras acabar la carrera y a las 24h en parámetros de fatiga y dolor muscular. Los resultados obtenidos muestran que en fatiga existe una tendencia a menor fatiga y dolor con el uso de los pantalones de recuperación, sin presentar diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se puede concluir que los accesorios textiles deportivos compresivos muestran tendencias en la ayuda de la recuperación tras carreras de larga distancia.

INTRODUCCIÓN

Correr es una actividad cíclica en la que el atleta golpea el suelo unas 600 veces por kilómetro (Guo et al, 2006). El estrés repetitivo y acumulativo producido por estos impactos puede sobrecargar el sistema musculoesquelético y provocar lesiones por sobreuso (Lieberman et al, 2010).

La carrera y el trail running son actividades que están aumentando considerablemente en número de practicantes, lo que puede conllevar a un gran desgaste fisiológico del deportista y requerir de una buena recuperación. Una recuperación post-competición más rápida permite poder retomar antes los entrenamientos, y por tanto, lograr un mayor rendimiento a largo plazo

En este sentido, las prendas de compresión se utilizan ampliamente en el campo deportivo para intentar influir en algunos aspectos relacionados con las lesiones por sobreuso y la mejora del rendimiento y la recuperación (Bovenschen et al, 2013), pues disminuyen la percepción del dolor de los participantes, debido a la reducción de la hinchazón, ayudando así a la recuperación de la producción de fuerza después de ejercicios excéntricos máximos (Kraemer et al., 2001). Además, los niveles de dolor muscular percibido disminuyen al usar medias de compresión durante las 48h post-entrenamiento (Davies, Thompson, & Cooper, 2009).

En una revisión reciente, Brown y Cols (2017), han concluido que la utilización de prendas de compresión durante la recuperación después de entrenamientos de fuerza tiene un efecto sustancial sobre marcadores bioquímicos, y que además, ese efecto es mayor cuanto mayor es el daño muscular generado por el ejercicio. Así pues, el Trail running se presenta como una disciplina especialmente pertinente donde evaluar los posibles efectos beneficiosos de los medios de compresión, ya que se ha descrito un aumento postcarrera muy acentuado en los marcadores de daño muscular (Hoffman et al, 2012), dada la duración habitual de este tipo de carreras y la sucesión de acciones excéntricas prolongadas que se producen en los tramos de bajada. De este modo, el presente estudio se centra en evaluar parámetros de percepción del deportista, analizando la influencia de unos pantalones de recuperación utilizados en las primeras 24h de recuperación tras una carrera de montaña de 65 km sobre la percepción de dolor y fatiga muscular.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

10 corredores participaron en el estudio (edad: 40 ± 7 años; índice de masa corporal: 23 ± 2 kg/m²; volumen de entrenamiento 60 ± 23 km/semana).

Los participantes fueron aleatorizados en dos grupos de recuperación diferentes según el orden de llegada a meta al finalizar la carrera: 1) grupo control, el cual no utilizó ningún método específico de recuperación y 2) Uso de pantalones de compresión durante 24 horas tras la competición.

La distancia de la competición fue de 65 km. Ambos grupos de estudio completaron la carrera en 668 ± 95 min (grupo pantalones compresión) y 696 ± 124 min (grupo control). Los pantalones estaban compuestos por 88% de poliamida y 12% de elastano, con una compresión gradual decreciente según las especificaciones del fabricante, y según las mediciones de laboratorio realizadas mediante el sistema de medición de la compresión Swisslastic MST MV.

Se midieron parámetros de fatiga y dolor mediante escala visual analógica (EVA) de dolor y fatiga, en 2 momentos, justo al acabar la carrera (post), y tras 24h de finalización de la carrera (post 24h). Esta escala, permite medir la intensidad del dolor y la fatiga que el deportista percibe asegurando una adecuada reproducibilidad intra-observador e inter-observador. Consiste en una línea horizontal en cuyos extremos se encuentran las expresiones extremas de un síntoma. En el izquierdo se encuentra la ausencia o menor intensidad y en el derecho la mayor intensidad. Se pide al deportista que marque en la línea el punto que indique la intensidad y se mide con una regla milimetrada la distancia desde el extremo izquierdo de la línea hasta el punto señalado. La intensidad se expresa en centímetros o milímetro.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS, mediante una prueba de modelo lineal general, Anova de Medidas repetidas, estableciendo la significatividad en $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la escala visual analógica de fatiga y dolor.

Tabla 1. Percepción subjetiva de fatiga general y en las subregiones del hemisferio inferior.

| FATIGA | GRUPO | POST-CARRERA MEDIA ± DE | POST 24h MEDIA ± DE |
|---------------------|---------------|----------------------------|------------------------|
| GENERAL | Pantalón | 46,64 ± 16,12 % | 27,99 ± 18,21 % |
| | Grupo Control | 56,87 ± 22,16 % | 52,24 ± 33,36 % |
| MUSLO ANTERIOR | Pantalón | 22,01 ± 8,66 % | 14,18 ± 3,13 % |
| | Grupo Control | 50 ± 24,1 % | 52,24 ± 11,57 % |
| MUSLO POSTERIOR | Pantalón | 28,96 ± 14,4 % | 22,39 ± 13,28 % |
| | Grupo Control | 57,31 ± 23,51 % | 46,87 ± 23,21 % |
| PIERNA ANTERIOR | Pantalón | 28,21 ± 20,15 % | 19,78 ± 14,33 % |
| | Grupo Control | 73,58 ± 11,12 % | 58,81 ± 21,72 % |
| PIERNA POSTERIOR | Pantalón | 44,4 ± 32,91 % | 24,48 ± 9,48 % |
| | Grupo Control | 64,63 ± 28,36 % | 56,12 ± 25,82 % |

* (p<0.05)

Se ha encontrado que no existen diferencias significativas entre grupos respecto a la fatiga en ninguna de las variables analizadas (p>0,05), sin embargo, sí que existe una tendencia a que la fatiga sea menor con el pantalón de recuperación.

Tabla 2. Percepción subjetiva de dolor general y en las subregiones del hemisferio inferior.

| DOLOR | GRUPO | POST-CARRERA MEDIA ± DE | POST 24h MEDIA ± DE |
|---------------------|---------------|----------------------------|------------------------|
| GENERAL | Pantalón | 40,67 ± 24,55 % | 22,01 ± 5,6 % |
| | Grupo Control | 34,78 ± 27,46 % | 52,54 ± 31,27 % |
| MUSLO ANTERIOR | Pantalón | 17,76 ± 12,69 % | 13,28 ± 9,25 % |
| | Grupo Control | 47,01 ± 26,34 % | 74,63 ± 21,42 % * |
| MUSLO POSTERIOR | Pantalón | 30,82 ± 18,58 % | 20,52 ± 15,52 % |
| | Grupo Control | 58,36 ± 30,75 % | 51,49 ± 27,84 % |
| PIERNA ANTERIOR | Pantalón | 23,36 ± 15,22 % | 16,79 ± 14,48 % |
| | Grupo Control | 67,16 ± 8,28 % | 57,01 ± 17,16 % |
| PIERNA POSTERIOR | Pantalón | 42,91 ± 35,37 % | 24,85 ± 12,61 % |
| | Grupo Control | 58,66 ± 33,88 % | 60,15 ± 28,43 % |

*P<0,05.

En la escala de dolor, se puede observar una tendencia a que los pantalones de recuperación generan menor dolor percibido a las 24h de su uso. Pese a esa tendencia, diferencias significativas p<0,05 se observan en el dolor percibido en el muslo anterior del grupo control, valores muy superiores entre post carrera y 24h tras carrera. Mientras que en esa misma zona se observa que con el uso del pantalón el dolor percibido es menor.

CONCLUSIONES

Con el uso de pantalón de recuperación compresivo durante 24h tras la finalización de la carrera, se observa una tendencia a la disminución de la fatiga y el dolor tras una carrera de larga distancia. Debido a que la muestra es pequeña, se debe seguir investigando en este tipo de temática con más participantes para confirmar los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto TPTex: Therapeutic Prevention Textile: I+D de prevención de patologías asociadas al miembro inferior mediante textil terapéutico (lipedema, linfedema, fatiga muscular), cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER de la UE, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.



REFERENCIAS

- Bovenschen, H. J., Booij, M. T., & Van Der Vleuten, C. J. (2013). Graduated compression stockings for runners: friend, foe, or fake?. *Journal of Athletic Training*, 48(2), 226-232.
- Brown, F., Gissane, C., Howatson, G., van Someren, K., Pedlar, C., & Hill, J. (2017). Compression Garments and Recovery from Exercise: A Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(11), 2245-2267.
- Davies, V., Thompson, K. G., & Cooper, S. M. (2009). The effects of compression garments on recovery. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1786-1794.
- Guo, L. Y., Su, F. C., Yang, C. H., Wang, S. H., Chang, J. J., Wu, W. L., & Lin, H. T. (2006). Effects of speed and incline on lower extremity kinematics during treadmill jogging in healthy subjects. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, 18(02), 73-79.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Wickham, R. B., Denegar, C. R., Gomez, A. L., Gotshalk, L. A., . . . Putukian, M. (2001). Continuous compression as an effective therapeutic intervention in treating eccentric-exercise-induced muscle soreness. *Journal of Sport Rehabilitation*, 10(1), 11-23
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D'andrea, S., Davis, I. S., ... & Pitsiladis, Y. (2010). Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*, 463(7280), 531.
- Hoffman, M. D., Ingwerson, J. L., Rogers, I. R., Hew-Butler, T., & Stuempfle, K. J. (2012). Increasing creatine kinase concentrations at the 161-km Western States Endurance Run. *Wilderness Environ Med*, 23(1), 56-60.

Determinación de polifenoles en la tintura de algodón con extractos de achiote

R. Navas⁽¹⁾, A. Carbonell⁽¹⁾, I. Montava Seguí⁽¹⁾, E. Carvajal⁽¹⁾, E. Bou-Belda⁽¹⁾.

(1) Grupo de Investigación en la Industria Textil (GIITEX). Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Alcoy, Alicante, España.

E-mail: evbobel@txp.upv.es

RESUMEN

El achiote o Annatto (*Bixa orellana*) es una semilla característica del sur de América. Se caracteriza por tener una tonalidad rojiza/caldera característica y muy intensa. El proceso de tintura de fibras textiles con el extracto de esta semilla está tomando importancia dada la concienciación medioambiental y los estudios hacia colorantes naturales en detrimento de los colorantes sintéticos. En este trabajo se ha procedido a la extracción del colorante de esta semilla obteniendo dos extractos claramente diferenciados, extracto rojo (R) y extracto amarillo (Y). Se ha procedido a la tintura de las fibras de algodón con los extractos obtenidos y se ha determinado la cantidad de polifenoles según el método de Folin-Cioteau. Los resultados han evidenciado que las diferencias en la tintura no se obtienen tan sólo en las diferencias del color obtenido en el tejido, sino que también se observa que el extracto R permite aplicar mayor cantidad de polifenoles sobre el tejido de algodón.

INTRODUCCIÓN

Los colorantes naturales son de baja toxicidad y, en cierto modo, se pueden considerar respetuosos con el ambiente (Saravanan y Chandramohan, 2011). Los principales colorantes obtenidos de las semillas de Achiote (*Bixa orellana*) corresponden a carotenoides como la bixina y la norbixina que, en su mayoría, tienen un sin número de aplicaciones en la industria (Vázquez, 2001).

En el presente estudio se pretende determinar la cantidad de polifenoles que se encuentran en los baños de tintura antes y después de la tintura de tejidos de algodón. Se establecerá la caracterización de los baños de tintura según un análisis de polifenoles para cada una de las fracciones obtenidas en el proceso de extracción, en el que se ha obtenido a) extracto rojo (R) y b) extracto amarillo (Y) tanto antes como después del proceso de tintura.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

Para el proceso de tintura se ha tratado un tejido de algodón 100% blanqueado químicamente a nivel industrial. Las muestras de Achiote o Annatto (*Bixa orellana*) se obtuvieron de Ecuador.

Extracción del colorante

Las semillas se pusieron en acetona en una relación 1/10 durante 26 horas en agitador magnético el extracto se procesó en el Rotavapor a 50 °C por 25 min. El producto

resultante se mezcla con NaOH y KOH, relación 1/1, durante 45 min en baño maría y se centrifuga por 2 horas. Se consigue separar el extracto en dos fases, la roja (R) y la amarilla (Y), las cuales se utiliza posteriormente para el teñido.

Análisis de polifenoles

La cantidad de polifenoles presente en el baño se ha realizado mediante métodos espectrofotométricos mediante el proceso de Folin-Ciocalteu y realizando mediciones espectrofotométricamente a una longitud de onda de entre 760 a 779 nm (García Martínez, Fernández Segovia y Fuentes López, 2005). Para poder cuantificar la cantidad de polifenoles se realizó una recta de calibrado con una solución de ácido gálico 1gr/L. Los resultados obtenidos se expresaron como miligramos de equivalente de ácido gálico (GAE) por gramo de muestra triturada (mg. GAE / g. de muestra triturada).

Para determinar la cantidad de polifenoles, se determinará la diferencia entre los polifenoles antes y después del baño. Para determinar los polifenoles que se han retenido por el tejido se realiza una tintura ciega en la que no se ha incluido tejido, de modo que la cantidad de polifenoles que se pierde en el proceso de tintura como consecuencia de los reactivos y la temperatura alcanzada ($Pf_{degradados}$) se obtendrá por diferencia de los polifenoles antes del proceso (Pf_{antes}) y los polifenoles tras la tintura ciega (Pf_{ciega}). Los polifenoles en el tejido de algodón (Pf_{Co}) se obtendrán al sustraer a los polifenoles de la tintura ($Pf_{tintura}$) los degradados durante la tintura ciega Pf_{ciega} según la ecuación 1.

$$Pf_{Co} = Pf_{tintura} - Pf_{ciega} \quad (1)$$

Proceso de tintura

Para la tintura de las muestras se ha procedido a la realización de tintura en abierto por agotamiento, empleando una relación de baño 1/40 y se ha alcanzado la temperatura de 60 °C manteniendo dicha temperatura durante 60 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los tejidos

La Figura 1 muestra dos porciones de tejido de algodón tras la tintura con los extractos obtenidos. Se puede observar que el extracto R ofrece una tonalidad anaranjada, mientras que la muestra tratada con el extracto Y ha obtenido un color ocre. En cuanto a las diferencias de color, se puede decir que la diferencia es evidente, tal y como cabía esperar, de las tonalidades obtenidas en los extractos.



Figura 1. A) Extracto Rojo (R). B) Extracto amarillo (Y).

Análisis de polifenoles

Las tablas 1 y 2 muestran el contenido de polifenoles en los baños de tintura, tanto antes, como después del proceso. En ellos se puede observar claramente como el baño inicial de los extractos rojos (R) contiene 1,83 mg GAE/g de muestra triturada una cantidad de polifenoles considerablemente superior a la que se observa en el baño inicial del extracto amarillo (Y) 0,74 mg GAE/g de muestra triturada.

Tabla 1. Polifenoles en el tejido tras tintura con extracto rojo (R) mg. GAE / g. de muestra triturada

| Sin tejido | | Con tejido | |
|----------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| BAÑO INICIAL | TRAS TINTURA | BAÑO INICIAL | TRAS TINTURA |
| 1,83 | 1,03 | 1,83 | 0,24 |
| Pf _{ciega} = 0,79 | | Pf _{tintura} = 1,59 | |
| Pf _{Co} | | 0,79 | |

Tabla 2. Polifenoles en el tejido tras tintura con extracto amarillo (Y). GAE/g de muestra triturada

| Sin tejido | | Con tejido | |
|----------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| BAÑO INICIAL | TRAS TINTURA | BAÑO INICIAL | TRAS TINTURA |
| 0,74 | 0,09 | 0,74 | 0,06 |
| Pf _{ciega} = 0,64 | | Pf _{tintura} = 0,68 | |
| Pf _{Co} | | 0,04 | |

Al analizar los resultados de la tabla 1 se puede observar con claridad que el proceso de tintura genera una degradación de los polifenoles presentes en el baño, pasando de 1,83 GAE/g de muestra triturada en el baño inicial a los 1,03 GAE/g de muestra triturada. Esta reducción es atribuible a una posible degradación de los polifenoles como consecuencia de la temperatura aplicada en el proceso de tintura (60°C) o de los agentes auxiliares como la sal empleada.

Al analizar los polifenoles que se han obtenido en el agua residual tras la tintura, se puede observar que la cantidad de polifenoles en el baño final es considerablemente inferior (0,24 GAE /g de muestra triturada) lo cual hace que los polifenoles en el tejido tras la tintura sean de 1,59 GAE/g de muestra triturada, lo cual no es cierto ya que alrededor de 0,79 GAE/g de muestra triturada se degradan como consecuencia del proceso de tintura aplicado. Así pues aplicando la ecuación (1) se obtiene que los polifenoles presentes en el algodón como consecuencia de la tintura son alrededor de 0,79 GAE/g de muestra triturada.

Cuando se analiza la tabla 2 en la que se muestran los resultados procedentes del mismo tratamiento pero con el extracto amarillo (Y) se observa que la cantidad de polifenoles en el baño es considerablemente inferior a la que presentaba el baño del extracto R. Además, se observa que la cantidad de polifenoles que se obtiene sobre el tejido de algodón es prácticamente la misma que la generada por la degradación de los mismos al aplicar el proceso de tintura. Así pues se obtiene una mínima cantidad de

polifenoles sobre el algodón como consecuencia de la aplicación de una tintura a partir del extracto Y (0,04 GAE /g de muestra triturada).

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado el proceso de tintura de algodón con achiote y se ha determinado la cantidad de polifenoles presentes tanto en el baño inicial como en el baño final para determinar los polifenoles presentes en el tejido. Este proceso de tintura se ha estudiado por tratarse de un colorante natural, supuestamente más respetuoso con el medioambiente que los sintéticos, y la cantidad de polifenoles se ha determinado por las propiedades que se pueden conferir al tejido.

Los resultados obtenidos han demostrado que las distintas fases en las que se puede dividir el extracto, bixina y norbixina, ofrecen tonalidades claramente diferenciadas entre los tejidos tintados. Sin embargo, la diferencia no sólo radica en la tonalidad de la muestra tintada, sino que se puede apreciar que, en cuanto a la composición, contienen concentraciones de polifenoles muy diferentes, siendo superior la cantidad de polifenoles que se obtiene en el extracto rojo respecto del amarillo.

Además, cuando se procede al tratamiento del tejido de algodón con los extractos, se puede apreciar que el propio tratamiento de tintura, por las condiciones de temperatura y aditivos que se incluyen, genera una degradación de los polifenoles en el baño. No obstante, a pesar de dicha degradación, la presencia del tejido de algodón en el baño hace que la reducción de polifenoles en las aguas residuales de tintura sea considerable, atribuyéndose a que han sido absorbidos por las fibras celulósicas.

REFERENCIAS

García Martínez, E. M., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. ETSIAMN, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural de la Universitat Politècnica de València, 2005.

Saravanan P. y Chandramohan G. (2011). Dyeing of silk with ecofriendly natural dye obtained from barks of Ficus Religiosa. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1, 268-273.

Vázquez, H. (2001). Estudio preliminar de la degradación de bixina en polvo en los diferentes tipos de empaques y temperaturas establecidas. Tesis de pregrado. Instituto Tecnológico de Villahermosa. Villahermosa, Tabasco, México.

Mejora de las propiedades mecánicas y térmicas de blends de PHB/PBSA mediante la incorporación de diferentes cantidades de extensores de cadena

D. Garcia-Garcia⁽¹⁾, M.D. Samper⁽¹⁾, V. Fombuena⁽¹⁾, M.P. Arrieta⁽²⁾

(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM), Universitat Politècnica de València, Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, 03801, Alcoi, (Alicante)
e-mail: dagarga4@epsa.upv.es

(2) Departamento de Química Orgánica, Universidad Complutense de Madrid, Plaza de las Ciencias Ciudad Universitaria, Madrid

RESUMEN

El poli(3-hidroxibutirato) (PHB) es un poliéster alifático biodegradable obtenido a partir de fermentación bacteriana, sin embargo, sus aplicaciones se ven limitadas debido a algunas desventajas que presenta, como es su elevada rigidez, fragilidad y su estrecha ventana de procesado. En el presente trabajo se ha estudiado el efecto de la mezcla de poli(butilén succinato-co-adipato) (PBSA) con PHB, así como el efecto de la incorporación de diferentes cantidades de un compatibilizante en la miscibilidad y las propiedades mecánicas y térmicas de los blends de PHB/PBSA (70/30). El principal objetivo del presente estudio es mejorar la compatibilidad entre el PHB y el PBSA en presencia de un compatibilizante mediante extrusión reactiva y conseguir formulaciones con propiedades mejoradas con respecto al PHB puro.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, ha habido un notable crecimiento en la producción y el consumo de materiales plásticos, impulsado por el consumismo y el bajo precio de dichos materiales. A nivel mundial la producción de plásticos en 2017 fue de 348 millones de toneladas, lo cual supuso un incremento del 3.9% con respecto a la producción de 2016 (PlasticsEurope, 2018). El uso masivo de este tipo de material ha dado lugar a la existencia de graves problemas medioambientales, como es la enorme cantidad de residuos que se genera, ya que solo una pequeña cantidad se recicla o incinera para producir energía, mientras que gran parte de dichos residuos acaban depositado en vertederos controlados, generando un impacto negativo en el medio ambiente (Garcia-Garcia, Rayón, Carbonell-Verdu, López-Martínez, & Balart, 2017). Una de las soluciones más ecológica para dichos problemas es el empleo de materiales biodegradables. Uno de los materiales biodegradables más prometedores es el poli(3-hidroxibutirato) (PHB). El PHB se trata de un poliéster alifático que es sintetizado por una amplia variedad de microorganismos y que se caracteriza por su biodegradabilidad y biocompatibilidad. Sin embargo, se trata de un polímero altamente cristalino, con un grado de cristalinidad superior al 55%, esto hace que se trate de un material con elevada fragilidad. Otro de los principales inconvenientes del PHB es su estrecha ventana de procesado, ya que su degradación térmica se produce a temperaturas cercanas a la de su fusión (Zhang & Thomas, 2010). Dichos inconvenientes, unido a su elevado precio hacen que su implantación a nivel industrial sea todavía escasa. Existen varios estudios en los que se han empleado diferentes procedimientos para mejorar los inconvenientes del PHB, entre los que se encuentran la copolimerización interna con otros monómeros

(Kulkarni, Kanekar, Nilegaonkar, Sarnaik, & Jog, 2010), la plastificación externa (García-García, Fenollar, Fombuena, López-Martínez, & Balart, 2017) o la mezcla en fundido con otros polímeros (García-García, Ferri, Boronat, López-Martínez, & Balart, 2016), siendo este último uno de los métodos más eficaces desde el punto de vista técnico y económico. Además, con el objetivo de mejorar la miscibilidad entre los diferentes polímeros este método suele ir acompañado del empleo de compatibilizantes capaces de formar puentes químicos entre las distintas fases durante el proceso de fusión (extrusión reactiva).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

El PHB, grado comercial P226E, fue suministrado por Biomer (Krailling, Alemania). El PBSA, grado comercial Bionolle 3020 MD, fue suministrado por Showa Denko (Tokyo, Japón). Este polímero biodegradable fue seleccionado por su elevada flexibilidad (con un alargamiento a la rotura del 780 %) con el objetivo de mejorar la fragilidad del PHB. Como compatibilizante se empleó una carbodiimida aromática (CA) comercial, concretamente BioAdimide® 500 XT, que fue suministrada por Rhein Chemie Additives (Mannheim, Alemania). Dicho compatibilizante se trata de un extensor de cadena, con un contenido de carbodiimida (N=C=N) superior al 13%.

Preparación de las muestras de PHB/PBSA/CA

Se obtuvieron diferentes formulaciones de blends de PHB/PBSA con diferentes contenidos de extensor de cadena cada una. La Tabla 1, muestra la composición de los materiales obtenidos, así como el código empleado para su designación.

Tabla 1. Composición y código de los diferentes blends de PHB/PBSA obtenidos.

| Muestra | PHB (%) | PBSA (%) | CA (phr) |
|-----------------|---------|----------|----------|
| PHB | 100 | 0 | 0 |
| PHB/PBSA | 70 | 30 | 0 |
| PHB/PBSA/AC_0.5 | 70 | 30 | 0.5 |
| PHB/PBSA/AC_1 | 70 | 30 | 1 |
| PHB/PBSA/AC_1.5 | 70 | 30 | 1.5 |
| PHB/PBSA/AC_2 | 70 | 30 | 2 |

En primer lugar, los pellets de PHB y PBSA fueron secados a 70 °C durante 24 horas con el fin de eliminar la humedad contenida. Posteriormente, todas las formulaciones fueron mezcladas de forma manual y posteriormente se introdujeron en una extrusora de doble husillo, con una temperatura de calentamiento de 180°C y una velocidad de husillo de 40 rpm. Una vez enfriado los materiales a temperatura ambiente, se trituraron en un molino y se obtuvieron probetas normalizadas de cada formulación mediante una máquina de inyección.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización mecánica de los blends de PHB/PBSA/CA

Como se observa en la Figura 1, la incorporación de un 30% en peso de PBSA al PHB da lugar a una reducción de la resistencia a tracción, del módulo de Young y del

alargamiento a la rotura con respecto al PHB puro. La disminución del alargamiento a la rotura del blend de PHB/PBSA con respecto al PHB evidencia la falta de miscibilidad entre ambos polímeros. Sin embargo, tras la incorporación de la CA se puede observar como la resistencia a tracción aumenta a medida que aumenta su contenido en el blend, obteniéndose la máxima resistencia a tracción en la muestra con un contenido de CA del 2 phr, incrementándose dicha resistencia cerca del 16% con respecto al blend sin compatibilizar. También se puede observar como el módulo de Young disminuye ligeramente a medida que aumenta el contenido del CA en el blend. Con respecto al alargamiento a la rotura, se observa un aumento considerable con respecto al PHB y al blend sin compatibilizar para la mezcla con un contenido de 2 phr de CA, pasando del 8.4% del blend de PHB/PBSA a un 15.8%, lo cual supone un incremento del 88%. Este incremento de la resistencia a tracción y del alargamiento a la rotura en las muestras compatibilizadas con respecto al blend sin compatibilizar evidencian la mejora de la miscibilidad del extensor de cadena empleado.

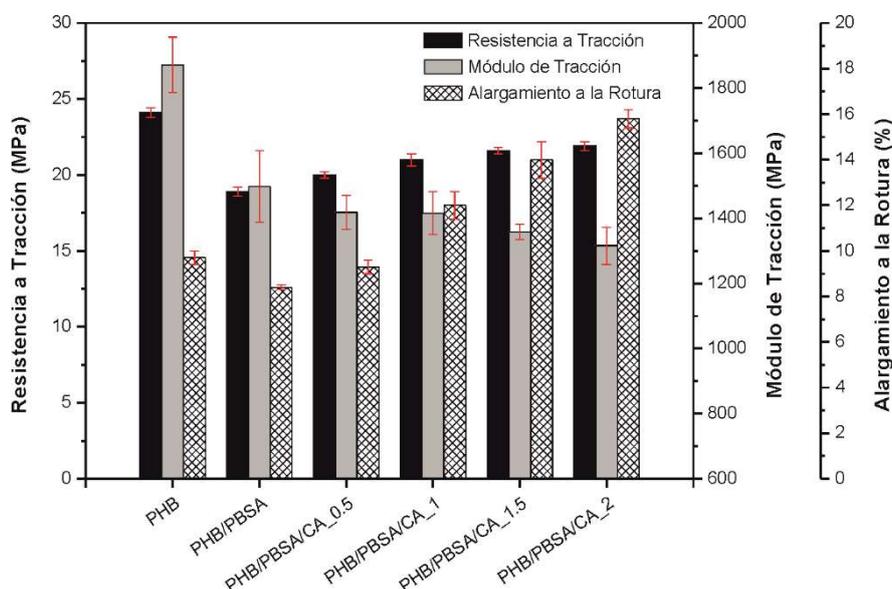


Figura 1. Propiedades mecánicas a tracción del PHB y de los blends de PHB/PBSA con diferentes cantidades CA.

Caracterización térmica de los blends de PHB/PBSA/CA

Los principales parámetros térmicos de las formulaciones desarrolladas se han obtenido mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA). Como se puede observar en la Figura 2a, la incorporación de PBSA en el PHB da lugar a una disminución de la temperatura de fusión del PHB, pasando de 174.8 a 171.0 °C. Tras la incorporación del extensor de cadena a los blends dicha temperatura de fusión sigue disminuyendo a medida que aumenta el contenido de CA, lo cual evidencia una mejora de la miscibilidad entre ambos polímeros. En el caso de la temperatura de inicio de degradación, obtenida a partir de las curvas de TGA (Figura 2b), se puede observar como la incorporación de PBSA al PHB incrementa considerablemente dicha temperatura, pasando de los 246.7 °C del PHB a los 262.5 °C en la muestra de PHB/PBSA. La incorporación del extensor de cadena en el blend también produce un incremento de la temperatura de inicio de degradación debido a una mejora de la miscibilidad entre ambos polímeros, alcanzando temperaturas de inicio de degradación cercanas a los 272 °C para la muestra con un 2 phr de CA.

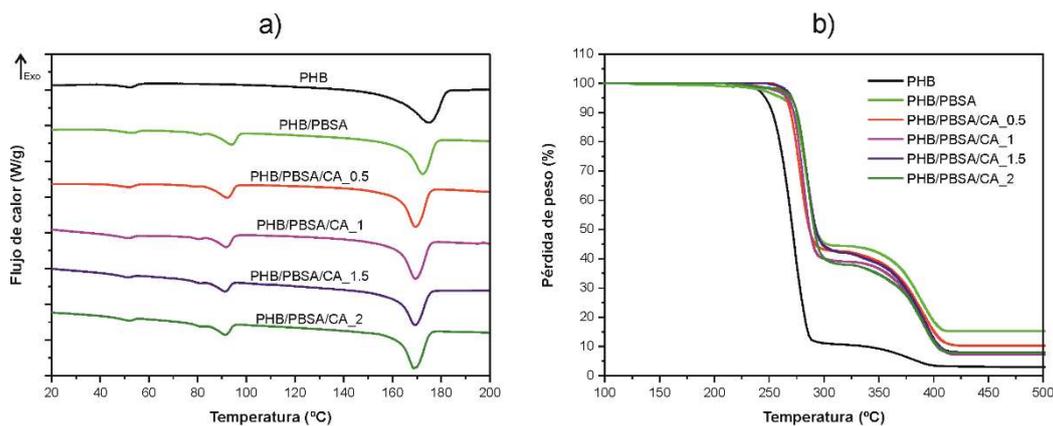


Figura 2. Curvas a) DSC y b) TGA del PHB y de los blends de PHB/PBSA con diferentes cantidades de CA.

CONCLUSIONES

El principal objetivo del presente trabajo ha sido estudiar el efecto en las propiedades mecánicas y térmicas de la incorporación de diferentes cantidades de un extensor de cadena en blends de PHB/PBSA. Como se ha observado, la incorporación del extensor de cadena en los blends de PHB/PBSA mejoró la compatibilidad entre ambos polímeros dando lugar a un aumento de las propiedades dúctiles y de la estabilidad térmica con respecto a la muestra sin compatibilizar. En este caso, las mejores propiedades mecánicas y térmicas se obtuvieron tras incorporar un 2 phr de CA, incrementándose la resistencia a tracción y el alargamiento a la rotura en un 16 y 88% respectivamente con respecto a la mezcla sin compatibilizante. Por tanto, tras analizar los resultados se observa como la mezcla física de PHB con PBSA compatibilizada con CA permite la obtención de formulaciones con mayor ductilidad y mejor estabilidad térmica que el PHB puro.

REFERENCIAS

- Garcia-Garcia, D., Ferri, J., Boronat, T., López-Martínez, J., & Balart, R. (2016). Processing and characterization of binary poly (hydroxybutyrate)(PHB) and poly (caprolactone)(PCL) blends with improved impact properties. *Polymer Bulletin*, 73(12), 3333-3350.
- Garcia-Garcia, D., Rayón, E., Carbonell-Verdu, A., López-Martínez, J., & Balart, R. (2017). Improvement of the compatibility between poly (3-hydroxybutyrate) and poly (ϵ -caprolactone) by reactive extrusion with dicumyl peroxide. *European Polymer Journal*, 86, 41-57.
- Garcia-Garcia, D., Fenollar, O., Fombuena, V., Lopez-Martinez, J., & Balart, R. (2017). Improvement of Mechanical Ductile Properties of Poly (3-hydroxybutyrate) by Using Vegetable Oil Derivatives. *Macromolecular Materials and Engineering*, 302(2), 1600330.
- Kulkarni, S., Kanekar, P., Nilegaonkar, S., Sarnaik, S., & Jog, J. (2010). Production and characterization of a biodegradable poly (hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate)(PHB-co-PHV) copolymer by moderately haloalkalitolerant *Halomonas campisalis* MCM B-1027 isolated from Lonar Lake, India. *Bioresource technology*, 101(24), 9765-9771.
- PlasticsEurope. (2018). *Plastics – the Facts 2018: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Retrieved from <https://www.plasticseurope.org>
- Zhang, M., & Thomas, N. L. (2010). Preparation and properties of polyhydroxybutyrate blended with different types of starch. *Journal of applied polymer science*, 116(2), 688-694.

Estimación del límite superior de pureza de materiales tecnológicos usando condiciones de alto vacío

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

(1) Centro de Tecnologías Físicas.

Universitat Politècnica de València

03801 Alcoi, Spain

e-mail: ralunam@fis.upv.es

RESUMEN

Existen materiales cuyas aplicaciones tecnológicas están basadas en su elevada porosidad. Dicha porosidad les infiere propiedades como son la baja densidad o la capacidad para retener otros compuestos en su interior. Entre dichos materiales altamente porosos están las espumas metálicas. Este material de aluminio, que puede obtenerse por diferentes procesos presenta la particularidad de que en su producción se genera gran cantidad de poros en su estructura (Fig. 1 izquierda). Otro material que también presenta importantes aplicaciones basadas en su alto grado de porosidad es el carbón activo (Fig. 1 derecha). Obtener el grado de pureza de este tipo de materiales es determinante para poder controlar las propiedades que pueden presentar.

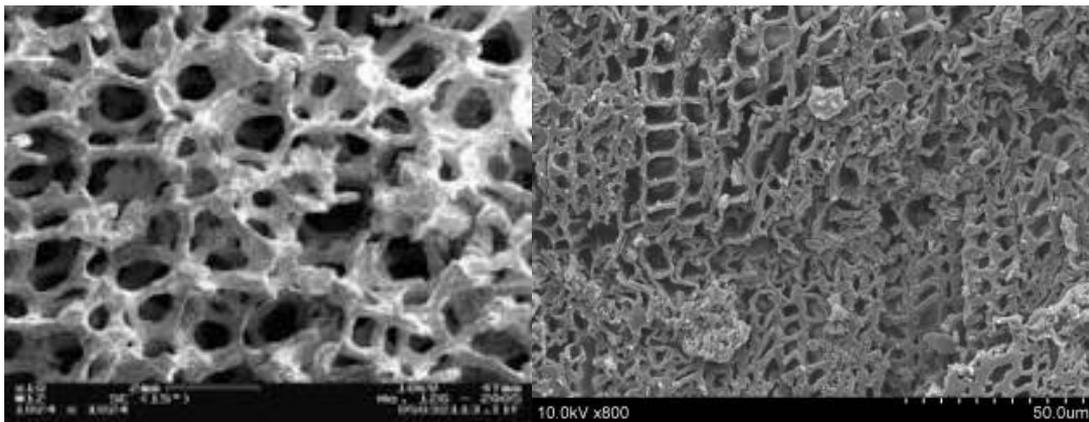


Figura 1. Microscopía electrónica de espuma de aluminio (izquierda) y carbón activo (derecha).

INTRODUCCIÓN

En el laboratorio hemos implementado una técnica basada en alto vacío, para poder controlar la pureza de un material (que llamaremos matriz) que tiene la capacidad de retener en su interior otra u otras especies (que llamaremos impureza) debido a su estructura porosa y a las interacciones entre la matriz y la impureza. Para caracterizar dicho proceso, en el laboratorio se ha simulado el efecto de la matriz usando un depósito controlado de hielo de dióxido de carbono y el efecto del contaminante será simulado por el nitrógeno ya que su temperatura de sublimación es mucho menor que la del dióxido de carbono.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Equipo experimental

El equipo experimental usado en este estudio está formado principalmente por una cámara de alto vacío en cuyo interior se mantiene una presión de 10^{-8} mbar gracias a la acción conjunta de bombas turbomoleculares y rotativas (que sirven de apoyo de las primeras); un criostato de helio comprimido con el que se puede bajar la temperatura del portamuestras hasta los 15 K; un controlador de temperaturas que permite controlar la temperatura desde 15 K hasta 300 K, teniendo la posibilidad de fijar una temperatura determinada en el portamuestras o también producir velocidades de calentamiento constante de, por ejemplo, 1,0 K/min; un sistema de interferometría de doble láser (632 nm) con el que se controla (a partir de sus franjas de interferencia) el grosor del depósito realizado sobre el portamuestras; una microbalanza de cuarzo que permite determinar la variación de masa en el depósito durante el experimento y un espectrómetro de masas de cuadrupolo, que controla la composición de los gases en el interior de la cámara en todo momento.

Procedimiento experimental

El procedimiento está basado en dos pasos diferentes. En primer lugar, se caracterizará el comportamiento en nuestro sistema experimental tanto de la matriz como de la especie contaminante, cada una de ellas por separado. Fig. 2 y Fig. 3 representan el perfil obtenido durante los experimentos de desorción programada en temperatura (TPD) tanto para la matriz de dióxido de carbono como para el contaminante de nitrógeno.

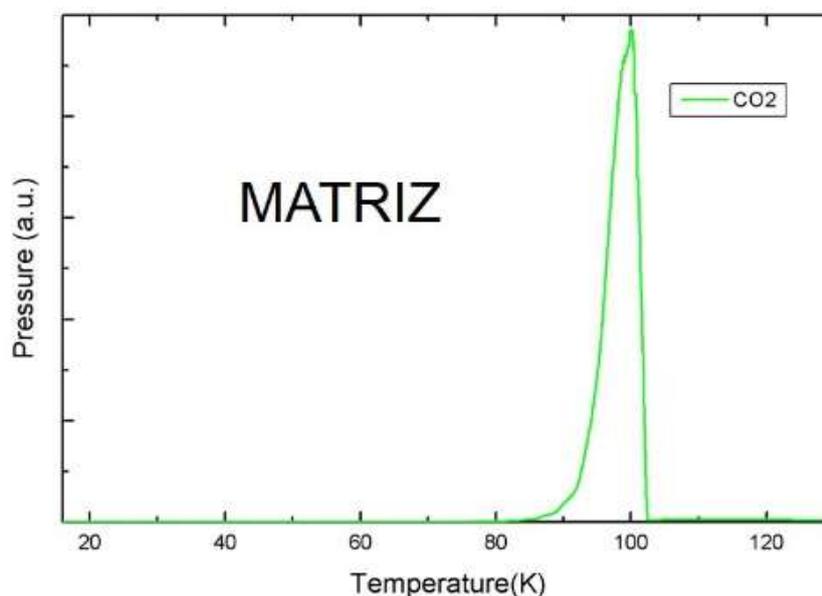


Figura 2. Experimento TPD de una matriz de dióxido de carbono.

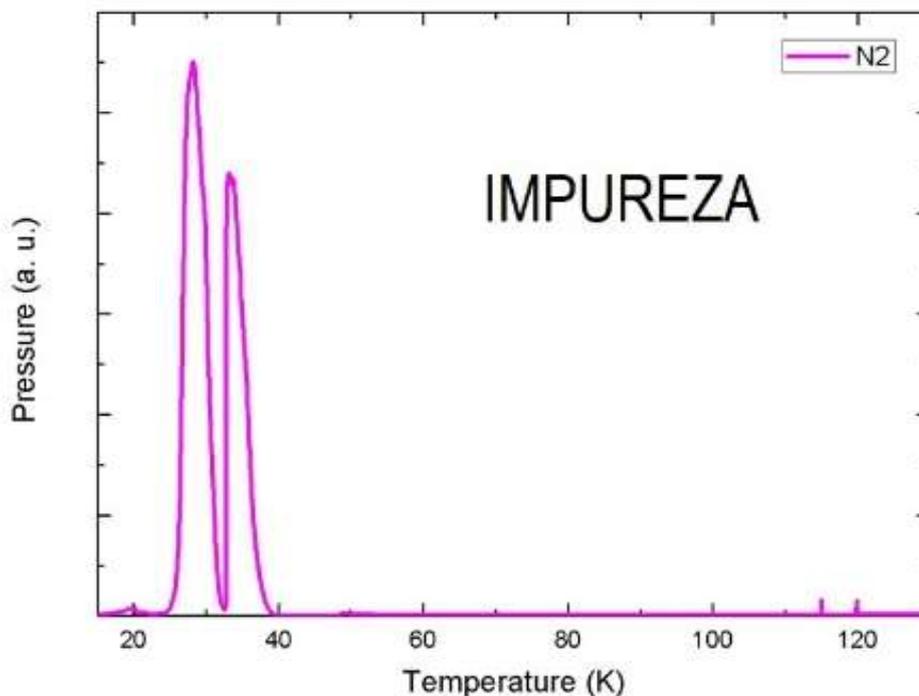


Figura 3. Experimento TPD de un contaminante como el nitrógeno.

Cada una de las especies presenta una temperatura característica a la que sublima. Por tanto, el siguiente paso, realizado para determinar la capacidad de retención de un contaminante, será depositar conjuntamente ambas sustancias y posteriormente sublimar la mezcla. Para ello se ha elegido una mezcla formada por una composición $\text{CO}_2:\text{N}_2$ (95:5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El hielo de dióxido de carbono es un material poroso con un elevado valor de superficie activa que lo hace buen candidato para simular el comportamiento cualitativo de las espumas metálicas y el carbón activo. El resultado de la desorción de la mezcla dióxido de carbono y nitrógeno puede verse en la Fig. 4. En esta gráfica se representa en abcisas la temperatura a la que se encuentra la muestra durante el experimento de TPD y en ordenadas la presión en la cámara a lo largo del experimento. En dicha figura puede verse que el nitrógeno presenta tres picos de desorción. Dichos picos pueden estar relacionados con la estructura o con cambios que se producen en ella durante el calentamiento. Sobre todo hay que resaltar que parte del contaminante no abandona la estructura de la matriz hasta que ésta sublima (pico 3). También puede observarse que entre picos hay una zona en la que sigue produciéndose la desorción aunque en menor cuantía. Esta última desorción está ligada a procesos físicos de difusión. Por tanto, el nitrógeno, a pesar de ser una molécula inerte, es retenido en la estructura porosa del dióxido de carbono. Hay que resaltar que este resultado es el que se obtiene en condiciones de alto vacío. Por tanto, en condiciones de presión ambiental o a las elevadas presiones a las que se puede llevar a cabo una aplicación industrial, la cantidad de contaminante es esperable que sea mayor. Es decir, nuestro análisis puede

representar la determinación de un límite superior de pureza de la matriz debido a la presencia de contaminantes que no pueden ser eliminados de la estructura de este tipo de materiales porosos y por tanto representa la ocupación inevitable de parte de los poros.

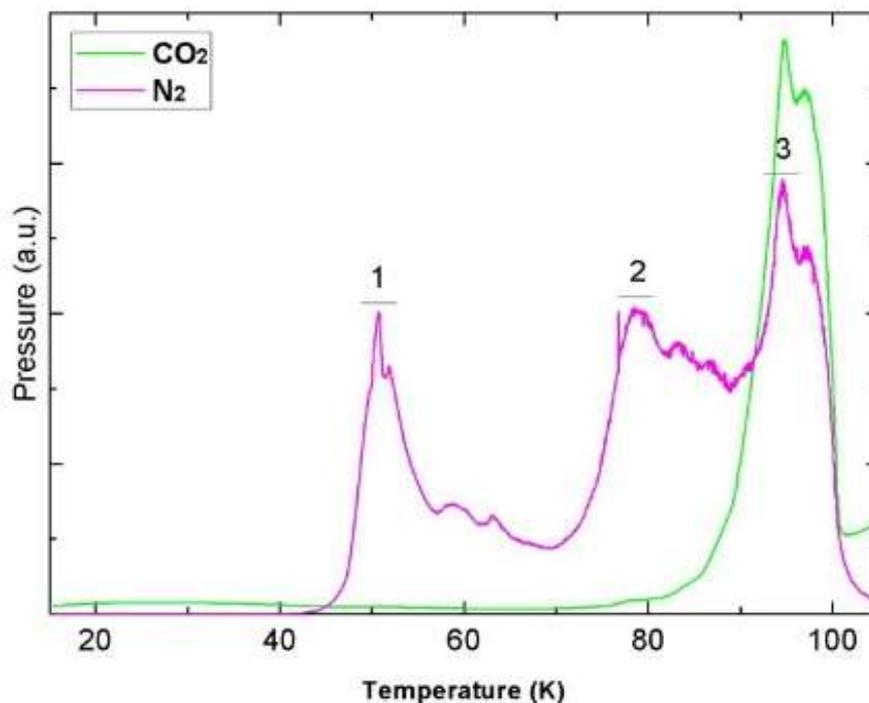


Figura 4. Experimento TPD de una mezcla dióxido de carbono con nitrógeno (95:5).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad por la financiación del presente trabajo a través del proyecto FIS2013-48087-C2-2-P y FIS2016-77726-C3-3-P y cofinanciado por Fondos FEDER.

REFERENCIAS

Luna, R., Satorre, M. Á., Santonja C., & Domingo, M. (2014). New experimental sublimation energy measurements for some relevant astrophysical ices. *Astronomy & Astrophysics*, 566, A27, 1-8

Satorre, M. Á, Luna, R., Millán, C., Santonja, & C., Cantó, J. (2009). Volatiles retained in icy surfaces dominated by CO₂ after energy inputs. *Planetary and Space Science*, 57, 250-258

Actividad de aprendizaje experiencial para el desarrollo de competencias Lean

A. Peiro-Signes⁽¹⁾, O. Trull-Dominguez⁽²⁾

(1) *Departamento de Organización de Empresas, Universitat Politècnica de València*
e-mail: anpeisig@omp.upv.es

(2) *Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universitat Politècnica de València*
e-mail: otrull@eio.upv.es

RESUMEN

Entre las nuevas metodologías docentes, las Actividades de Aprendizaje Experiencial permiten enfrentar a los alumnos a situaciones cercanas a la realidad sin la complejidad de ésta. En este trabajo presentamos una experiencia que enfrenta a los alumnos a situaciones de toma de decisiones y reflexión que mejora la motivación y la percepción de la utilidad de la actividad para el aprendizaje de conceptos y competencias Lean.

INTRODUCCIÓN

La docencia ha cambiado de forma importante en los últimos 20 años. Hemos pasado de un modelo basados en la exposición del profesor a un modelo centrado en el alumno y de un modelo basado en la conocimientos a uno basado en competencias. Las competencias que deben adquirir los alumnos en cada una de las titulaciones es muy variada y requiere de nuevas metodologías que permitan al alumno desarrollarlas al tiempo que trabajan y usan conocimientos relacionados con la titulación. En estas situaciones los profesores deben enfrentarse al cambio hacia la utilización de metodologías que en muchos aspectos son desconocidas. Adicionalmente, los profesores se enfrentan al reto de mantener el interés del alumno a través de las diferentes actividades programadas en el aula. Para conseguir estos objetivos existen múltiples metodologías y implementaciones de dichas metodologías que permiten su aplicación con éxito. Para la consecución de los objetivos de aprendizaje propuestos, las actividades de clase deben estar relacionadas con el aprendizaje pasado (Ausubel, 2000) y deben perdurar en el tiempo. El objetivo debe ser diseñar actividades que permitan un aprendizaje significativo y motiven al estudiante.

Dentro de las nuevas metodologías, las Actividades de Aprendizaje Experiencial o Experiential Learning Activities (ELAs) han tenido cierto éxito a la hora de desarrollar y trabajar conceptos, competencias transversales y la motivación de los alumnos (Peiró-Signes et al., 2015) en distintos niveles educativos (Peiró-Signes & Segarra-Oña, 2015). En este artículo se explica el desarrollo de una Actividad de Aprendizaje Experiencial (ELA) para el aprendizaje de técnicas de lean manufacturing, más concretamente para el aprendizaje de 5's. Mostramos un ejemplo de actividad motivante que permite el aprendizaje por experimentación y el trabajo de competencias transversales clave para el entorno laboral, adaptándonos así a los nuevos requerimientos del entorno educativo. El aspecto más importante a la hora de desarrollar una actividad de este tipo recae sin duda en una adecuada la planificación. El desarrollo de la actividad debe basarse en la consecución de los objetivos de aprendizaje: los conceptos, las habilidades y competencias. De forma complementaria, en la planificación se debe de considerar aspectos infraestructurales, como el tamaño y disposición de la clase, número de alumnos o los recursos disponibles.

El desarrollo de la experiencia empieza con la planificación, posteriormente, ya en la sesión de aula, se realiza la introducción y la ejecución de la actividad, y acaba con el debriefing o discusión final (LaForge y Busing, 1998).

Este artículo se centra en el desarrollo de una Actividad de Aprendizaje Experiencial para mostrar a los estudiantes como aplicar la técnica de 5's. Basándonos en la aplicación a un caso real desarrollamos todos los pasos establecidos en la técnica de forma aplicada para una mejor comprensión de la técnica, de sus fundamentos y de los resultados y beneficios obtenidos. Con ello pretendemos conseguir un aprendizaje significativo y aumentar la motivación del estudiante durante la sesión.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Planificación

Para el profesor, la planificación de la experiencia es la parte más complicada en el diseño y ejecución de aprendizajes experienciales (Halpern y Hakel, 2003). Debe diseñar una experiencia que sin la complejidad de una situación real, pero es capaz de enfrentar a los alumnos a la toma de decisiones y reflexionar al final del proceso sobre aquellos aspectos que han ocurrido durante la experiencia (Kolb, 1984; Wheeler y McLeod, 2002), reflejando de forma relevante los aspectos importantes que queremos transmitir. Es el proceso de reflexión donde los estudiantes construyen el aprendizaje significativo.

Las técnicas de Lean manufacturing se han extendido en el mundo industrial de forma importante en las últimas décadas debido a las presiones competitivas de los mercados. Estas técnicas permiten a las organizaciones reducir los desperdicios de materiales y de proceso, mejorando la eficiencia e introduciendo patrones de mejora continua en la organización. Dentro del rango de técnicas utilizadas, 5's representa una técnica básica dentro del mundo Lean y se trata de una técnica especialmente interesante para la introducción en la metodología y filosofía lean.

La experiencia ha sido diseñada en dos fases. Una primera fase en la que conceptualmente se revisan las distintas fases de 5's y los alumnos pueden visualizar el potencial de la técnica para mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio, mediante la utilización de la actividad "numbers". Una segunda fase de aplicación real de las fases para conseguir la transformación del un área de trabajo atendiendo a los principios de 5's. El objetivo en esta fase aplicar un lugar relevante para los alumnos. En este caso, la aplicación se realizó sobre el taller de mecanizado utilizado por los alumnos en las clases prácticas. Sin embargo, cualquier área que pueda ser conocida por los alumnos podría ser la base de la experiencia. En cursos no relacionados con aspectos técnicos podemos utilizar otras estrategias como la de aplicar 5s a las habitaciones de los alumnos. De forma que en todo caso, los alumnos deben recoger evidencias, fundamentalmente fotográficas, de los distintos avances a de los distintos pasos de la aplicación de la técnica.

Introducción.

Para introducir la actividad iniciamos el ejercicio con la actividad "numbers". Las distintas hojas de la actividad grapadas en orden se reparten de forma que los alumnos desconocen lo que va a ocurrir en los minutos siguientes. Esta actividad permite despertar la curiosidad de los alumnos y la exploración de los diferentes pasos a seguir al aplicar la técnica 5's. También permite a los alumnos reconocer el potencial de mejora de la técnica sobre distintos procesos.

Actividad

La actividad consiste en aplicar los 5 pasos de la técnica 5's (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsuy Shitsuke) a un taller donde observamos evidencias de suciedad, desorden, falta de indicadores visuales, etc. La actividad se realizará en pequeños grupos sobre distintas áreas del taller. Los alumnos pasan por las fases de ejecución y documentan las acciones realizadas. Los resultados de las distintas fases de aplicación se muestran en las figuras 1 a 3.



Figura 1. Elementos antes de empezar la actividad

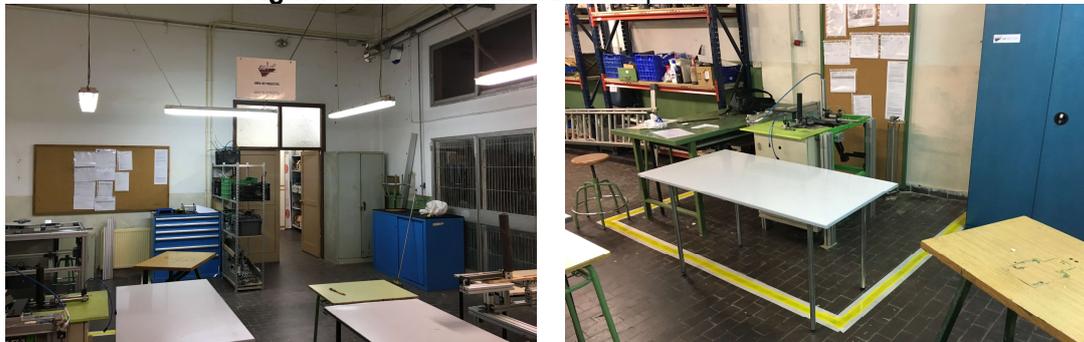


Figura 2. Seiri, Seiton. Limpieza y orden.



Figura 3. Seiso, Seiketsu. Identificación visual.

Debriefing

Una vez completada la experiencia cada grupo evalúa lo experimentado en cada una de las fases y las mejoras que suponen sobre la situación anterior. Para finalizar el profesor inicia el proceso de discusión mediante el resumen de la experiencia y posteriormente recogiendo las aportaciones más relevantes de los alumnos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez finalizada la experiencia los alumnos respondieron a un pequeño cuestionario sobre la actividad. Las preguntas se plantearon siguiendo una escala Likert de 1 a 5,

siendo 1, totalmente en desacuerdo, y 5, totalmente de acuerdo. La tabla 1 recoge los resultados del cuestionario. El resultado sobre la primera experiencia realizada sobre un grupo de 13 alumnos indica que los alumnos encontraron en general la experiencia más motivadora que una clase magistral y permite que los alumnos puedan explicar qué es y para que sirven las técnicas lean y cómo pueden mejorar el proceso.

Tabla 1. Resultados del cuestionario.

| Pregunta | Media |
|--|--------------|
| La actividad le ayuda a explicar qué es un Lean 6 sigma y para qué sirve | 5 |
| La actividad le ayuda a explicar cómo un método Lean puede mejorar un proceso | 4,84 |
| Hasta qué punto fue una experiencia mejor y más motivadora que una clase magistral | 4,77 |
| Recomendaría la experiencia para aprender sobre temas de mejora de procesos | 4,7 |

CONCLUSIONES

Hemos comprobado que la actividad de aprendizaje experiencial propuesta resulta de interés para lo alumnos

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del estudio desarrollado por el Grupo de Aprendizaje Experiencial (GAE) creado como EICE en la UPV y por profesores del IES Gonzalo Anaya de Xirivella. Los autores desean agradecer a la UPV por el apoyo a través del PIME 2017-2019 "Adaptación y desarrollo de aprendizajes experienciales al contexto de las asignaturas (II)" y a la Conselleria de Educación, Investigación, Cultura y Deporte de la Generalitat Valenciana a través del Proyecto de innovación e investigación educativa denominado "Adaptación y desarrollo de aprendizajes experienciales al contexto de la formación profesional" (Expediente 938397).

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. (2012). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Science & Business Media.
- Halpern, D. F., & Hakel, M. D. (2003). Applying the science of learning to the university and beyond: Teaching for long-term retention and transfer. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 35(4), 36-41.
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Laforge, R. L., & Busing, M. E. (1998). The use of industrial software to create experiential learning activities in operations management courses. *Production and Operations Management*, 7(3), 325-334.
- Peiro-Signes A., & Segarra-Oña, M. (2015). Experiential learning as a dynamizer of class activity. In Proceedings of ICERI2015 Conference (pp. 1010-1013).
- Peiro-signes, A., Segarra-Oña, M., De Miguel-Molina, M., J Albors-Garrigós, J., & De Miguel-Molina, B. (2015). The experiential learning activity: benefits and difficulties in real learning environments. In Proceedings of ICERI2015 Conference (pp. 7231-7237)
- Wheeler, J. V., & McLeod, P. L. (2002). Expanding our teaching effectiveness: Understanding our responses to "in-the-moment" classroom events. *Journal of Management Education*, 26(6), 693-716.

Tintura de tejido de algodón con colorante de achiote en nanoarcillas de montmorillonita K10

I. Montava Seguí⁽¹⁾, E. Carvajal⁽¹⁾, E. Bou⁽¹⁾.

(1) Grupo de Investigación en la Industria Textil (GIITEX). Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València, Alcoy, Alicante, España.

E-mail: evbobel@txp.upv.es

RESUMEN

El achiote o Annatto (*Bixa orellana*) Se caracteriza por tener una tonalidad rojiza característica y muy intensa. El proceso de tintura de fibras textiles con el extracto de esta semilla genera bajas solidez en húmedo. En este trabajo se ha procedido a la extracción del colorante de esta semilla obteniendo dos extractos claramente diferenciados, extracto rojo (R) y extracto amarillo (Y). Se ha procedido a la inclusión de los extractos en nanoarcillas de montmorillonita K10 y la caracterización posterior de los tejidos mediante técnicas espectroscópicas y mediante microscopía electrónica de barrido (SEM)

INTRODUCCIÓN

Los colorantes se clasifican en artificiales y orgánicos, según la Comunidad Europea (C.E.) se clasifica a la Bixina y Norbixina como E-160b de color amarillo anaranjado; hasta finales del siglo pasado todos los colorantes naturales añadidos fueron los más utilizados en la industria, en tanto que los colorantes sintéticos como la anilina fue descubierta en 1826 por Unverdorben y en la actualidad el 90% de los colorantes utilizados en la industria son artificiales [1].

Los principales pigmentos de las semillas de achiote son bixina y nor-bixina. Estos pigmentos son carotenoides cuyos colores varían entre amarillo y rojo, colores de gran importancia en la industria alimentaria, farmacológica y cosmética [2], la bixina que es la parte liposoluble y la norbixina es la parte hidrosoluble.

Los diferentes métodos de extracción de la bixina y norbixina del achiote (*Bixa orellana* L.), se presenta en las monografías realizadas en Food and Agriculture Organization of the United Nations, siendo los siguientes: “norbixina procesada en álcali, precipitada en ácido; norbixina procesada en álcali, no precipitada en ácido; bixina acuosa procesada; bixina procesada en aceite (tentativa); bixina extraída con disolvente y norbixina extraída con disolvente” [3]; otros estudios realizados presentan: “La extracción acelerada con solvente (ASE), evalúa las proporciones de ciclo hexano : acetona (60%:40%) a 50 °C durante 5 minutos de calentamiento dio como resultado el mayor rendimiento de bixina (48,00%) frente al (29,14%) con las otras proporciones de solventes y métodos probados”[4].

Por otra parte las variables más comunes que muchos investigadores toman en cuenta son: La Temperatura, Tiempo, %Solvente recuperado, %Bixina extraído [4, 5], el PH [6], la Presión [2], relación semilla / solvente (1/15 - 1/25 g / mL) [7], semilla/solvente (1/15 - 1/25 g/ml), tiempo (30 - 50 min) y temperatura de extracción (50 - 70°C) [7].

En el presente estudio se pretende determinar la posibilidad de tintar las fibras de algodón con los extractos del achiote incluidos en matrices de nanoarcillas. Concretamente en este caso se trabajará con cada una de las fracciones obtenidas en

el proceso de extracción, en el que se ha obtenido a) extracto rojo (R) y b) extracto amarillo (Y) obteniendo nanopigmentos (NP) específicos como son el nanopigmento rojo (NPR) y el nanopigmento amarillo (NPY).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

Para el proceso de tintura se ha tratado un tejido de algodón 100% blanqueado químicamente a nivel industrial. Las muestras de Achiote o Annatto (*Bixa orellana*); se obtuvieron de Ecuador.



Figura 1. Semillas de Achiote recolectadas

Extracción del colorante

Las semillas se pusieron en acetona en una relación 1/10 durante 26 horas en agitador magnético el extracto se procesó en el Rotavapor a 50 °C por 25 min. El producto resultante se mezcla con NaOH y KOH, relación 1/1, durante 45 min en baño maría y se centrifuga por 2 horas. El extracto obtenido se divide en dos tipos a) extracto rojo (R) y b) extracto amarillo (Y)

Preparación de la nanoarcilla

Se partió de la relación de 10 gr de nanoarcilla (Montmorillonita) en 2,5 Lt de agua desionizada. La cual se dejó en agitación magnética durante 24 h.

Se centrifugo una muestra de extracto de achiote la cual fue mezclada con la nanoarcilla, esta solución se la denominó nanopigmento (NP). En función del extracto aplicado se ha denominado nanopigmento rojo (NPR) y nanopigmento amarillo (NPY).

Proceso de tintura

Para la tintura de las muestras se ha procedido a la realización de tintura en abierto por agotamiento, empleando una relación de baño 1/40 y se ha alcanzado la temperatura de 60° C manteniendo dicha temperatura durante 60 minutos.

Espectroscopía de reflexión

Con el objetivo de comparar mediciones de diferencia de color de forma objetiva se han obtenido los espectros de reflexión de las muestras tintadas empleando un espectrofotómetro de reflexión MINOLITA CM-3600d. La componente especular estaba incluida. Las medidas se realizaron con el observador patrón CIE-Lab 10° y el iluminante estándar D65.

Microscopía electrónica de barrido (SEM)

Para la caracterización morfológica, se ha utilizado la microscopía electrónica de barrido de emisión de campo FESEM (ULTRA 55, ZEISS), empleando un voltaje de aceleración de 2kV en las superficies a analizar de cada una de las muestras

Se realizaron medidas de energía dispersiva de rayos X (EDX) entre 0 y 20 kV. Con una apertura de 60 micras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis espectroscópico de los tejidos

La Figura 2 muestra dos porciones de tejido de algodón tras la tintura con los extractos obtenidos. Se puede observar que el extracto R ofrece el espectro característico de una tonalidad anaranjada, mientras que la muestra tratada con el extracto Y ha obtenido un

color más amarillento perdiendo parte de la componente rojiza que se observa en el extracto R. En cuanto a las diferencias de color sobre las muestras se puede decir que la diferencia es evidente tal y como cabía esperar de las tonalidades obtenidas en los extractos.

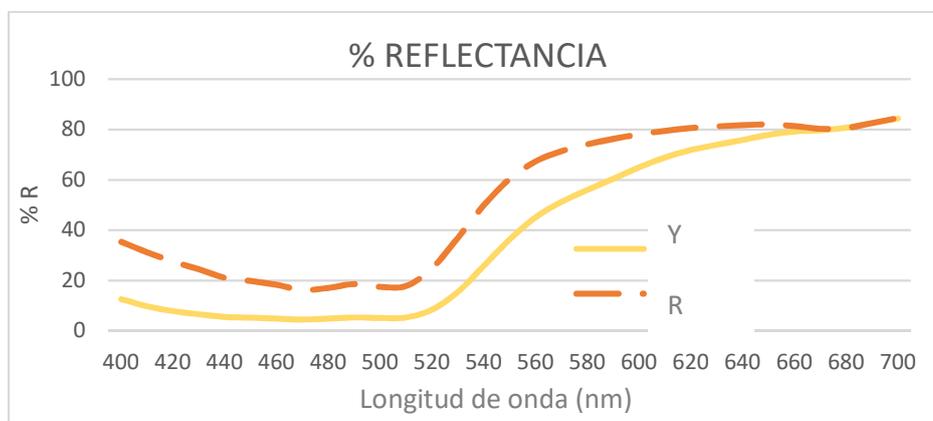


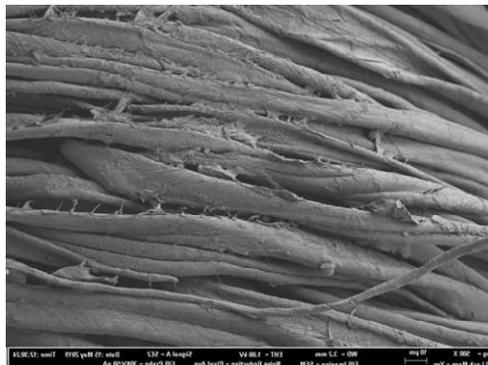
Figura 2. Espectro de reflectancia de los tejidos tintados. R = curva obtenida a partir de la muestra tintada con el extracto R; Y = curva obtenida a partir de la muestra tintada con el extracto Y

SEM

Con el fin de evidenciar si las muestras habían sido tintadas por el extracto o existe presencia de las nanoarcillas en el tejido se ha recurrido al análisis de los tejidos mediante microscopía electrónica de barrido. La figura 3 muestra claramente la presencia del pigmento de nanoarcilla sobre las fibras de algodón, en la figura 3^a se muestra el tejido tratado con el (NPR) mientras que la figura 3b muestra la nanoarcilla tratada con el pigmento amarillo (NPY).



a)



b)

Figura 3. Tejido de algodón tintado con el pigmento de nanoarcilla a) Extracto Rojo (NPR). b) Extracto amarillo (NPY).

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado el proceso de tincura de algodón con extractos de achiote tras haberlos sometido a un tratamiento con nanoarcillas y convertidos en nanopigmentos. Los resultados muestran que los tejidos tratados con estos nanopigmentos (NP) presentan la nanoarcilla en la superficie de la fibra. La presencia del colorante se ha verificado, a parte de tras la observación visual de los tejidos donde claramente se diferencia dos tonalidades distintas, la anaranjada y la amarillenta,

mediante la espectroscopía de reflectancia que ha permitido corroborar las tonalidades características de los extractos obtenidos.

Investigaciones posteriores se centraran en estudiar si se obtiene una mejora en la solidez en húmedo de las muestras o ante otros agentes externos que suelen degradar los colorantes naturales.

REFERENCIAS

- [1] Moral, M. C. (2017). Estudio de los colorantes alimentarios para su aplicación en las Bellas Artes. Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/1724/1/T20054.pdf>
- [2] Taham, T., Cabral, F. A., & Barrozo, M. A. S. (2015). Extraction of bixin from annatto seeds using combined technologies. *The Journal of Supercritical Fluids*, 100, 175–183.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2006). Compendium of food additive specifications. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0675e.pdf>
- [4] Rahmalia, W., Fabre, J.-F., & Mouloungui, Z. (2015). ScienceDirect Effects of Cyclohexane/Acetone Ratio on Bixin Extraction Yield by Accelerated Solvent Extraction Method. *Procedia Chemistry*, 14(14), 455–464.
- [5] Hernández, M., Tirado, J., Iliná, A., López, R., Reboloso, O., & Ruelas, X. (n.d.). Obtención del colorante de la semilla de achiote (*Bixa orellana*) utilizando microorganismos celulolíticos.
- [6] Shahid-ul-Islam, Rather, L. J., & Mohammad, F. (2016). Phytochemistry, biological activities and potential of annatto in natural colorant production for industrial applications – A review. *Journal of Advanced Research*, 7(3), 499–514.
- [7] Nguyen, N. Q., & Dang, T. Q. (2017). Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigments from Annatto Seeds (*Bixa Orellana*) Using Response Surface Methodology. *EC Nutrition*, 7(4), 159–169.

Estudio del comportamiento de los coloides en la formación y eliminación de fouling en el proceso de ultrafiltración para la reutilización de aguas depuradas de una industria papelera.

María-Fernanda López-Pérez⁽¹⁾, Mayko Rannany S. Sousa⁽¹⁾, J. Lora-García⁽¹⁾, S.C. Cardona⁽¹⁾, V. Fombuena⁽²⁾.

*(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: malope1@iqn.upv.es*

*(2) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM),
Departamento de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

INTRODUCCIÓN

El papel de cartón reciclado es una de las industrias cuyo consumo de agua es muy alto, por lo que es muy importante tener en cuenta el tratamiento de sus aguas residuales. En este tipo de industrias se utilizan diferentes tratamientos de aguas residuales para paliar los problemas de contaminación. El tratamiento anaeróbico biológico seguido del tratamiento aeróbico es la tecnología más instalada, aunque estas combinaciones necesitan un tratamiento terciario en el caso que se quiera alcanzar la reutilización del agua en el proceso de fabricación de papel.

La tecnología de ultrafiltración (UF) es una forma alternativa de eliminar las sustancias disueltas y coloidales (DCS) que están presentes en el efluente del proceso biológico. Estas sustancias desarrollan biopelículas en la máquina de papel y producen roturas de hojas de papel. Durante las últimas décadas se ha investigado sobre la modelización de procesos de membranas (Sousa, Lora-García, & López-Pérez, 2018a), es por ello que se hace necesario tener conocimientos fundamentales del proceso e identificar todo lo que afecta en el proceso de ultrafiltración: cómo interaccionan los distintos parámetros operativos y cómo afectan al ensuciamiento y el flux de la membrana (Blatt, David, Michaels, & Nelson, 1970). Por tanto, una comprensión del comportamiento de los DCS en membranas de baja presión es importante a la hora de optimizar la operación del tratamiento del agua residual mediante membranas UF (Sousa, Lora-García, & López-Pérez, 2018b). Muchos investigadores han estudiado el comportamiento de los DCS y cómo influyen algunos parámetros, como son su forma y la distribución del tamaño de las moléculas, y la importancia de conocer los factores influyentes que afectan a la disminución del flujo (Hunter, 1988).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Membrana de ultrafiltración utilizada

Las membranas de UF utilizadas en el presente trabajo fueron de Synder Filtration™ (Vacaville, CA-USA). Las membranas utilizadas son de hoja plana de polietersulfona (PES) con un corte de peso molecular de 10 kDa (MWCO).

Agua residual a tratar

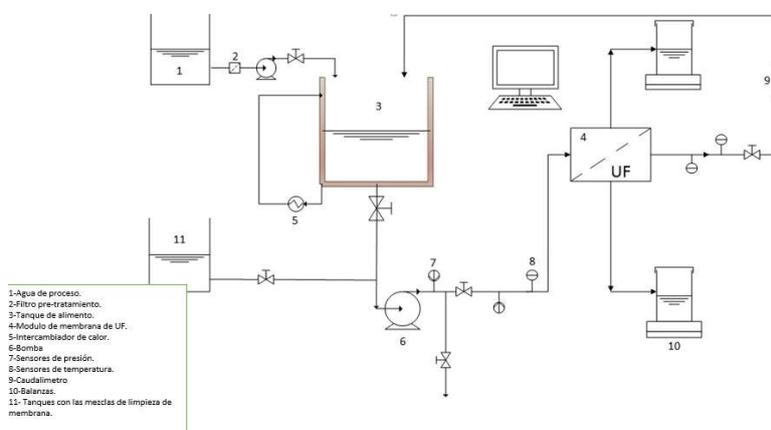
El agua residual utilizada en este trabajo proviene de una papelera de la zona de Alcoy (Tabla 1).

Tabla 1. Características fisicoquímicas del agua de la industria papelera.

| Muestra | T (°C) | pH | Turbidez (NTU) | Conductividad (25 °C) mS/cm | Nitrógeno T (mg/L) | Fosfato (mg/L) | SST(g/L) |
|---------|--------|------|----------------|-----------------------------|--------------------|----------------|----------|
| 1 | 26.6 | 8.49 | 9.805 | 4.14 a 27.1 | | | 0.032 |
| 2 | 26.6 | 8.47 | 9.571 | 4.1 a 27.1 | | | 0.046 |
| 3 | 26.6 | 8.53 | 9.883 | 4.07 a 27.2 | | | 0.028 |
| 4 | 21.7 | 8.19 | 9.680 | 3.81 a 24.1 | < 0.5 | < 0.05 | 0.038 |

Planta UF utilizada en el laboratorio

Los experimentos fueron realizados en la planta piloto de UF que se muestra en la figura. En primer lugar, se realizó un prefiltrado mediante filtros de 25 y 5 micras (Cintronpur), para evitar entrada de sólidos en el sistema. El módulo de membrana que se utiliza es de la empresa Rhone-Poulenc UFP 2. El área efectiva de la membrana es de 0.0129 m². El sistema está refrigerado a 20°C para el control del permeado (flux), el cual será recogido y monitorizado mediante balanzas analíticas.

**Figura 1.** Esquema de la planta UF. (4) Modulo plano. (10) balanza de medida de permeado.

Ensayos de medición de tamaño de partícula y potencial Zeta

Las medidas se realizan mediante el uso del equipo Zetasizer Nano Z (Malvern Instrument Ltd.) a temperatura constante (25 °C). Para los ensayos se ha utilizado una cubeta DTS0012 (Malvern).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron ensayos para determinar los parámetros operacionales más influyentes en el ensuciamiento de las membranas y la influencia de los coloides en el mismo. Los factores operacionales estudiados fueron la presión transmembranal (TMP 1, 2, 3 bar), la temperatura (15, 22.5, 30 °C) y la velocidad tangencial (0.463, 0.752, 1.041 m·s⁻¹).

Tal y como se puede observar en la figura 2, la presión transmembranal es el parámetro de mayor influencia en el flux de permeado obtenido en los ensayos para las aguas residuales de papelera. También puede observarse en dicha figura que la temperatura y la velocidad tangencial tienen efecto sobre el ensuciamiento de la membrana, aunque no es tan evidente como el efecto que ejerce la presión.

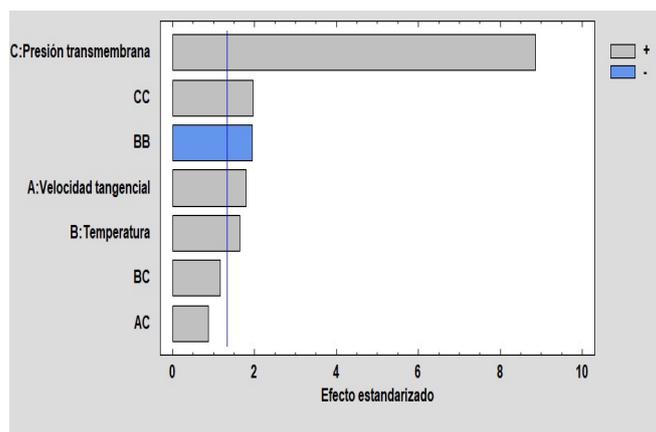


Figura 2. Diagrama de Pareto estandarizada para flux de permeado inicial para indicar el parámetro más influyente.

En cuanto al tamaño de partícula analizado en las aguas de proceso, se observa que hay tres tamaños de partícula que se encuentran mayoritariamente: la fracción de partículas con un diámetro cercano a 200 nm, una fracción de partículas más abundante con diámetros entre 700-1000 nm y, finalmente, un tamaño de partícula cercano a los 10000 nm (Figura 3).

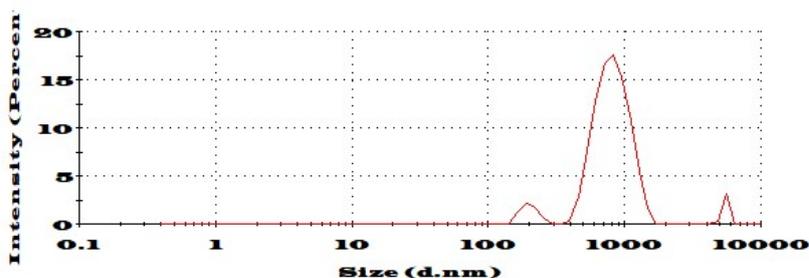


Figura 3. Distribución de tamaño de partícula de agua de proceso a la salida de la depuradora de la planta papelera.

Una vez realizada la determinación de distribución de tamaño en las aguas permeadas, se pudo observar que la membrana estudiada rechaza en su totalidad las partículas con un diámetro superior a 700 nm (los cuales estaban en mayor presencia). Cuando se observa la distribución de tamaños, podemos observar que el tamaño de las partículas en el permeado es menor cuanto menor es la velocidad, temperatura y presión transmembranal. También se observa que la diferencia de tamaños de partícula rechazados en la membrana es mayor con la velocidad tangencial aplicada. Cuando la temperatura era de 22.5 °C se pudo observar que la membrana rechazaba en su totalidad las partículas con un diámetro superior a 700 nm (los cuales estaban en mayor presencia), excepto cuando la velocidad era de 1.041 m/s donde se observaron valores cercanos a 500 nm. Esto puede ser explicado ya que estas condiciones fueron las utilizadas con la membrana limpia, por lo que el paso de moléculas a través de la membrana fue mayor al inicio hasta que los poros de la misma se empiezan a bloquear. Por lo tanto, la formación de torta nos permite una mayor separación de partículas. En todos los casos, cuando aumentamos la presión de 1 a 3 bares se observaron más partículas de mayor tamaño en el permeado. En algunos casos, se observan partículas mayores que el tamaño de poro, debido seguramente a una agregación de los coloides debido a las fuerzas intramoleculares de los mismos. En cuanto al potencial zeta, se observó en todos los casos un valor negativo confirmando la teoría "estos valores muestran la presencia de contaminantes en el agua; con mayores interacciones entre las partículas, y que, además, no presenta valores superiores a -30 mV lo cual traería

problemas a una futura floculación como pretratamiento” (Hunter, 1988). En todos los ensayos se pudo constatar que un aumento de la velocidad tangencial y de la temperatura. se traducía en un aumento de la negatividad del potencial zeta, pero que el efecto de la presión transmembrana era el parámetro que más afectaba al mismo. Sin embargo, también y de la misma forma que en el caso del tamaño de partícula, cuando la membrana se encuentra limpia hay un aumento del potencial independientemente de los parámetros operacionales debido a que no se han bloqueado poros, ni formado torta por lo que hay una menor selectividad.

CONCLUSIONES

Como hemos podido observar, la presión transmembranal es el parámetro que presenta una mayor influencia en el ensuciamiento de la membrana respecto a otros parámetros de operación. Además, hemos podido observar en la superficie de respuestas, que se demuestra que los mayores flujos de permeado en estas membranas se obtienen con la velocidad tangencial y las presiones más altas. En cuanto a los tamaños de partículas de los coloides que pueden influir en el fouling, vemos que el tamaño de partícula que se obtiene en los permeados (<500 nm) son menores a los presentes en el agua de proceso (700-1000 nm) demostrando así la eficacia del corte molecular de la membrana utilizada. Los valores de potenciales ZETA son inferiores a 0, corroborando la presencia de contaminantes en el agua y con grandes interacciones entre las partículas. Por ello, en su mayoría, los valores de potencial zeta cercanos a 0 presentaron un flux de permeado menor por la facilidad de las partículas a depositarse.

REFERENCIAS

Blatt, W. F., David, A., Michaels, A. S., & Nelson, L. (1970). Solute polarization and cake formation in membrane ultrafiltration, causes, consequences, and control techniques. *Membrane science and technology*, Ed. Plenum, New York.

Hunter, R. J. Zeta Potential in Colloid Science. Principles and applications. (1988) Academic Press.

Sousa, M. R. S., Lora-Garcia, J., & López-Pérez, M. F. (2018a). Experimental study and modeling of forward osmosis process for activated sludge concentration by using residual brine from a stuffed olive factory as draw solution. *Journal of water process engineering*, 21, 143-153.

Sousa, M. R. S., Lora-Garcia, J., & López-Pérez, M. F. (2018b). Modelling approach to an ultrafiltration process for the removal of dissolved and colloidal substances from treated wastewater for reuse in recycled paper manufacturing. *Journal of water process engineering*, 21, 96-106.

Estudio comparativo del proceso de biodegradabilidad por compostaje en polímeros y biopolímeros usados en el sector del envase y embalaje

V. Fombuena⁽¹⁾, J. Lora-García⁽²⁾, S.C. Cardona⁽²⁾, María-Fernanda López-Pérez⁽²⁾

(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)

*(2) 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: vifombor@upv.es*

RESUMEN

En el presente documento se ha llevado a cabo un estudio de biodegradabilidad por compostaje de diferentes polímeros de origen petroquímico, como son el polietileno tereftalato (PET) y el polipropileno (PP), de amplio uso en el sector del envase y embalaje. El estudio se ha realizado siguiendo la normativa UNE EN 20200 que establece el grado de desintegración de un polímero cuando se somete a condiciones aceleradas en el laboratorio. Dada la gran problemática medioambiental que están causando estos polímeros de origen petroquímico, en el estudio se compara la capacidad de degradación por compostaje de los polímeros de uso actual con alternativas de polímeros biodegradables como son el polihidroxibutirato (PHB) y el ácido poliláctico (PLA).

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de polímeros sintéticos están diseñados para que posean una gran durabilidad y resistencia a la degradación. No obstante, la tendencia de consumo actual, hace que estos materiales posean un ciclo de vida muy corto, donde en la gran mayoría de casos, se considera inferior a los 2 años (Ramis et al., 2004). Si se pone como ejemplo una bolsa de la compra elaborada con polietileno (PE) su ciclo de vida puede ser inferior a unas horas. Tan solo en el año 2016 se han producido más de 335 millones de toneladas, lo que representa un aumento de la producción respecto a anteriores años de casi un 4% (Manufactures, 2017). El sector del envase y embalaje representa más de un 39% del total de la demanda de polímeros, siendo el sector con mayor utilización, seguido de la construcción y la automoción (Bioplastics, 2018). Por tanto, teniendo en cuenta el elevado uso de estos polímeros y que están diseñados para tener una gran durabilidad, la consecuencia es una problemática medioambiental cada vez más alarmante como consecuencia de residuos poliméricos en medios terrestres y sobre todo marinos.

Actualmente esta problemática medioambiental junto a la mayor concienciación social ha dado lugar a un incremento en la investigación y desarrollo de material poliméricos más respetuosos con el medioambiente, llegando incluso a ser biodegradables. Los denominados “biopolímeros” son aquellos polímeros que son de origen bio, o bio-basados o que incluso presentan ambas características. Algunos de los biopolímeros con mayor potencial son el PLA y el PHB. El PLA puede ser obtenido a través de

recursos naturales o incluso a través de vías químicas por polimerización y el PHB son obtenidos completamente a través de microorganismos como son las bacterias Gram.

El presente estudio ha determinado el grado de desintegración por compostaje de dos polímeros de origen petroquímico usados ampliamente en el sector del envase y el embalaje (PET y PP) y los ha comparado con dos posibles alternativas como son el PLA y el PHB.

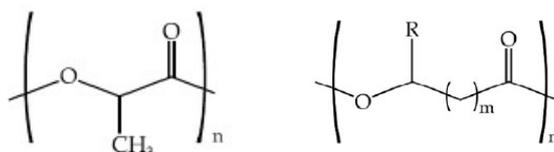


Figura 1. Estructura química del ácido poliláctico (PLA) (izquierda) y el polihidroxibutirato (PHB) (derecha).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

El estudio de desintegración de los cuatro materiales poliméricos se ha llevado a cabo siguiendo la normativa UNE EN ISO 20200:2015 “Determinación del grado de desintegración de materiales plásticos bajo condiciones de compostaje simuladas en un ensayo de laboratorio”. Esta normativa establece el método para determinar el grado de desintegración. El proceso puede ser resumido de la siguiente forma:

- Se deben cortar muestras en un tamaño de 25x25 mm si el espesor es inferior a 5 mm y se anota la masa inicial
- Estos fragmentos son introducidos en unas mallas cuyo paso de luz es de 1 mm², de esta forma, a medida que el material se vaya desintegrando en tamaños más pequeños a 1 mm², se considerará material desintegrado por compostaje.
- Las diferentes muestras se introducen en un reactor de polipropileno donde se añade un compost artificial creado según especifica la normativa y que contiene elementos como serrín, compost, urea, aceite de maíz, azúcar y agua.
- El reactor se introduce en una estufa a 58 °C y se lleva a cabo un exhaustivo control de la humedad diario. En el actual ensayo se retira una muestra cada semana.

En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo del procedimiento llevado a cabo donde se observa el PLA (polímero transparente) ya situado en su respectiva malla y sobre el compost de composición especificada por la normativa. Cada una de las muestras será retirada cada semana:



Figura 2. Imagen del reactor con el compost y muestras poliméricas de PLA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las siguientes imágenes muestran la evolución visual de las diferentes muestras poliméricas a medida que avanza el ensayo de desintegración por biocompostaje. A la izquierda se visualiza una probeta en el momento de iniciar el ensayo, es decir una muestra sin ser sometida al proceso de compostaje y a la derecha el mismo polímero tras ocho semanas de ensayo (a excepción del PLA, cuya imagen es a las 5 semanas). En la parte superior se aprecia como los dos polímeros de origen petroquímico, un PET obtenido de botellas de agua y un PP obtenido de tapones apenas han variado su aspecto físico tras las 8 semanas de ensayo. En la parte inferior se muestran los dos polímeros biodegradables como son el PLA y el PHB. En el caso del PLA el ensayo ha sido realizado únicamente durante 5 semanas, puesto que, transcurrido este tiempo, la muestra ya se consideraba desintegrada por compostaje al 100%. La imagen muestra la malla utilizada para depositar las probetas con un poco de residuo del polímero compostado. Por su parte el PHB, material de origen bacteriano ha demostrado ser más resistente al proceso de desintegración, y en este caso, en las imágenes se compara la probeta antes del proceso y tras 8 semanas de ensayo. Se puede observar como la probeta ya aparece agrietada y ya existe pérdida de masa pero no llega al 100% de la masa inicial.



Figura 3. Imágenes de las probetas antes del ensayo (izquierda) y tras 8 semanas (derecha). Superior izquierda: PET. Superior derecha: PP. Inferior izquierda: PLA. Inferior derecha: PHB.

El estudio visual se ha completado con una medida de la pérdida de masa de los diferentes materiales. En el caso del PET y del PP ambos materiales, tras 8 semanas de proceso apenas han sufrido variación en la masa, lo que indican que no son materiales biodegradables. En cambio, el PLA en 5 semanas ya se puede considerar 100% desintegrado por compostaje ya que ha perdido el 100% de la masa inicial. El PHB, es ligeramente más resistente, aunque transcurridas 8 semanas, su desintegración alcanza el 72%, lo que sugiere que unas pocas semanas más, habría compostado al 100%.

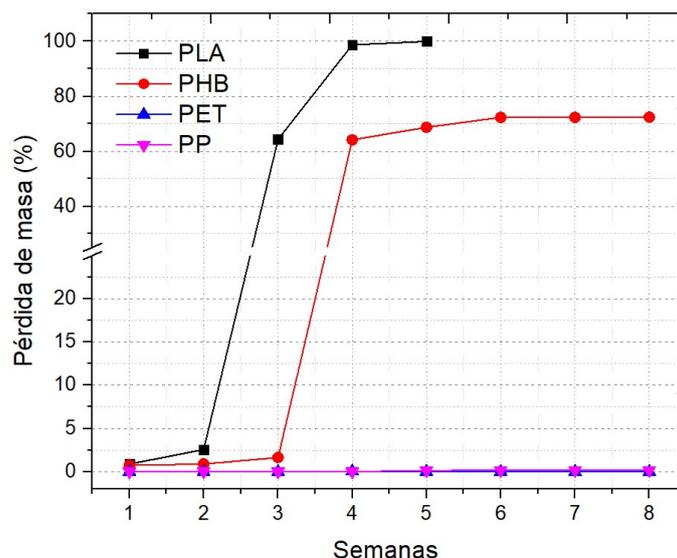


Figura 3. Evolución de la pérdida de masa de los diferentes polímeros durante 8 semanas de ensayo.

CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio se ha demostrado que los polímeros biodegradables como el PLA y el PHB pueden llegar a ser una alternativa ecológica a los actuales polímeros de origen petroquímico, como son el PET y el PP. Teniendo en cuenta que en dicho estudio no se han comparado propiedades tan importantes como son las mecánicas, térmicas, económicas o incluso propiedades barrera, los autores consideran que, al menos desde el punto de vista medioambiental, dichos biopolímeros deben ser considerados para el desarrollo de nuevos productos amigables con el medioambiente.

REFERENCIAS

X. Ramis, A. Cadenato, J.M. Salla, J.M. Morancho, A. Valles, L. Contat, A. Ribes. (2004). Thermal degradation of polypropylene/starch-based materials with enhanced biodegradability. *Polymer Degradation and Stability*, 86, 483-491.

Association of Plastics Manufacturers. (2017). *Plastics The Fact 2017: analysis of European plastics production, demand and waste data*.

Bioplastics. (2018, Julio). www.european-bioplastics.org.

Determinación de variables que afectan al resultado eco-innovador

C. García-Meseguer⁽¹⁾, A. Peiro-Signes⁽²⁾

*(1) Instituto de Ingeniería del Agua y Medio ambiente, Universitat Politècnica de València
Ciudad Politécnica de la Innovación, Edificio 8G Acceso D, 5ª planta
Camino de Vera S/N – 46022 Valencia - Spain*

e-mail: gestor@iiama.upv.es

*(2) Departamento de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de València
Camino de Vera S/N – 46022 Valencia - Spain*

e-mail: anpeisig@omp.upv.es

RESUMEN

Las innovaciones que contribuyen a la sostenibilidad suelen denominarse eco-innovaciones. Las eco-innovaciones reducen el impacto de las compañías sobre el medio ambiente. Los resultados de este trabajo indican que la exposición de las organizaciones al exterior, a través del mercado en el que operan, de la cooperación para el desarrollo de innovaciones o de actividades relacionadas con la innovación y de la provisión de financiación pública, afectan positivamente en el resultado de las innovaciones que generan beneficios medioambientales.

INTRODUCCIÓN

Las innovaciones que contribuyen a la sostenibilidad suelen denominarse eco-innovaciones. Una innovación con beneficios ambientales se define como un producto nuevo o significativamente mejorado (bien o servicio), proceso, método organizativo o método de marketing que genera beneficios ambientales en comparación con otras alternativas. Los beneficios ambientales pueden ser el objetivo principal de la innovación o un subproducto de otros objetivos y pueden producirse durante la producción del bien o servicio, o durante su consumo o uso por parte del usuario final de un producto (CIS 2014).

La ecoinnovación permite caminar hacia una economía sostenible reduciendo el impacto de las compañías sobre el medio ambiente (Cubas-Díaz y Martínez Sedano, 2018).

Estudios previos en este ámbito se han centrado en los resultados obtenidos por las empresas. Estos estudios han encontrado relaciones con un mejor desempeño (Lin, Tan y Geng, 2013) a nivel económico (Aguilera-Caracuel y Ortiz-de-Mandojana, 2013), de capacidad operativa (Zhu & Sarkis, 2004), de capacidad de innovación (Dangelico, Pujari, y Pontrandolfo, 2017) y capacidad de comercialización (Chen, 2008), erigiéndose como una fuente de ventaja competitiva (Porter & Van der Linde, 1995).

Otros estudios han ido encaminados a buscar los impulsores de la eco-innovación. Entre las variables identificadas potencian la eco-innovación se han encontrado, entre otros, la trayectoria tecnológica de las empresas (Sáez-Martínez et al., 2016), la colaboración con instituciones de investigación (Triguero, Moreno-Mondéjar y Davia, 2013), factores de demanda (Cai y Zhou, 2014), y regulaciones ambientales y capacidades organizativas internas de las empresas (Bossle et al., 2016).

Teniendo en cuenta estos estudios anteriores, la promoción de actividades de eco-innovación a partir de factores exógenos, como la cooperación y contacto con distintos stakeholders y la creación de un entorno apropiado por parte de las instituciones, y

endógenos, mediante la mejora de las capacidades de las empresas, son importantes para lograr un mayor nivel de innovación que considere el medio ambiente.

En relación a los aspectos del entorno, Costantini et al. (2017) ya indicó el impacto de la ecoinnovación en otros sectores a través de los enlaces con proveedores, clientes y otros stakeholders. Segarra-Oña et al. (2011) indicó que la orientación hacia mercados exteriores influye en la orientación eco-innovadora. Finalmente, Tsai y Liao (2017) indicó que los subsidios gubernamentales afectan positivamente a la adopción de estrategias proactivas para hacia la eco-innovación. Sin embargo, estos trabajos se centran en el impacto sobre la orientación o predisposición a la innovación de tipo medioambiental, pero no a sus resultados.

En este trabajo, siguiendo los hallazgos de estos últimos autores, establecemos las siguientes hipótesis.

H1: La orientación hacia mercados exteriores afecta positivamente al resultado eco-innovador

H2: La realización de actividades de innovación afecta positivamente al resultado eco-innovador

H3: La cooperación para la innovación afecta positivamente al resultado eco-innovador

H4: La financiación pública afecta positivamente al resultado eco-innovador

METODOLOGÍA

La muestra para el análisis forma parte de las estadísticas de ciencia y tecnología de la UE. Eurostat recoge con una frecuencia bianual estadísticas de innovación en las empresas a través del Community Innovation Survey (CIS). La encuesta proporciona información por empresa sobre la capacidad de innovación, sobre los diferentes tipos de innovación y sobre diversos aspectos del desarrollo de una innovación, como los objetivos, las fuentes de información, la financiación pública o la gastos de innovación, entre otros. El CIS proporciona variables de clasificación de los casos por países, tipo de innovadores, actividades económicas y tamaño de empresa.

Para este estudio se ha tomado la base de datos CIS 2014. Puesto que el objeto de este estudio está orientado a al conocimiento de la influencia de determinadas actividades de las empresas, como la orientación hacia el exterior, su cooperación a la hora de innovar, el tipo de actividades de I+D que realizan o si reciben financiación pública, en los resultados de las distintas innovaciones medioambientales nos centraremos en aquellos países y empresas que recopilaron información sobre la sección 13 del cuestionario, "Innovaciones con beneficios medioambientales", resultando en un total de 26494 empresas de 13 países. El resultado eco-innovador viene reflejado por la introducción en los dos años anteriores de innovaciones de cualquier tipo de las recogidas en el Manual de Oslo (2005), producto, proceso, organizacional o comercial, que representen un beneficio para el medio ambiente. Estos beneficios y las variables de las características de las empresas utilizadas en el estudio se recogen en la tabla 1.

Todas las variables escogidas para el estudio son no métricas y dicotómicas, tomando el valor 0 cuando la contestación a la pregunta de la encuesta ha sido negativa y 1 cuando ha sido positiva.

Al tratarse todas ellas variables cualitativas utilizaremos tablas de contingencia entre las variables que representan el resultado ecoinnovador y las variables de caracterización de las actividades de la empresa y tomaremos como hipótesis nula que las variables son independientes. Mediante el test Chi-cuadrado de Pearson sobre la tabla de contingencia comprobamos el cumplimiento de las hipótesis planteadas.

Tabla 1. Variables del estudio

| Área | Variable | Descripción |
|--|----------|--|
| Mercado | MARLOC | Mercado local / regional (dentro del país) |
| | MARNAT | Mercado nacional (otras regiones del país) |
| | MAREUR | Otro mercado de la UE / AELC / CC |
| | MAROTH | Todos los demás países |
| Financiación pública | FUNLOC | Financiación pública de las autoridades locales o regionales. |
| | FUNGMT | Financiación pública del gobierno central. |
| | FUNEU | Financiación pública de la UE. |
| | FUNRTD | Financiación del Programa Marco de la UE |
| Cooperación | CO | Acuerdos de cooperación en actividades de innovación. |
| Inversión en I + D | RRDIN | Participación en I + D interna |
| | RRDEX | Participación en I + D externa |
| | RMAC | Contratación en adquisición de maquinaria. |
| | ROEK | Compromiso en la adquisición de conocimientos externos. |
| | RTR | Compromiso en la formación para actividades innovadoras. |
| | RMAR | Compromiso en la introducción al mercado de la innovación. |
| | RDSG | Participación en actividades de diseño. |
| | RPRE | Compromiso en otras actividades de innovación. |
| Beneficios ambientales internos | ECOENO | Reducción de energía o de la "huella" de CO2 |
| | ECOSUB | Sustitución de materiales por otros menos contaminantes o peligrosos |
| | ECOREC | Uso o venta de residuos, agua o materiales reciclados |
| | ECOMAT | Reducción de materiales o agua por unidad producida |
| | ECOPOL | Reducción de la contaminación del aire, agua, ruido o suelo |
| Beneficios ambientales externos | ECOREP | Sustitución de una parte de la energía fósil por fuentes de energía renovables |
| | ECOENU | Reducción de energía o de la "huella" de CO2 |
| | ECOPOS | Reducción de la contaminación del aire, agua, ruido o suelo |
| | ECOREA | Facilita el reciclaje del producto después de su uso |
| | ECOEXT | Vida extendida del producto a través de productos más duraderos |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas de contingencia y el resultado del test de hipótesis se muestran en la Tabla 2. El análisis de los resultados indica que la proporción de empresas que obtienen beneficios medioambientales de sus innovaciones son significativamente mayores en aquellas empresas que exportan, a la unión europea u otros países, que cooperan o realizan actividades de innovación con otras empresas y las que reciben financiación pública. Los resultados indican claramente que la exposición únicamente al mercado local no incrementa de forma significativa la proporción de eco-innovaciones realizadas por las empresas.

CONCLUSIONES

Se ha comprobado la exposición al exterior, a través de las actividades comerciales de las empresas y su colaboración en materia de innovación con el entorno, aumenta las

probabilidades de obtener beneficios ambientales de las innovaciones realizadas. Además, la financiación pública a todos los niveles, local, regional, nacional y europeo favorece también la obtención de resultados de innovación medioambientalmente positivos. Estos resultados deben animar, por una parte a las instituciones públicas a fomentar entornos de colaboración para la innovación en los distintos sectores y la dotación de financiación pública dirigida hacia la innovación, y por otra, a las empresas a abrirse al exterior tanto en sus procesos comerciales como de desarrollo de innovaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se basa en los datos de Eurostat correspondientes al Community Innovation Survey del año 2014. La responsabilidad de todas las conclusiones extraídas de los datos recae completamente en los autores.

REFERENCIAS

- Aguilera-Caracuel, J., & Ortiz-de-Mandojana, N. (2013). Green innovation and financial performance: An institutional approach. *Organization and Environment*, 26(4), 365–385.
- Bossle, M. B., de Barcellos, M. D., Vieira, L. M., & Sauvé, L. (2016). The drivers for adoption of eco-innovation. *Journal of Cleaner Production*, 113, 861–872.
- Cai, W. G., & Zhou, X. L. (2014). On the drivers of eco-innovation: Empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 79, 239–248.
- Chen, Y. S. (2008). The driver of green innovation and green image—green core competence. *Journal of Business Ethics*, 81(3), 531–543.
- Costantini, V., Crespi, F., Marin, G., & Paglialunga, E. (2017). Eco-innovation, sustainable supply chains and environmental performance in European industries. *Journal of Cleaner Production*, 155, 141–154.
- Cubas-Díaz, M., & Martínez Sedano, M. Á. (2018). Measures for sustainable investment decisions and business strategy—A triple bottom line approach. *Business Strategy and the Environment*, 27(1), 16–38.
- Dangelico, R. M., Pujari, D., & Pontrandolfo, P. (2017). Green product innovation in manufacturing firms: A sustainability-oriented dynamic capability perspective. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 490–506.
- Lin, R. J., Tan, K. H., & Geng, Y. (2013). Market demand, green product innovation, and firm performance: Evidence from Vietnam motorcycle industry. *Journal of Cleaner Production*, 40, 101–107.
- Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97–118.
- Manual, O. (2005). Guidelines for collecting and interpreting innovation data.
- Sáez-Martínez, F. J., Díaz-García, C., & Gonzalez-Moreno, A. (2016). Firm technological trajectory as a driver of eco-innovation in young small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 138, 28–37.
- Segarra-Oña, M. D. V., Peiró-Signes, A., Albors-Garrigós, J., & Miret-Pastor, P. (2011). Impact of innovative practices in environmentally focused firms: Moderating factors. *International Journal of Environmental Research*, 5(2), 425–434.
- Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L., & Davia, M. A. (2013). Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 92, 25–33.
- Tsai, K. H., & Liao, Y. C. (2017). Sustainability strategy and eco-innovation: A moderation model. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 426–437.
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2004). Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. *Journal of Operations Management*, 22(3), 265–289.

Distribución en planta: apuntes para un estado del arte

P. Pérez-Gosende^(1,2), J. Mula⁽²⁾, M. Díaz-Madroñero⁽²⁾

(1) *Grupo de Investigación Interdisciplinar en Matemática Aplicada (GIIMA)*
Universidad Politécnica Salesiana,
Chambers 227 y 5 de Junio, Guayaquil, Ecuador
e-mail: pabpego3@doctor.upv.es

(2) *Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP),*
Universitat Politècnica de València
Alarcón, 1, Alcoy, Alicante, España

RESUMEN

La distribución en planta (DP) sigue siendo un problema de amplia cobertura en la literatura científica relacionada con la administración de operaciones, probablemente, por su importancia como una de las decisiones de diseño más importantes dentro de la estrategia de operaciones de una organización. En este contexto, este trabajo presenta resultados preliminares del análisis del estado del arte de la DP, tomando como base 187 artículos publicados en revistas científicas indexadas en la *Web of Science* durante el período comprendido entre 1990 y abril de 2019. Tales resultados se concretan en la identificación de las tendencias actuales, permitiendo la formulación de directrices para futuras investigaciones.

INTRODUCCIÓN

La distribución espacial de plantas industriales, también conocida con el término anglosajón *layout*, puede definirse como el proceso de ordenamiento físico de todos los factores de producción que conforman el sistema productivo de forma que se cumplan adecuada y eficientemente las metas de la organización. En el marco de las estrategias de operaciones empresariales, la distribución en planta (DP) es considerada una de las decisiones de diseño de mayor importancia [1,2]. De igual forma, tiene una repercusión significativa en la eficiencia de los sistemas de manufactura y su nivel de productividad [3,4,5].

El problema de la DP ha sido clasificado como NP-completo de acuerdo a la teoría de la complejidad, pues no existe un algoritmo que proporcione una solución óptima en un tiempo polinómico razonable [6,7]. Sin embargo, a pesar de este grado de complejidad, distintos autores han aportado soluciones aceptables en tiempos de cálculo realistas, aplicando desde técnicas exactas hasta las técnicas heurísticas más avanzadas.

El objetivo de este estudio preliminar es la revisión sistemática de la literatura para identificar las tendencias actuales en el estudio de la DP y formular directrices de apoyo para futuras investigaciones en esta área de conocimiento dentro de la administración de operaciones.

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La búsqueda de referencias bibliográficas relevantes al estudio de la DP fue realizada a través del motor de búsqueda de la *Web of Science* (WoS) para una ventana temporal

comprendida entre 1990 y abril de 2019. La búsqueda se focalizó en artículos publicados en revistas científicas del *Science Citation Index Expanded* (SCIE) y generó un total de 253 artículos científicos relacionados. Estas publicaciones fueron filtradas a partir del juicio crítico de los autores descartando aquellas contribuciones que no abordaban el problema desde el ámbito de la administración de operaciones. Como resultado de este filtrado se seleccionaron un conjunto de 187 artículos.

TENDENCIAS ACTUALES

El análisis sistemático de la literatura relacionada con el problema de la DP ha permitido proponer los criterios de clasificación que se muestran en la Figura 1.

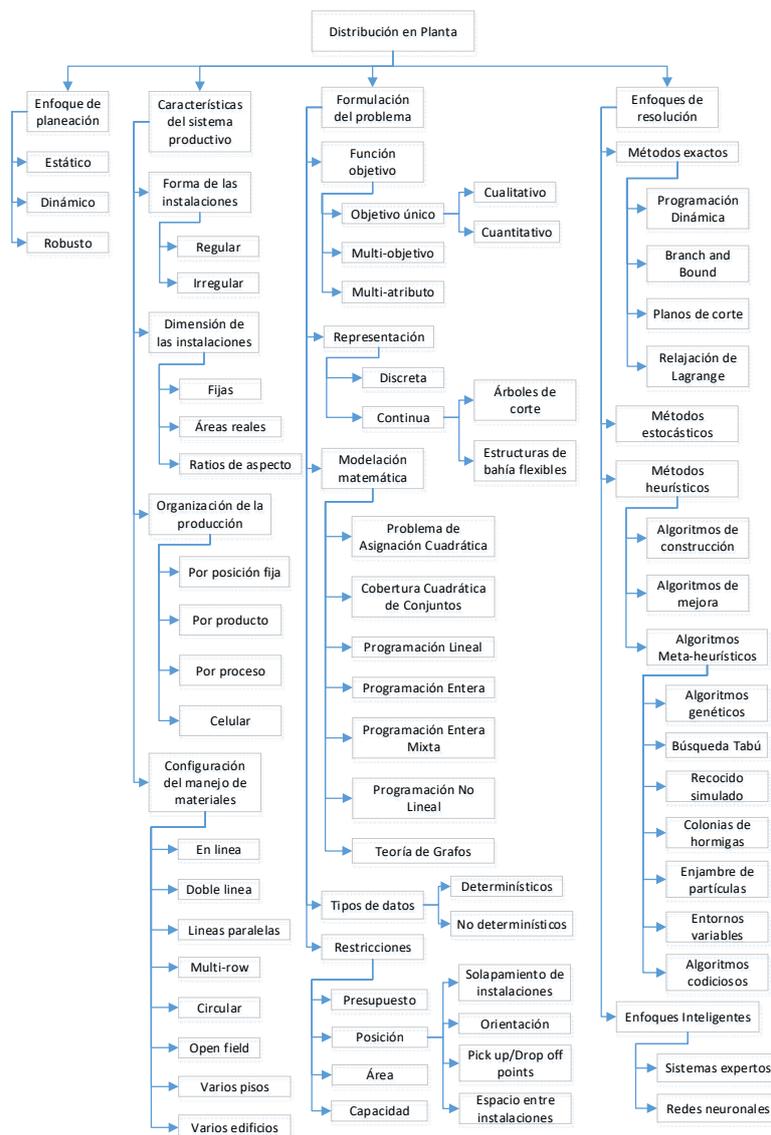


Figura 1. Clasificación del problema de la DP.

De acuerdo con la configuración del sistema de gestión de materiales, en la literatura se definen ocho categorías de DP: configuración en línea (*single-row layout problem*, SRLP), en doble línea (*double-row layout problem*, DRLP), líneas en paralelo (parallel-

row layout problem, PRLP), múltiples líneas (*multi-row layout problem*, MRLP), circular (*loop layout problem*, LLP), de campo abierto (*open-field layout problem*, OFLP), de varios pisos (*multi-floor layout problem*, MFLP) o de varios edificios (*multi-facility layout problem*, MFCLP). En el caso de sistemas de fabricación, se ha dado una gran cobertura al SRLP y muy poca atención al DRLP, el MRLP y el MFCLP. En particular, los dos últimos han recibido una menor atención en la literatura que otras variantes de problemas de DP, de manera que aún no existe una definición suficientemente clara de estas modalidades del problema.

La DP ha sido modelada matemáticamente como un problema de asignación cuadrática (QAP), de cobertura cuadrática de conjuntos (QSP), a través de programación lineal (LP), programación entera (IP), programación entera mixta (MIP), programación no lineal y mediante teoría de grafos. Una revisión exhaustiva de estos modelos puede verificarse en [8]. Generalmente, los métodos usados en la búsqueda de soluciones óptimas o aproximadas pueden categorizarse en métodos exactos, estocásticos, heurísticos y enfoques inteligentes [9, 10].

La Figura 2 muestra la cantidad de publicaciones sobre DP en los últimos 30 años relacionadas con las distintas configuraciones respecto al recorrido del flujo de trabajo, el enfoque de modelación matemática empleado, el enfoque de resolución, así como los algoritmos meta-heurísticos que han sido empleados con mayor frecuencia.

RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Dada la gran cobertura de artículos que estudian el problema de la DP mediante enfoques de planificación estáticos, las investigaciones futuras deberían concentrarse en modelar el problema en entornos dinámicos. De ahí que sea pertinente introducir condiciones de incertidumbre en los modelos de solución a través de sus parámetros (por ejemplo, demanda de productos, costos de transporte, dimensión de las instalaciones). En este sentido, abordar el problema de la DP mediante enfoques estocásticos como la simulación y la teoría de colas podría ser una estrategia apropiada.

Tradicionalmente, el problema de la DP ha sido estudiado en empresas de fabricación, por lo que puede afirmarse la existencia de un vacío notable en la literatura acerca de la consideración del problema en sistemas de servicios como establecimientos de venta al detalle, hospitales, oficinas y espacios de ocio, entre otros. Esto implicaría la consideración de un mayor número de criterios cualitativos, dado que en las empresas de servicios el flujo de materiales (criterio cuantitativo por excelencia) pudiera llegar a ser despreciable o intrascendente. Así, aspectos como la comodidad y la satisfacción del cliente, la higiene, la seguridad y las relaciones de adyacencia entre departamentos, entre otros, podrían ser determinantes para garantizar un adecuado nivel de operación, y podrían significar, al mismo tiempo, un desafío para el modelado matemático.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta resultados preliminares del análisis del estado del arte de la DP como una de las decisiones de diseño más importantes de la administración de operaciones. Con base en 187 artículos publicados en revistas científicas indexadas en el SCIE de la WoS entre 1990 y abril de 2019, se identificaron de forma inicial las tendencias actuales y las posibles pautas a seguir por investigaciones futuras en la planificación y gestión de la DP en el contexto de la administración de operaciones.

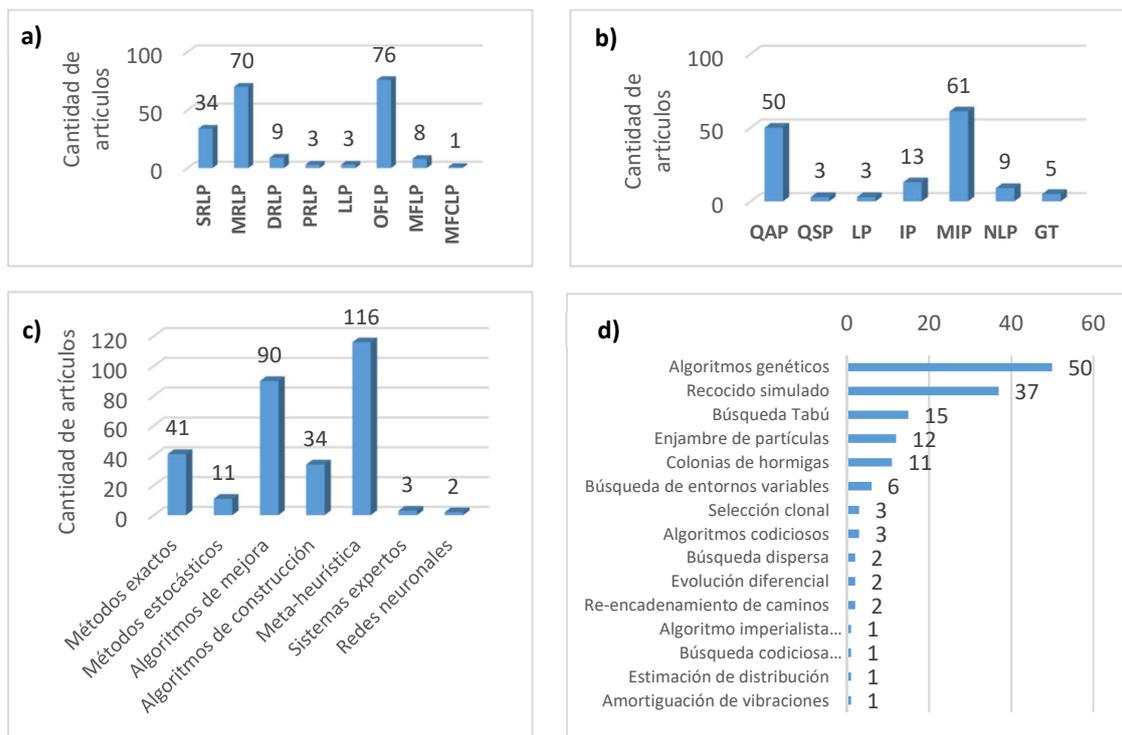


Figura 2. Publicaciones sobre DP (1990-2019) relativas a: a) Configuraciones; b) Modelo matemático; c) Enfoque de solución y d) Algoritmo meta-heurístico empleado en la resolución.

REFERENCIAS

- [1] R. B. Chase and F. R. Jacobs, *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. México D. F.: McGraw-Hill, 2014.
- [2] L. J. Krajewski, M. K. Malhotra, and L. P. Ritzman, *Operations management: processes and supply chains*. New York: Prentice Hall, 2015.
- [3] K. Vasudevan and Y. Son, "Concurrent consideration of evacuation safety and productivity in manufacturing facility planning using multi-paradigm simulations," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 61, no. 4, pp. 1135–1148, 2011.
- [4] L. Garcia-Hernandez, A. Arauzo-Azofra, L. Salas-Morera, H. Pierreval, and E. Corchado, "Recycling Plants Layout Design by Means of an Interactive Genetic Algorithm," *Intell. Autom. Soft Comput.*, vol. 19, no. 3, pp. 457–468, 2013.
- [5] K. Ripon and J. Torresen, "Integrated job shop scheduling and layout planning" *Evol. Syst.*, vol. 5, no. 2, pp. 121–132, 2014.
- [6] M. R. Garey and D. S. Johnson, *Computers and intractability: a guide to the theory of NP-completeness*. San Francisco, USA: Freeman, 1979.
- [7] J. A. Diego-Mas, "Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos," Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- [8] H. Hosseini-Nasab, S. Fereidouni, and S. Ghomi, "Classification of facility layout problems: a review study," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 94, no. 1–4, pp. 957–977, 2018.
- [9] G. Moslemipour, T. S. Lee, and D. Rilling, "A review of intelligent approaches for designing dynamic and robust layouts in flexible manufacturing systems," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 60, no. 1–4, pp. 11–27, 2012.
- [10] A. Ahmadi, M. S. Pishvae, and M. R. A. Jokar, "A survey on multi-floor facility layout problems," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 107, pp. 158–170, May 2017.

Validación de las propiedades de los compuestos activos procedentes de algas, para aplicaciones cosméticas

S. Moldovan⁽¹⁾, C. Gimenez⁽¹⁾, M. Garcia⁽¹⁾

(1) Instituto tecnológico textil (AITEX)

Plaza Emilio Sala, 1, E-03801, Alcoy (Alicante), España, www.aitex.es, e-mail:

smoldovan@aitex.es

RESUMEN

Los compuestos activos procedentes de biomasa acuática, micro y macroalgas, presentan un amplio rango de propiedades y constituyen una materia prima sostenible susceptible de sustituir ingredientes convencionales utilizados actualmente en la industria cosmética. En este trabajo, se han validado las propiedades de diferentes compuestos procedentes de algas, como paso previo al proceso de sustitución de ingredientes. Esta validación se ha centrado principalmente en evaluar la capacidad antioxidante, relacionada con las propiedades antienvjecimiento, fotoprotectora y antipolución, así como la protección antimicrobiana.

INTRODUCCIÓN

La sociedad y el mercado, en general, están en continuo desarrollo, lo que implica la diversificación de la demanda del consumidor, y el intenso enfoque hacia la sostenibilidad (commission, 2019). La industria cosmética también está sujeta a estas tendencias (S. Bom, 2019), por lo cual se deben encontrar soluciones en cuanto a la minimización del uso de compuestos o ingredientes procedentes de fuentes contaminantes.

Una medida en el camino hacia la sostenibilidad en la industria cosmética es el empleo de biomasa acuática, mediante la obtención de ingredientes o compuestos bio basados, procedentes de una fuente respetuosa con el medio ambiente.

La aplicación de las algas en cosmética esta ampliamente estudiada en la actualidad, debido a las propiedades y el valor añadido de los compuestos contenidos (Hui-Min David Wang, 2015). Recientemente, se ha demostrado que las microalgas representan una fuente sostenible de ingredientes para el área de biotecnología, pudiendo obtener compuestos como ácidos grasos, carotenoides, vitaminas y metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes, antivirales, antibacterianas, antiinflamatorias y muchas más (M. Raposo, 2013) (L. Liu, 2016).

Las macroalgas, han sido utilizadas en la producción de ficoloidos, como el alginato o el agar (A.M. Sanghvi, 2010). Además, algunos tipos de macroalgas marrón y rojas se utilizan en cosmética debido su alto contenido en vitaminas, minerales, aminoácidos, azúcares, lípidos y otros bio-compuestos (S.K. Kim, 2008).

Cuando las algas se ven sometidas a condiciones de estrés (como falta de nutrientes, o sobreexposición UV), estos organismos son capaces de ofrecer una respuesta para adaptarse al medio generando compuestos funcionales. Por ello, estos compuestos constituyen una fuente de principios activos para el sector cosmético con acción para la protección contra rayos UV, capacidad hidratante, capacidad anti-edad, función blanqueadora o aplicación de protección de cabello (M. Ariede, 2017).

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Obtención y selección de las muestras para ensayar

Las muestras se han obtenido tras un proceso de extracción en cascada bajo el concepto de biorrefinería, aplicado sobre biomasa de organismos acuáticos cultivados en el proyecto BBI BIOSEA (Grant nº.745662), como la *Nannochloropsis sp.* (cultivada por IGV), *Ulva ohnoi* (cultivada por CTAQUA) y *Saccharina latissima* (cultivada por At-Sea). Expertos en el proceso de extracción han obtenido las muestras, bajo el concepto de utilización total de biomasa, intentando reducir la generación de residuos.

Las muestras seleccionadas este estudio de validación de propiedades han sido: extractos lipídicos procedentes de *Nannochloropsis sp.*, carbohidratos procedentes de *Ulva ohnoi*, y carotenoides procedentes de *Saccharina latissima*.

Ensayos de caracterización

Los extractos seleccionados se han evaluado en cuanto a “propiedad antioxidante”, mediante ensayos de oxidación general, peroxidación lipídica y glicosilación de proteínas, “Actividad Blanqueante”, mediante el ensayo de inhibición de tirosinasa, “Actividad antiarrugas”, mediante el ensayo de actividad inhibitoria para colagenasa, y “Capacidad conservante”, mediante un ensayo de actividad antimicrobiana.

Oxidación general

En este ensayo se evalúa la capacidad antioxidante general mediante la técnica TEAC (capacidad antioxidante de equivalentes al Trolox).

Peroxidación lipídica

Se determinan los peróxidos lipídicos que se generan durante la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, siendo su medida empleada como un buen marcador de la oxidación no enzimática de los lípidos de las membranas celulares.

Glicosilación de proteínas

La glicosilación de proteínas está considerada un efecto derivado del estrés oxidativo. En este ensayo se mide la capacidad de inhibir la glicosilación de proteínas en presencia de azúcares, mediante la cuantificación de productos glicosilados conocidos como “advanced glycosilation end products” (AGEs).

Inhibición de tirosinasa

En este ensayo se determina mediante espectrofotometría la capacidad de un activo para inhibir la actividad de la enzima tirosinasa, enzima implicada en la creación de la melanina. El ensayo se realizó a una concentración final de activo de 0,3 mg/mL.

Actividad inhibitoria para colagenasa

La enzima colagenasa degrada específicamente el colágeno de la matriz extracelular de la piel. La medida, mediante técnicas espectrofotométricas, de la capacidad inhibitoria de esta enzima ofrece la posibilidad de abalar reivindicaciones de “reafirmante” o “anti-arrugas”. El ensayo se realizó a una concentración final de activo de 0,125 mg/mL.

Capacidad antimicrobiana

Se realizaron ensayos de actividad antimicrobiana mediante el protocolo establecido en la norma ASTM E 2149-13, frente *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada extracto en los ensayos de caracterización.

Tabla 1. Caracterización de los ingredientes obtenidos para aplicaciones cosméticas

| Alga fuente | Ingrediente analizado | Ensayo | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| | | Oxidación general* | Peroxidación lipídica* | Glicosilación de proteínas* | Inhibición de tirosinasa | Actividad inhibitoria para colagenasa | Capacidad antimicrobiana | |
| | | | | | | | Staphylococcus aureus ATCC 6538 | Escherichia coli ATCC 25922 |
| <i>Nannochloropsis sp.</i> | Extracto lipídico | 95,90% | 70,17% | 46,20% | 3,25% | no | 99,99% | 99,99% |
| <i>Ulva ohnoi</i> , | Carbohidratos | 21,53% | 49,96% | no | no | no | No | No |
| <i>Sacharina latissima</i> | Carotenoides | No | 87,18% | 53,03% | No | 9,91% | - | - |

*los ensayos han sido realizados a una concentración del ingrediente a 1%= 10 mg/ml

A la vista de los resultados se puede determinar que, tanto los extractos lipídicos de *Nannochloropsis* como los extractos ricos en carotenos de la *Sacharina latissima* constituyen ingredientes con un alto potencial como antioxidante natural. Además, los extractos lipídicos de *Nannochloropsis* presentan una potente capacidad antimicrobiana frente a las bacterias patógenas *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

Por otro lado, el extracto de *Ulva ohnoi* rico en carbohidratos mostró una baja capacidad antioxidante. Para estudiar en mayor profundidad se realizaron ensayos adicionales para identificar la concentración de ingrediente necesaria para lograr el nivel deseado de funcionalidad. En la siguiente grafica se observan los resultados obtenidos.

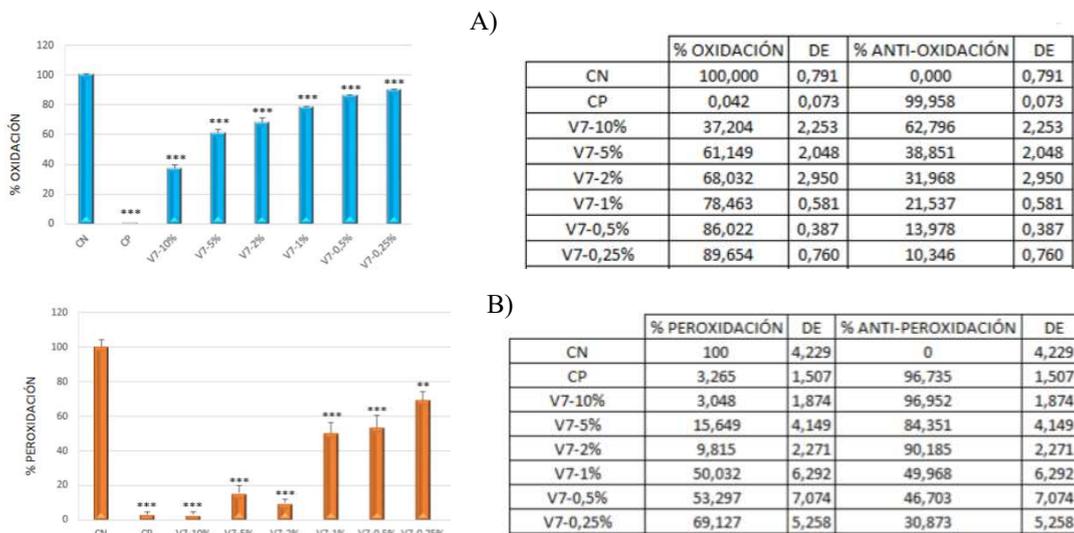


Figura 1. Variación de la A) capacidad de oxidación y B) peroxidación del extracto rico en carbohidratos procedente de *Ulva ohnoi* (V7) en función de la concentración de ingrediente. ($p < 0,001$, ***, $p < 0,01$, **, $p < 0,05$, *)

Tras estos resultados se determinó que la concentración mínima de uso en formulaciones cosméticas debe de ser de un 10% (100mg/mL) para obtener un efecto antioxidante general. Sin embargo, a concentraciones más bajas de uso (2-5%), el ingrediente presenta una alta capacidad para inhibir la peroxidación causada en condiciones de estrés oxidativo.

CONCLUSIONES

En este estudio se ha caracterizado la funcionalidad de distintos extractos de algas para evaluar su potencial uso como ingrediente bioactivo en formulación cosmética. Tras el estudio se concluye que los tres extractos poseen propiedades funcionales de valor, y pueden constituir ingredientes activos naturales producidos de una forma sostenible. Por último, el extracto lipídico de *Nanochloropsis* se ha detectado como ingrediente de mayor valor añadido, ya que presenta una alta capacidad antioxidante y poder antibacteriano, lo que aporta un extra en fórmulas cosméticas naturales.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha recibido financiación de Bio Based Industries Joint Undertaking en el marco del Programa de Investigación e Innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el contrato No745622.



REFERENCIAS

- A.M. Sanghvi, Y. L. (2010). Present and potential industrial applications of macro- and microalgae. *Recent patents. Food Nutrition. Agriculture*, 187-194.
- Abenojar, J., Colera, I., Martinez, M. A., & Velasco, F. (2010). Study by XPS of an Atmospheric Plasma-Torch Treated Glass: Influence on Adhesion. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 24, 1841-1854.
- Commission, E. (2019). *European commission*. Recuperado el 12 de Junio de 2019, de https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability_en
- Hui-Min David Wang, C.-C. C.-S. (2015). Hui-Min David Wang a,b, Ching-Chun Chen a, Pauline Huynh c, Jo-Shu Chang. *Bioresource Technology*, 355-362.
- L. Liu, G. P. (2016). Extracellular Metabolites from Industrial Microalgae and Their Biotechnological Potential. *Marine drugs*. doi:10.3390/md14100191
- M. Ariede, M. V.-J. (2017). Cosmetic attributes of algae - A review. *Algal Research*, 483-487.
- M. Raposo, R. d. (2013). Bioactivity and applications of sulphated polysaccharides from marine microalgae. *Marine drugs*, 233-252.
- S. Bom, J. J. (2019). A step forward on sustainability in the cosmetics industry: A review. *Journal of Cleaner Production*, 225, 270-290.
- S.K. Kim, Y. R. (2008). Prospective of the cosmeceuticals derived from marine organisms. *Biotechnology and Bioprocess engineering*, 511-523.

Fruto de planta exótica como carga en materiales ecoeficientes

H. De La Rosa-Ramírez⁽¹⁾, C. Pavón⁽¹⁾, Franciszek Pawlak⁽²⁾, M.D. Samper⁽¹⁾

(1) Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València.

Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)

e-mail: hardela@epsa.upv.es

(2) University of Science and Engineering in Bydgoszcz

RESUMEN

A partir de la mezcla del fruto de *Clusia rosea* con Poli (ácido láctico) (PLA), se ha obtenido un material compuesto cuyo aspecto se asemeja a la madera. Las partículas de la harina del fruto de *Clusia rosea* (HFRC) se incorporaron en la matriz PLA con el fin de evaluar su efecto en las propiedades mecánicas, térmicas y ópticas de este material. Los resultados experimentales muestran una escasa absorción de energía de impacto en el material compuesto, así como un incremento en la formación de núcleos cristalinos por efectos de HFRC incorporado al PLA, según se ha observado mediante DSC.

INTRODUCCIÓN

La *Clusia rosea* es una planta ornamental de la familia *Clusiaceae*, la cual recibe diversos nombres según su procedencia; copey y mamey silvestre, son algunos de los nombres utilizados en la región del caribe para identificar dicha planta (D. Cheek & Lalla, 2017). La *Clusia rosea*, al igual que otras de sus especies, han sido estudiadas a nivel taxonómico y químico (M. Porto, et al., 2000), con el objetivo de ordenarlas en el grupo vegetal correspondiente y de conocer la composición de la resina concentrada en su flor. Sin embargo, la ausencia de bibliografía pone de manifiesto que dicha planta, su flor y resina floral no han sido objeto de estudio, como componente de mezclas, con anterioridad. En el presente trabajo se estudia la influencia del residuo agroforestal de la *Clusia rosea* como carga en matriz termoplástica del PLA, estudio que se lleva a cabo utilizando bajos contenidos de HFRC; 1 % y 5 % en peso.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales y preparación de muestras

En el desarrollo de las mezclas se utilizó PLA Ingeo™ Biopolymer de grado comercial 6201D suministrado por NatureWorks LLC (Minnetonka, EE. UU.). El fruto de *Clusia Rosea* fue recolectado en el valle de San Juan, región occidental de la República Dominicana. En primer lugar, se separó la corteza robusta del fruto y posteriormente el fruto fue triturado utilizando un molino ultra-centrífugo ZM 200 Restsch GmbH (Haan, Alemania) a una velocidad de rotación de 10.000 rpm con un tamiz de 250 µm para conseguir harina del fruto de *Clusia rosea* (HFRC). La HFRC se introdujo, junto a la granza de PLA, en un horno MDEO de Industrial Marsé (Barcelona, España) durante 12 horas a 40 °C para eliminar la humedad retenida en los materiales. Para realizar el conformado del material se utilizó una extrusora de doble husillo co-rotante de Dupra,

S.L. (Alicante, España) con temperaturas programada de 180, 170, 160 y 150 °C desde la tolva de alimentación hasta la boquilla de salida, a velocidad de rotación de husillo de 20 rpm. Posteriormente se utilizó una maquina inyectora Sprinter 11t de Erinca S.L (Barcelona, España) para la obtención de probetas normalizadas. Siendo las temperaturas de inyección 185 °C (cámara) y 175 °C (boquilla de inyección).

Ensayos de Caracterización

La caracterización mecánica y térmica de las mezclas se realizó sobre las probetas normalizadas obtenidas a través del proceso de moldeo por inyección. Los ensayos de tracción se realizaron en una máquina electromecánica Ibertest Universal modelo ELIB 30 (Madrid, España) a velocidad de 10 mm min⁻¹, con una célula de carga de 5 kN y bajo los criterios de la norma ISO 527. La resistencia a impacto Charpy fue determinada en probetas sin entallas, con un péndulo de 6 julios y según la norma ISO 179, empleando un equipo Metrotec, S. A, (San Sebastián, España). La dureza shore D, cuyos valores fueron obtenido según la norma ISO 868, fue determinada mediante un durómetro de Instruments J. Bot S. A modelo 676-D. Los valores de la caracterización térmica fueron determinados por calorimetría diferencial de barrido (DSC), con rampa de calentamiento-enfriamiento de 10 °C min⁻¹ en atmosfera de N₂, en un equipo Mettler-Toledo 821 (Schwerzenbach, Suiza) programando tres ciclos dinámicos de análisis térmico: (1) calentamiento inicial de 25°C a 180°C, (2) enfriamiento de 180°C a -50°C y (3) calentamiento de -50°C a 350°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 a, se observa el efecto causado por la HFCR en las propiedades de tracción tras ser incorporado en el PLA. En lo concerniente al módulo de Young, el PLA presenta valores alrededor de los 2060 MPa, mientras que las mezclas con HFCR muestran valores en el rango de los 2100 a 2160 MPa, este ligero aumento se relaciona directamente por el efecto de la HFCR. Por otra parte, tanto los valores de tensión de rotura como los de alargamiento a la rotura disminuyen al aumentar las cantidades de HFCR en el PLA, esta disminución de la tensión de rotura puede deberse a la baja compatibilidad de HFCR con el PLA y la cual actúe como concentrador de tensión, provocando así la disminución en la elongación de rotura. Además, existe la posibilidad de que la resina floral presente en el fruto de la *Clusia rosea* (Osmany Cuesta, Herman Velez, A. Frontana, & Cárdenas, 2001), conlleve a un aumento de la cristalinidad del material compuesto y por tanto este se vuelva más frágil.

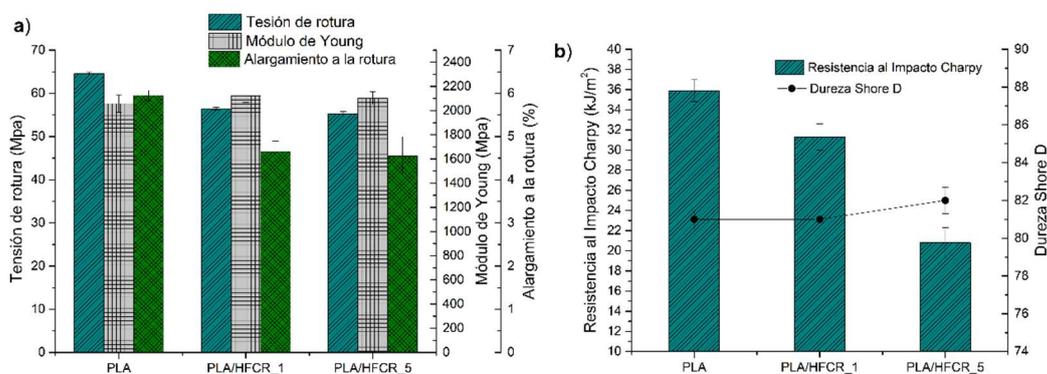


Figura 1. Propiedades mecánicas del PLA y PLA/HFCR: a) Propiedades de tracción y b) Impacto Charpy y dureza shore D.

Respecto a la resistencia de Impacto Charpy, Fig. 1 b, se observa la escasa energía absorbida, antes de la rotura, por el material compuesto en relación con el PLA. Hecho que confirma un aumento de la fragilidad del material compuesto por efecto de la incorporación de HFCR en el PLA. Sin embargo, los valores de dureza shore D comprendidos entre 81 y 82, también mostrados en la Fig. 1 b, revelan que la incorporación de la harina del fruto de *Clusia rosea* (HFCR) no supone un cambio en la dureza del compuesto.

En la Fig. 2 a se observan las curvas DSC del segundo calentamiento de los materiales compuestos en base PLA, y del PLA puro. Los primeros saltos de línea base entre 62 y 63 °C corresponden a la T_g de los materiales, los picos exotérmicos producido entre 109 y 125 °C corresponden al proceso de cristalización en frío por la reorganización de las cadenas poliméricas de los materiales durante el calentamiento, finalmente los picos endotérmicos entre 170 y 174 °C son el resultado del proceso de fusión de las estructuras cristalinas de los materiales. Los valores de estas transiciones térmicas se resumen en la Tabla. 2.

En lo concerniente a la temperatura de transición vítrea (T_g), no se observa diferencia importante entre los valores, por lo que la adición de HFCR al PLA no influye considerablemente en la T_g . Sin embargo, la incorporación de HFCR al PLA produjo un desplazamiento de la T_{cc} a temperaturas más altas, lo cual supone un incremento de la densidad de los núcleos cristalinos, debido al requerimiento de mayor temperatura para cristalizar el PLA (Arrieta, Castro López, Rayón, & Barral Losada, 2014), presentando una entalpia (ΔH_{cc}) en el rango de 20 a 28 Jg^{-1} . Respecto de la temperatura de fusión, los valores se mantienen entre 170 y 172 °C, mientras que su entalpia (ΔH_m) mostró un aumento desde los 30 Jg^{-1} en el PLA hasta los 36 Jg^{-1} tras la incorporación de HFCR, tal como se observa en la Fig. 2 con el incremento del pico de fusión a medida que aumenta la cantidad de HFCR en el PLA. Este hecho supone la presencia de mayor cantidad de cristales formados por efecto de la incorporación de HFCR en el PLA, de forma similar a lo que sucede con el proceso de cristalización en frío (T_{cc}). En la Fig. 2 b se aprecia el aspecto superficial y color del material compuesto en base PLA y PLA puro, teniendo un color marrón similar a la madera con diferente intensidad dependiendo a la cantidad de HFCR adicionado.

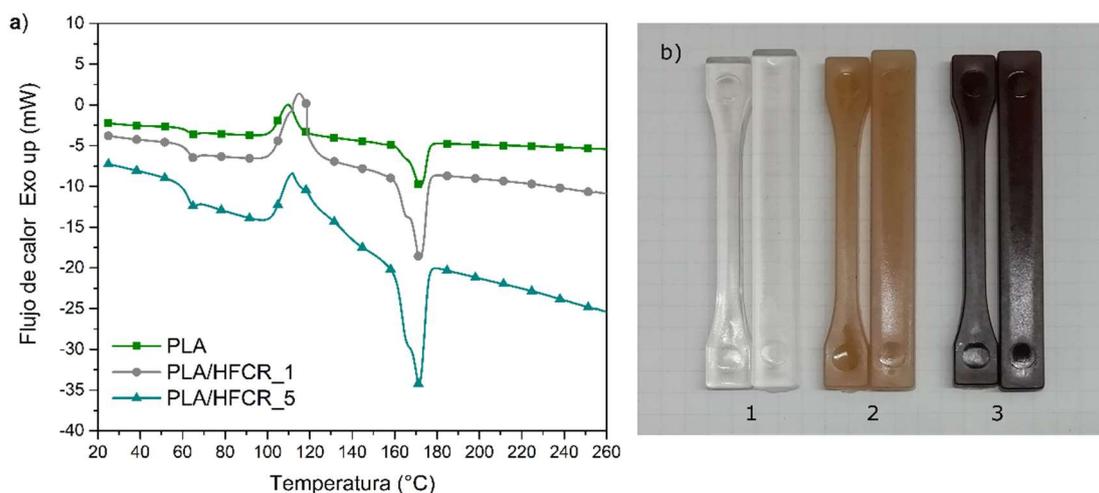


Figura 2. a) Curvas DSC del segundo ciclo de calentamiento del material compuesto en base PLA y PLA puro; b) Aspecto visual del material compuesto: 1 (PLA puro), 2 (PLA/HFCR_1) y 3 (PLA/HFCR_5).

Tabla 2. Propiedades térmicas obtenidas por DSC.

| Mezclas | Tg (°C) | Tcc (°C) | ΔH_{cc} (Jg ⁻¹) | Tm (°C) | ΔH_m (Jg ⁻¹) |
|------------|---------|----------|-------------------------------------|---------|----------------------------------|
| PLA | 62,9 | 109,7 | 27,2 | 172,0 | 30,8 |
| PLA/HFCR_1 | 63,6 | 115,1 | 28,2 | 172,0 | 36,6 |
| PLA/HFCR_5 | 62,2 | 125,6 | 20,8 | 170,4 | 36,4 |

CONCLUSIONES

La harina del fruto de *Clusia rosea* (HFCR), empleada como carga en el PLA en cantidades de 1% y 5% en peso, conllevó a una disminución de la tensión y alargamiento de rotura del mencionado biopolímero. Sin embargo, se observó un ligero incremento del módulo de Young con la cantidad creciente de HFCR adicionado. De igual forma se observó una estabilidad del material respecto a la dureza. Adicionalmente, ensayos de impacto Charpy y DSC revelan el aumento de núcleos cristalinos en el PLA por efecto de la HFCR, disminuyendo la absorción de energía de impacto y aumentando los picos y entalpías de fusión. La apariencia del material compuesto semejante a la madera y la particularidad de mantener las características de un material biodegradable/compostable, son algunas de las ventajas competitivas aportada por la HFCR.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido apoyado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España, PROMADEPCOL (MAT2017-84909-C2-2-R).

REFERENCIAS

- Arrieta, M. P., Castro López, M. d., Rayón, E., & Barral Losada, L. F. (2014). Plasticized Poly(lactic acid)-Poly(hydroxybutyrate) (PLA-PHB) Blends Incorporated with Catechin Intended for Active Food-Packaging Applications. *Agricultural and food Chemistry*, 10170–10180.
- D. Cheek, M., & Lalla, R. (2017). A description of the naturalised *Clusia rosea* Jacq. (Clusiaceae) populations in South Africa. *Bothalia - African Biodiversity & Conservation*.
- M. Porto, A. L., F. Machado, S. M., A. de Oliveira, C. M., Bittrich, V., Amaral, M., & Marsaioli, A. (2000). Polyisoprenylated benzophenones from *Clusia* floral resins. *Phytochemistry*, 755-768.
- Osmany Cuesta, R., Herman Velez, C., A. Frontana, U. B., & Cárdenas, J. (2001). Nemorosone, the major constituent of floral resins of *Clusia rosea*. *Phytochemistry*, 279–283.

Nanomateriales para la recuperación de colorantes de las aguas residuales textiles

D. López⁽¹⁾, B. Micó Vicent^(2,3), E. Bou-Belda⁽¹⁾, M. Bonet-Aracil⁽³⁾

(1) *Departamento de Ingeniería Textil y Papelera, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)*

(2) *Departamento Óptica Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante
Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, (Alicante)*

(3) *Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universitat
Politécnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: barbara.mico@eio.upv.es*

RESUMEN

En este trabajo se presenta un pequeño resumen de las diferentes técnicas de tratamiento de aguas residuales industriales, en concreto textiles, que además emplean nanomateriales. Se muestra cómo el empleo de nanopartículas puede ser útil en el tratamiento y la recuperación de lo que se convierte en un residuo tóxico y peligroso, como son los colorantes empleados en la industria textil, planteando la posibilidad de aprovechar las nanopartículas cargadas con dichos contaminantes como nuevos productos en diversas aplicaciones industriales. Este trabajo abre la ventana a la investigación en la reutilización de contaminantes de aguas textiles a través de su encapsulación en distintas clases de nanomateriales.

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el cuidado del medio ambiente unido a la posibilidad de optimizar y abaratar el uso de materias en los procesos industriales de tintura textil ha llevado a la comunidad científica a buscar vías para la recuperación de colorantes en las aguas residuales textiles. El objetivo general es separar el colorante del agua introduciendo un elemento como pueden ser ciclodextrinas (Semeraro et al., 2015), elementos residuales agrícolas (Sana & Jalila, 2017), nanocompuestos (Sanchez, Ollier, Gonzalez, & Alvarez, 2018) o medios físicos como filtración mediante membranas (Erkanli, Yilmaz, & Yetis, 2017) y muchos otros métodos.

Nanomateriales. Definición y clasificación

De acuerdo con la organización internacional de normalización (ISO) el prefijo nano se refiere al tamaño aproximado de 1 a 100 nm. Así pues, se hace referencia a nanomateriales cuando se trata de materiales comprendidos en esas dimensiones. Dentro de ese rango es posible encontrar ejemplos como los virus, proteínas, parvovirus, moléculas de ADN, etc (Dolez, 2015).

Se clasifican los nanomateriales de diferentes formas y criterios en función del uso. Algunos criterios pueden ser en función de su origen, sus dimensiones, composición química, toxicidad... En el caso de aplicación planteado en éste trabajo los criterios más relevantes serían la dimensión y su composición química.

- Clasificación dimensional (Fig. 1) (Asempour, 2017)

- a) Cero dimensional (0-D): nanoparticulas, puntos cuánticos.
 - b) Uno dimensional (1-D): nanofibras, nantubos, nanocables.
 - c) Dos dimensional (2-D): películas delgadas, nanoplacas.
 - d) Tres dimensional (3-D): nanocomposites, nanoestructuras.
- Clasificación composición química
 - a) Metal: hierro, oro, plata.
 - b) Óxidos metálicos: dióxido de titanio, óxido de zinc.
 - c) Semiconductores: nanosilicio, nitruro de galio.
 - d) Silicatos, carbonatos y nitruros: arcillas.
 - e) Carbon: grafeno
 - f) Polímeros: Termoplásticos, termoestables y elastómeros.

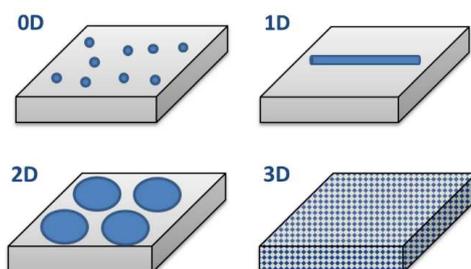


Figura 1. Representación de las diferentes clases de nanomateriales atendiendo a sus dimensiones.

Aguas residuales textiles

El reciclaje de las aguas residuales industriales viene siendo una necesidad que cada vez se hace más notoria. Los esfuerzos de los gobiernos internacionales por salvaguardar el medio ambiente han contribuido a que la empresa privada tome cartas en el asunto y realice inversiones importantes en estos campos. La industria textil descarga residuos orgánicos e inorgánicos que producen bioacumulaciones y pueden causar altos grados de toxicidad.

Tabla 1. Porcentajes de fijación de distintas familias de colorantes y su pérdida estimada en los efluentes (Chegenizadeh, Saeedi, & Xie, 2016).

| Familia | Materia | Grado de fijación (%) | Pérdida en el efluente (%) |
|----------------|----------------|-----------------------|----------------------------|
| Ácidos | Poliamida/Lana | 80-95 | 5-20 |
| Azoicos | Celulósica | 75-90 | 10-25 |
| Básicos | Acrílica | 95-100 | 0-5 |
| Directos | Celulósica | 70-95 | 5-30 |
| Dispersos | Poliéster | 90-100 | 0-10 |
| Premetalizados | Lana | 85-95 | 5-15 |
| Reactivos | Celulósica | 60-90 | 10-40 |
| Sulfurosos | Celulósica | 60-86 | 15-40 |
| Tina | Celulósica | 80-95 | 5-20 |

La parte de la industria química textil es la que más afecta a las aguas residuales y es la industria con mayor actividad química en la tierra (Wakkel, Khiari, & Zagrouba, 2019). La concentración de los colorantes en los efluentes ronda los 50-1000 ppm, aunque se pueden encontrar casos de más bajas 10-50 ppm (Mathew, Gopalakrishnan, Aravindakumar, & Aravind, 2019). La naturaleza de la composición depende del tipo de tintura que se pueden clasificar atendiendo además a la fijación y pérdidas estimadas en el efluente (Tabla 1). Así pues, es muy importante mejorar la capacidad que tienen las industrias de eliminar los colorantes de los efluentes. El desarrollo de absorbentes de bajo coste mediante la integración de una avanzada tecnología puede hacer que esta área avance significativamente (Sanz Carbonell, 2016).

USO DE NANOTECNOLOGÍAS EN RECUPERACIÓN DE AGUAS

La utilización de nanotecnologías ha atraído la gran atracción de muchos investigadores para recuperar aguas residuales con diferentes residuos, como por ejemplo el aceite. Se encuentran estudios empleando zeolitas, nanopartículas que funcionan principalmente como catalizadores y adsorbentes, y se han utilizado en refinerías y plantas petroquímicas. Los estudios muestran que la zeolita nanoestructurada puede extraer hasta un 40% más de gasolina en comparación con otros catalizadores. Algunos estudios tuvieron éxito en el diseño de membranas de nanocompuestos altamente selectivos utilizando una membrana de zeolita. La membrana fue efectiva en la separación de moléculas de O_2/N_2 en el aire. Hasta la fecha, aún no se han realizado estudios sobre la aplicación directa de zeolitas en el proceso EOR. Sin embargo, el potencial de la naturaleza de intercambio iónico de la zeolita debido a su estructura porosa puede necesitar ser investigado. Esta propiedad de la zeolita podría ser útil para adsorber cationes especialmente en condiciones de alta salinidad (Chegenizadeh et al., 2016).

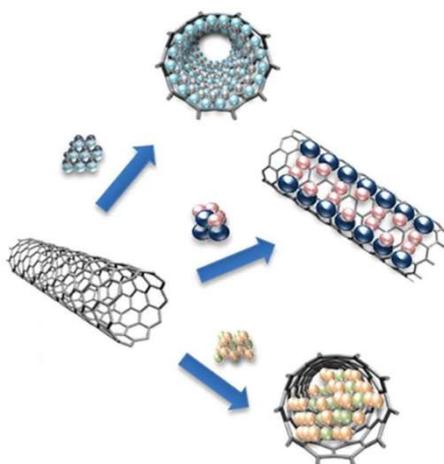


Figura 2. Ejemplo de esquema del confinamiento de estructuras orgánicas o inorgánicas en nanotubos de carbono (Sandoval, Tobias, & Flahaut, 2019).

En otros casos existen contaminantes orgánicos que proceden de corrientes acuosas. La adsorción mediante nanotubos de carbono (Fig.2) es una buena técnica gracias a su bajo coste y alta eficiencia. Los absorbentes a nanoescala suelen tener ventajas sobre los absorbentes convencionales debido a su gran área de superficie específica y a la alta reactividad de su superficie. Las interacciones entre los nano-adsorbentes y los elementos adsorbidos, incluyendo la interacción electrostática, el efecto hidrófobo, el

enlace de hidrógeno y el intercambio iónico, pueden ocurrir durante el proceso de adsorción (Zhang, Zhang, & Liang, 2019).

CONCLUSIONES

Existe una gran variedad de técnicas para la adsorción y recuperación de contaminantes en las aguas residuales industriales. En concreto la industria textil se muestra como un sector problemático en el tema de los contenidos tóxicos de sus aguas residuales, sobretodo en cuanto a la concentración de colorantes reactivos, cuya eliminación sigue intentando optimizarse hoy en día. La posibilidad de emplear nanopartículas no sólo para eliminar los contaminantes de estas aguas, sino también para tratar de reutilizarlos se plantea como un gran reto cuya viabilidad merece la pena investigar en pro de la economía circular y sostenible.

REFERENCIAS

- Asempour, F. (2017). Fabrication and Characterization of Novel Environmentally Friendly Thin Film Nanocomposite Membranes for Water Desalination. Université d'Ottawa/University of Ottawa.
- Chegenizadeh, N., Saeedi, A., & Xie, Q. (2016). Application of nanotechnology for enhancing oil recovery—A review. *Petroleum*, 2(4), 324–333.
- Dolez, P. I. (2015). Nanomaterials definitions, classifications, and applications. In *Nanoengineering* (pp. 3–40). Elsevier.
- Erkanlı, M., Yilmaz, L., & Yetis, U. (2017). Brackish water recovery from reactive dyeing wastewater via ultrafiltration. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1204–1214.
- Mathew, M. L., Gopalakrishnan, A., Aravindakumar, C. T., & Aravind, U. K. (2019). Low-cost multilayered green fiber for the treatment of textile industry waste water. *Journal of Hazardous Materials*, 365, 297–305.
- Sana, D., & Jalila, S. (2017). A comparative study of adsorption and regeneration with different agricultural wastes as adsorbents for the removal of methylene blue from aqueous solution. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 25(9), 1282–1287.
- Sanchez, L. M., Ollier, R. P., Gonzalez, J. S., & Alvarez, V. A. (2018). Nanocomposite Materials for Dyes Removal. In *Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications* (pp. 922–951). Elsevier.
- Sandoval, S., Tobias, G., & Flahaut, E. (2019). Structure of inorganic nanocrystals confined within carbon nanotubes. *Inorganica Chimica Acta*.
- Sanz carbonell, j. F. (2016). Tratamiento de aguas textiles industriales mediante fotocatalisis solar y reutilización en nuevas tinturas.
- Semeraro, P., Rizzi, V., Fini, P., Matera, S., Cosma, P., Franco, E., ... Gabaldón, J. A. (2015). Interaction between industrial textile dyes and cyclodextrins. *Dyes and Pigments*, 119, 84–94.
- Wakkel, M., Khiari, B., & Zagrouba, F. (2019). Textile wastewater treatment by agro-industrial waste: Equilibrium modelling, thermodynamics and mass transfer mechanisms of cationic dyes adsorption onto low-cost lignocellulosic adsorbent. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 96, 439–452.
- Zhang, W., Zhang, D., & Liang, Y. (2019). Nanotechnology in remediation of water contaminated by poly-and perfluoroalkyl substances: A review. *Environmental Pollution*.

LISTADO DE PARTICIPANTES

| <u>Listado de autores</u> | <u>Páginas</u> |
|---------------------------|------------------------------|
| Agud, L. | 61 |
| Agüero, A. | 53 57 81 |
| Aldas, M. | 49 69 |
| Amat, A.M. | 89 |
| Aparicio, I. | 171 |
| Arrieta, M.P. | 3 179 |
| Baeza García, R. | 119 |
| Balart, R. | 81 |
| Berruezo, M. | 25 |
| Blanes, M. | 115 151 171 |
| Boix, M. | 61 |
| Bonet-Aracil, M.A. | 25 219 |
| Boronat, T. | 57 |
| Bou-Belda, E. | 25 29 37 175 191 219 |
| Burgada, F. | 123 |
| Calvo, O. | 151 |
| Campos Payá, J. | 123 147 |
| Cantó, B. | 13 |
| Cantó, R. | 13 |
| Cappelli, L. | 151 |
| Carbonell, A. | 175 |
| Cardona, S.C. | 45 61 65 73 103 195 199 |
| Carlos, S. | 33 93 |
| Carvajal, E. | 175 191 |
| de la Rosa Ramirez, H. | 215 |
| de Lucas, A. | 139 |
| Díaz-García, P. | 29 37 |
| Díaz-Madroño, M. | 207 |
| Doménech, J. | 123 131 147 |
| Domingo, M. | 41 183 |
| Dominguez, I. | 111 |
| Fages, E. | 115 123 135 139 143 |
| Fenollar, O. | 77 |
| Ferrándiz, S. | 49 |
| Ferri, J. | 155 |
| Fombuena, V. | 45 53 65 103 111 179 195 199 |
| Fornés, F. | 127 |
| Fraile, F. | 99 |
| Franco, E. | 115 135 |
| Frochoso, L. | 123 135 |
| Gaona, A. | 17 159 |
| García, J.M ^a | 147 |
| García, M. | 211 |
| García-Ballesteros, S. | 89 |

| | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| García-Bosch, N. | 17 | 159 | | | |
| García-Breijo, R. | 155 | | | | |
| García-Díaz, J.C. | 21 | | | | |
| García-García, D. | 179 | | | | |
| García-Gonzalo, J.M. | 155 | | | | |
| García-Meseguer, C. | 203 | | | | |
| García-Negueroles, P. | 89 | | | | |
| García-Sanoguera, D. | 85 | | | | |
| Gil, E. | 111 | | | | |
| Gimenez, C. | 211 | | | | |
| Giner, S. | 167 | | | | |
| Ginestar, D. | 33 | | | | |
| Gironés, S. | 139 | 143 | | | |
| Gisbert J.V. | 119 | | | | |
| Gisbert-Payá, J. | 25 | 29 | 37 | 163 | |
| Gonga Roselló, E. | 123 | 143 | | | |
| González, J. | 167 | | | | |
| Lascano, D. | 57 | 77 | 81 | 85 | |
| Lerma, A. | 111 | | | | |
| Llinares, R. | 155 | | | | |
| Llopis, J. | 151 | 171 | | | |
| Lo-Iacono-Ferreira, V.G. | 111 | | | | |
| López, D. | 219 | | | | |
| López-Borrell, L. | 73 | | | | |
| López-Martínez, S. | 49 | | | | |
| López-Pérez, María-Fernanda | 45 | 65 | 103 | 195 | 199 |
| Lora-García, J. | 45 | 65 | 103 | 195 | 199 |
| Luna, R. | 41 | 183 | | | |
| Martínez, G. | 131 | 147 | 163 | | |
| Martínez, I. | 171 | | | | |
| Martón, I. | 93 | | | | |
| Martorrel, S. | 33 | 93 | | | |
| Matta-Catacora, S. | 195 | | | | |
| Micó-Vicent, B. | 219 | | | | |
| Millán, C. | 41 | 183 | | | |
| Mira, E. | 131 | 155 | | | |
| Moldovan, S. | 211 | | | | |
| Montanes-Muñoz, N. | 53 | | | | |
| Montava-Jordá, S. | 53 | 57 | 77 | | |
| Montava-Seguí, I. | 25 | 175 | 191 | | |
| Morant, P. | 127 | | | | |
| Morcillo, M.C. | 81 | 85 | | | |
| Moreno, J. | 31 | 147 | 155 | 163 | |
| Mula, J. | 207 | | | | |
| Navas, R. | 175 | | | | |
| Ortiz, A. | 99 | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|-----|-----|----|----|
| Ortiz, J. | 33 | | | |
| Ortiz, M ^a | 115 | 135 | | |
| Pascual, J. | 127 | 167 | | |
| Pavón, C. | 49 | 215 | | |
| Pawlak, Franciszek | 215 | | | |
| Peiro-Signes, A. | 187 | 203 | | |
| Pérez, M. | 111 | | | |
| Pérez, P. | 171 | | | |
| Pérez-Fernández, A. | 111 | | | |
| Pérez-Gosende, P. | 207 | | | |
| Plá, M.L. | 61 | | | |
| Poler, R. | 99 | 107 | | |
| Priego, J.I. | 171 | | | |
| Quiles-Carrillo, L. | 53 | 57 | 77 | 81 |
| Rico, F. | 127 | 167 | | |
| Rodes, A.M. | 155 | 163 | | |
| Ruíz-Calleja, T. | 29 | 37 | | |
| Sáez-Muñoz, M. | 33 | | | |
| Samper, M.D. | 179 | 215 | | |
| Sánchez, A. | 93 | | | |
| Sánchez, L. | 85 | | | |
| Sanchis, R. | 99 | 107 | | |
| Sanjines-Silva, B. | 195 | | | |
| Santonja, C. | 41 | 183 | | |
| Sanz, V. | 115 | | | |
| Sartiano, D. | 17 | | | |
| Satorre, M.Á. | 41 | 183 | | |
| Soler, M. | 115 | 123 | | |
| Sousa, Mayko-Rannany | 195 | | | |
| Torres, E. | 17 | 159 | | |
| Trull, O. | 21 | 187 | | |
| Urbano, A.M. | 13 | | | |
| Valor M. | 131 | 147 | | |
| Verdú, I.M. | 111 | | | |
| Villanueva, J.F. | 93 | | | |