

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN EN LA INGENIERÍA

VOL I 2015

“AVANCES EN EL ÁREA DE MATERIALES Y
SUS PROCESOS”

Editores:

*José E. Crespo Amorós
Antonio V. Nadal Gisbert
David Juárez Varón*

Ingeniería y Tecnología

 **3ciencias**

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN EN LA INGENIERÍA

VOL. I 2015

AVANCES EN EL ÁREA DE MATERIALES Y SUS PROCESOS

Autores: **Varios**

Editores: **José E. Crespo Amorós**
 Antonio V. Nadal Gisbert
 David Juárez Varón

Escuela Politécnica Superior de Alcoy
Universitat Politècnica de València



Esta publicación ha sido sometida a un proceso de revisión por pares entre expertos internacionales del área para garantizar la calidad de sus aportaciones.

Esta publicación no puede ser reproducida, ni totalmente, ni parcialmente, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información, ya sea fotomecánico, electrónico, por fotocopia o cualquier otro medio, sin el permiso previo de los propietarios del copyright.

© del texto: **los autores**

© de la edición: **Área de Innovación y Desarrollo, S.L.**

C/ Els Alzamora, 17 · 03802 - Alcoy

e-mail: info@3ciencias.com

Universitat Politècnica de València

Campus de Alcoy (EPSA)

Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1

03801 Alcoy

Diseño portada: **Isabel Castillo**

I.S.B.N.: **978-84-944687-8-0**

DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2015.10>

Índice

Propiedades mecánicas de residuo de neumático adheridas mediante policloropreno

J.E. Crespo, F. Parres, A.V. Nadal, S. Sanchez-Caballero 7

Propiedades mecánicas de biocomposites

J. Fontoba, J.E. Crespo, E.F. Calderon, A.V. Nadal 19

Absorción acústica de paneles multicapas conformados a partir de fibras procesadas de NFU's

M. Zamorano, J. Segura, A.V. Nadal, J.E. Crespo 27

Diseño y fabricación de un bastidor para motocicletas de competición en fibra de carbono

B. Oliver-Borrachero, S. Sanchez-Caballero, J.E. Crespo..... 35

Posibilidades del uso de prototipos en educación sanitaria

J. Oltra, E. Rayón, J. López-Martínez, S. Ferrándiz, P. Blasco, J.F. Dolz .. 49

Perdidas de propiedades mecánica por reprocesado

M.A. Peydró, D. Juárez, A.V. Nadal, J.E. Crespo..... 57

Estado del arte de la utilización de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA en mezclas de materiales. Parte 1. Campos de aplicación

A. Mengual Recuerda, D. Juárez Varón, M.A. Peydró Rasero, S. Ferrándiz Bou..... 67

Estado del arte de la utilización de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA en mezclas de materiales. Parte 2. Estadísticas de uso

A. Mengual Recuerda, D. Juárez Varón, M.A. Peydró Rasero, S. Ferrándiz Bou..... 87

“Propiedades mecánicas de residuo de neumático adheridas mediante policloropreno”

J. E. Crespoⁱ, F. Parres, A. V. Nadal, S. Sanchez-Caballero

*(1) Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrandiz y Carbonell 1, 03801 Alcoy (Alicante)*

RESUMEN

Cada vez el empleo de adhesivos para uniones de materiales poliméricos está más extendido. En este trabajo se ha analizado las propiedades mecánicas mediante sinterizado de residuos de Caucho de Rueda Granulado (GTR) adicionados con adhesivos. El adhesivo utilizado es el policloropreno (575) en suspensión acuosa, el cual se mezcla con las partículas de GTR bajo diferentes porcentajes de adhesivos con el objetivo de mejorar las prestaciones mecánicas obtenidas en el sinterizado inicial de las partículas. Las mayores prestaciones mecánicas para las mezclas se obtuvieron para porcentajes de adhesivos del 10% a 160 °C. Este estudio se contempla mediante un análisis de las imágenes mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) con la finalidad de observar la interacción de las mezclas GTR-Adhesivo.

ⁱ Contacto: J. E. Crespo; Tel. 966528570; e-mail: jocream@dimmm.upv.es

INTRODUCCIÓN

El GTR es el caucho de rueda granulado obtenido a través de la trituración mecánica. Esta trituración también puede ser criogénica, con la que se obtiene un tamaño de grano más reducido y de diferente rugosidad debido a las bajas temperaturas.

Este residuo es utilizado actualmente como modificador de asfalto, superficies de atletismo y deportes, y productos moldeados y calandrados. Lo que se pretende es incrementar la calidad y consistencia del GTR, y ello conducirá a un reciclado del material mucho más extenso.

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

Se ha comprobado también que la adición de GTR al asfalto impide la acumulación de agua, incrementa la adherencia, evita proyecciones de agua, mejora condiciones ópticas y disminuye el nivel de ruido. Además, en la capa de rodadura del neumático aumenta la media de vida, tiene mayor elasticidad (menores deformaciones), mayor resistencia al agrietamiento (frío) y mayor resistencia al arrastramiento (calor).

La aplicación y uso de adhesivos, compatibilizadores y tratamientos sobre las partículas de cauchos elastoméricos reciclados sirven para mejorar la adhesión e interacción entre las partículas de residuo con el fin de mejorar las prestaciones del material obtenido.

EXPERIMENTAL

Materiales

Los materiales utilizados en este estudio son: el residuo de GTR suministrado por la empresa INSATURBO S.L. (Aspe, Alicante) procedentes del triturado de neumático fuera de uso; el adhesivo policloropreno (575) en suspensión acuosa suministrado por la empresa Adhesivos Kefren S.A. (Alicante, España).

Preparación de la muestra

En primer lugar, hemos llevado a cabo un estudio granulométrico de las partículas de residuos de GTR utilizando un tamizadora CISA, modelo RP09 (Barcelona, España) para una muestra de residuos de 300 gramos. La serie de tamices utilizados fueron 63, 125, 250, 500, 1000 y 2000 μm . Más tarde, el residuo se mezcla con diferentes proporciones de adhesivo. Las proporciones estudiadas en esta investigación se obtuvieron utilizando un mezclador planetario KAPL, modelo 5KPMS (St. Joseph, Michigan, EE.UU.) con el objetivo de homogeneizar la mezcla.

El proceso de sinterizado de la mezcla de adhesivo y partículas de GTR se llevara a cabo mediante una prensa Robima S.A. (Valencia, España) con platos calientes de Dupra S.L. (Castalla, España) con una presión y temperatura máxima de 6000 Kg y 160-180 °C respectivamente. Bajo este sinterizado se obtienen unas planchas de 180 x 190 mm con un espesor de 4 mm que posteriormente son troqueladas para su posterior ensayo de tracción bajo la norma ISO 527.

Las proporciones de adhesivo que se utilizaron fueron de 0%, 5%, 10%, 25% y 50% en peso.

La resistencia a la tracción de las muestras se obtuvo utilizando una máquina de ensayo universal ELIB 30 (SAE Iberstest, Madrid, España) según norma ISO 527. La célula de carga empleada tenía una capacidad de 5 kN y la velocidad de desplazamiento aplicada

fue de 50 mm/min. Dureza Shore D se midió utilizando un durómetro Baxlo (Baxlo, Barcelona, España) según la norma ISO 868.

El estudio de las superficies de fractura se llevó a cabo mediante la microscopía electrónica de barrido, mediante un FEI Quanta 200 (FEI EMPRESA, Hillsboro, EE.UU.). Las micrográficas se obtuvieron en el microscopio en modo ambiental (ESEM), que no requiere el recubrimiento de oro o cualquier otro material para una correcta visualización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtenidos los resultados óptimos del sinterizado del residuo de neumático GTR en trabajos anteriores, se procede a la utilización de adhesivos de caucho con el objetivo de mejorar la adhesión e interacción entre las partículas del residuo y el comportamiento mecánico del material obtenido. En este caso, al emplear el adhesivo 575, se observa cómo las propiedades mecánicas aumentan con la cantidad de adhesivo independientemente de la temperatura de sinterizado aplicada. En el estudio con adhesivos, uno de los parámetros a tener en cuenta es la temperatura de utilización de los adhesivos facilitada por el fabricante, ya que esta nos puede condicionar la temperatura de sinterizado en esta parte del estudio.

La temperatura máxima de utilización de los adhesivos, se encuentra en 180 °C, y por lo tanto ésta es menor que la temperatura óptima de sinterizado obtenida en los resultados óptimos de sinterizado del GTR sin adhesivo que fue de 200 °C. Esto hace replantear la temperatura de sinterizado en este trabajo sea 180 °C para el adhesivo de policloropreno. Por lo tanto, las condiciones de sinterizado a aplicar son temperaturas de 160-180 °C y presión de sinterizado de 6000 kg.

El inicio de la caracterización del material, comienza con un estudio granulométrico del residuo, compuesto por partículas tritura-

das de neumáticos fuera de uso. Este estudio nos permite comprobar cuál es la distribución de tamaños de las partículas y en qué proporción se encuentran en el residuo.

La Figura 1 muestra la distribución obtenida, donde se observa que en este triturado predominan las partículas de 500 μm con prácticamente un 50 % del peso de la muestra utilizada para el estudio.

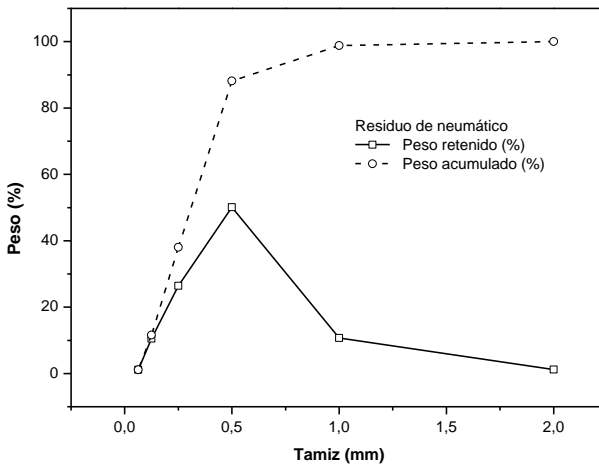


Figura 1. Distribución del tamaño de grano del residuo de GTR.

A continuación se realiza el estudio de sinterizado de las partículas del residuo de GTR adicionado con policloropreno 575. Las condiciones de sinterizado aplicadas están comprendidas entre 160-180°C de temperatura y 6000 kg de presión de compactación y se analiza el comportamiento del GTR con el adhesivo de policloropreno 575.

El sinterizado, es un proceso de transformación en el cual por medio de la aplicación de presión y temperatura se conforma un objeto, en este caso una lámina de residuo de neumático con unas

medidas determinadas. La cantidad de residuo empleada en la obtención de cada lámina es de 150 gramos, ya que se comprobó en estudios previos de sinterizado que esta cantidad era la más adecuada para la obtención de una lámina de aproximadamente 4 mm de espesor, lámina que es troquelada para la obtención de probetas para su ensayo mecánico.

En este caso, al emplear el adhesivo 575, se observa como las propiedades mecánicas aumentan con la cantidad de adhesivo independientemente de la temperatura de sinterizado aplicada. En la Figura 2 muestra la evolución de la tensión de rotura en función del porcentaje de adhesivo adicionado. En este caso, se observa un incremento muy rápido para bajos contenidos de adhesivo (5-10 %) para estabilizarse posteriormente en contenidos del 25 y 50 % de adhesivo.

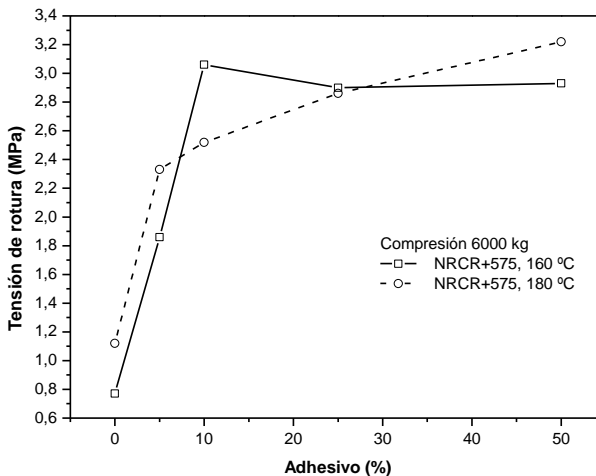


Figura 2. Tensión de rotura frente al porcentaje de adhesivo policloropreno (575) adicionado al residuo de neumático para diferentes temperaturas de calentamiento.

En relación al módulo elástico, se observa, Figura 3, como la mayor rigidez del material se encuentra para la temperatura de 160 °C y un porcentaje de adhesivo 575 del 10 %, con un aumento del 15% con respecto al material sinterizado sin adhesivo. En este caso, el aumento del porcentaje de adhesivo nos hace disminuir la rigidez del material a partir del 10 %, independientemente de la temperatura aplicada de sinterizado.

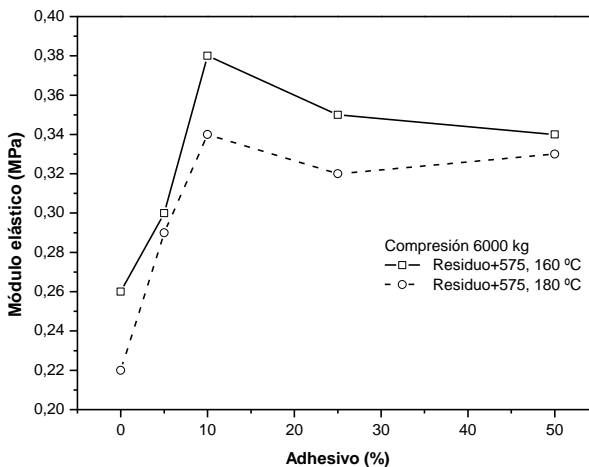


Figura 3. Modulo elástico frente al porcentaje de adhesivo policloropreno (575) adicionado al residuo de neumático para diferentes temperaturas de calentamiento.

El alargamiento a la rotura de las mezclas con adhesivo 575, Figura 4, muestra un comportamiento muy similar al observado en la tensión de rotura; donde a partir del 10 % los valores se estabilizan. Para estas condiciones máximas, el aumento obtenido con respecto al material sinterizado sin adhesivo es del 50 %.

Referente a la dureza Shore A obtenida, Figura 5, los valores crecen de forma lineal en función del porcentaje de adhesivo añ-

dido independientemente de la temperatura de sinterizado aplicada, aunque los mayores valores los encontramos a temperatura de 160 °C y para el máximo valor de adhesivo estudiado del 50 %. El aumento producido de la dureza con respecto al material sinterizado sin adhesivo es del 27 %.

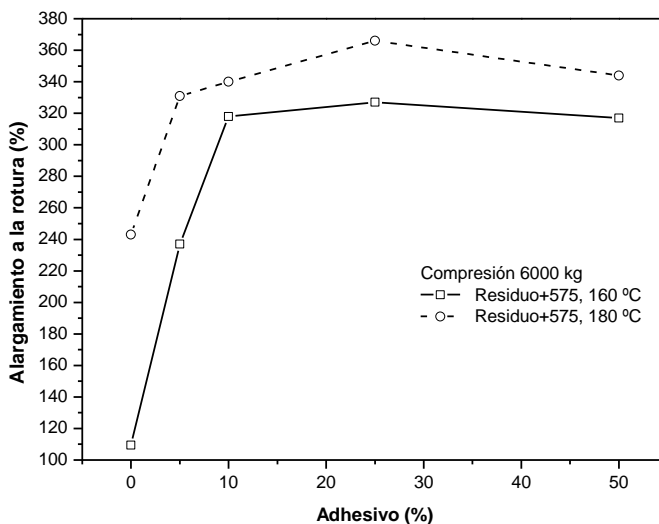


Figura 4. Alargamiento a la rotura frente al porcentaje de adhesivo policloropreno (575) adicionado al residuo de neumático para diferentes temperaturas de calentamiento.

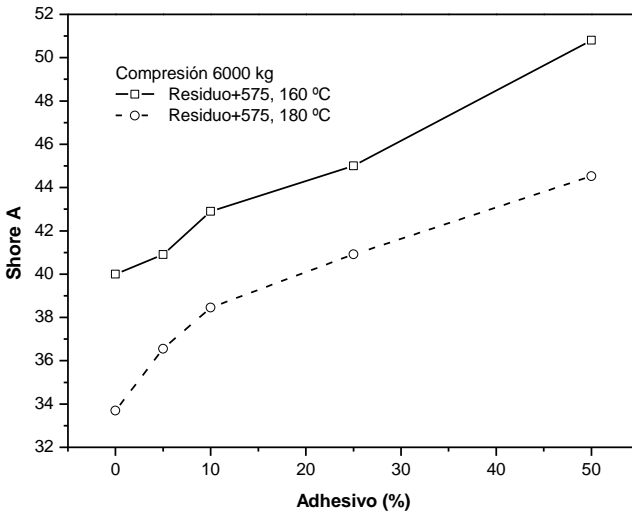


Figura 5. Dureza Shore A frente al porcentaje de adhesivo policloropreno (575) adicionado al residuo de neumático para diferentes temperaturas de calentamiento.

El proceso de sinterizado y adhesión se suman, es decir las muestras mantienen dos tipos de unión: puentes entre partícula y partícula (sinterizada) y adhesión entre partícula y partícula mediante el adhesivo. Estas uniones se pueden observar en la Figura 6, donde se muestran diferentes micrografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM).

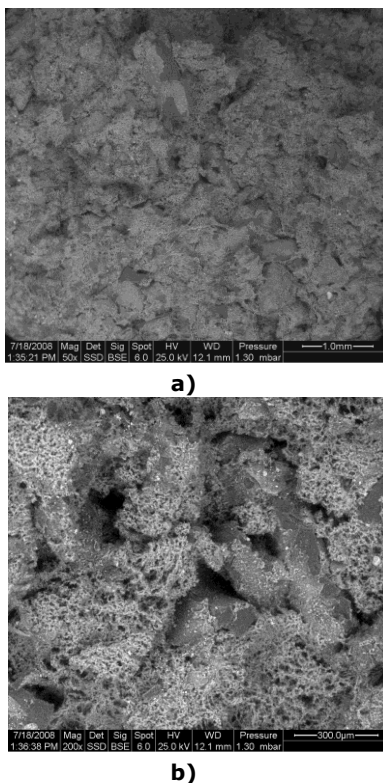


Figura 6. Micrografías SEM de la superficie de rotura obtenida del ensayo de tracción del residuo de neumático adicionado con el 50 % de policloropreno: a) x50, b) x200.

La justificación con respecto a la adhesión con policloropreno (575) se observan unos porcentajes de saturación semejantes a otros adhesivos como el látex (L-18) en trabajos anteriores, dado que el residuo de neumático es el mismo y por lo tanto el porcentaje de huecos a rellenar es el mismo con el empleo de las mismas presiones y temperaturas. Las tensiones de rotura y alargamientos son mayores debido a que el policloropreno (575) es un adhesivo

de mayor resistencia y alargamiento, por lo tanto para el mismo tamaño de grieta (defecto) la tensión necesaria para la rotura es mayor (Griffith) y también lo es el alargamiento. En este caso el módulo de elasticidad se incrementa debido a que el módulo de elasticidad del policloropreno (575) es mayor que el del elastómero que constituye el residuo de neumático, y si planteamos el modelo de isodeformación (Referencia libro Smith), ecuación (1), donde E_R = es módulo de elasticidad de residuo (MPa) y C_R = fracción en volumen residuo y E_{CR} = el módulo de elasticidad del policloropreno (MPa) y C_{CR} = fracción en volumen de policloropreno.

$$E_C = E_R * C_R + E_{CR} * C_{CR} \quad (1)$$

también el módulo de elasticidad del compuesto, con lo que se ve que al aumentar C_{CR} siendo $E_{CR} > C_R$, el módulo de elasticidad total se incrementa. El mantenimiento de la tensión de rotura, alargamiento a la rotura y módulo de elasticidad, después de la saturación confirman este extremo.

CONCLUSIONES

Se ha comprobado que de los residuos de partículas trituradas de neumáticos fuera de uso, mediante el proceso de sinterizado y bajo unas condiciones de temperatura de 200 °C y una presión de 6000 kg óptimas, se puede obtener un material con unas prestaciones mecánicas aceptables, debido a que se produce una buena cohesión e interacción entre las partículas del residuo en el sinterizado. Por otro lado, la incorporación de adhesivos al sistema de sinterizado inicial, como se ha observado, aumenta las prestaciones mecánicas del material sinterizado, obteniéndose mayores prestaciones mecánicas con el adhesivo de policloropreno 575 bajo las condiciones de temperatura de 180 °C y 6000 kg de presión de sinterizado y bajo los contenidos de adhesivo entre el 5-10 %. Finalmente se ha conseguido aumentar el comportamiento mecánico de estos residuos de neumáticos triturados mediante la técnica de sinterizado y el empleo de adhesivos.

REFERENCIAS

- [1] Miravete, A. et al. "Materiales compuestos I y II". INO reproducciones, Zaragoza, 2000.
- [2] W. Tsai, S. Miravete de Marco, A. "Diseño y análisis de materiales compuestos". Reverté, Barcelona, 1988.
- [3] Hull, D. "Materiales Compuestos". Reverté. Barcelona 2003. Alphonsus V. Pocius. "Ashesion and Adhesives Technology. An Introduction".
- [4] Giles F. Carter and Donald E. Paul "Materials Science & Engineering".
- [5] M. A. Peydro-Rasero, F. Parres-Garcia, J. E. Crespo-Amoros and R. Navarro-Vidal, Dyna 2012, 87, 526-532.
- [6] J. E. Crespo, F. Parres and A. Nadal, Journal of Elastomers and Plastics 2012, 44, 127-144.

“Propiedades mecánicas de biocomposites”

J. Fontoba⁽¹⁾, J.E. Crespo⁽¹⁾ⁱⁱ, E.F. Calderon⁽¹⁾, A. V. Nadal⁽¹⁾

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

RESUMEN

La búsqueda de alternativas a los materiales tradicionales empleados en la absorción acústica, lleva a la realización de diversas investigaciones para la obtención de placas de composite biodegradables reforzadas con fibras de refuerzo y/o tejidos de origen natural mediante el proceso de infusión de resina. Una vez concluido el proceso de infusión, se realizara la caracterización mecánica de los composites, donde se observa que las propiedades obtenidas son fundamentales la orientación de la fibra y sobre todo para los refuerzos en forma de tejido donde las características obtenidas son mayores.

ⁱⁱ Contacto: J.E. Crespo; Tel. 966528570; e-mail: jocrean@dimmm.upv.es

INTRODUCCIÓN

El proceso por infusión de resina es un proceso mediante el cual el vacío succiona resina hacia un laminado compuesto de fibra en un molde de un solo lado o con un solo acabado. Este proceso se considera como un "proceso a molde cerrado" al tener una membrana rígida o flexible que se sella alrededor del molde.

Las fibras se preparan en seco y la resina se inyecta por acción del vacío. Se emplea la resina estrictamente necesaria permitiendo que el compuesto de la fibra esté en su límite de saturación.

Las ventajas que presentan la infusión de resina, en comparación con el curado de compuestos laminados tradicionales sin bolsa de vacío, son:

- Una mejor optimización de la relación fibra-resina.
- Un laminado más resistente en un 40%.
- Se reduce la exposición del operador a emisiones perjudiciales.
- Se reduce el uso de resina por la precompactación de las fibras.
- La fabricación es más rápida.
- Se reduce el peso de la pieza en un 30%.

Las fibras naturales poseen grandes ventajas sobre los materiales de refuerzo convencionales. Las principales características de estos materiales es que tienen baja densidad, elevada rigidez, resistencias específicas permisibles y especialmente que son biodegradables y de bajo costo, lo que los hace excelentes para aplicaciones específicas y amigables con el medio ambiente.

Las fibras presentan diferentes composiciones y propiedades físicas que producen una elevada influencia con las matrices y por lo tanto en las propiedades finales del compuesto. Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Propiedades físicas de algunas fibras naturales.

Fibra	Densidad (g/cm³)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Humedad (%)
<i>Caña</i>	1.48	88 - 90	7 - 10	1.5 - 2.0	3.5 - 8.0
<i>Sisal</i>	1.45	65	12	9.9	10
<i>Plátano</i>	1.35	63 -64	19	5	10 - 11
<i>Piña</i>	1.53	81	-	12.7	13.5

Las propiedades mecánicas de las fibras resultan bastante diversas y dependen mucho de las condiciones en que se encuentra la fibra. En la tabla 2, se muestran las propiedades mecánicas de algunas fibras naturales. Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Propiedades mecánicas de las fibras blandas más conocidas.

Fibra	Densidad (kg/m³)	Diámetro (μm)	Longitud (mm)	Elongación a la rotura (%)	Resistencia a la rotura (Mpa)	Módulo de Young (Gpa)	Modulo especifico
<i>Lino</i>	1380 - 1500	40 - 600	10 - 65	1.2 - 3	343 - 1500	60 - 80	26 - 46
<i>Caña</i>	1350 - 1480	10 - 51	5 - 55	1.6 - 4.5	580 - 1110	70	47
<i>Kenaf Núcleo</i>	310	0.4 - 1.1	0.4 - 1.1	-	-	-	-
<i>Kenaf Exterior</i>	1200	1.4 - 11	1.4 - 11	2.7 - 6.9	295 - 930	-	-
<i>Yute</i>	1460	0.8 - 6	0.8 - 6	1.5 - 3.1	187 - 773	10 - 30	7 - 21
<i>Ramio</i>	1440 - 1550	40 -250	40 - 250	2 - 4	400 - 938	61.4 - 128	27 - 47

MÉTODO EXPERIMENTAL

Materiales

En la actualidad existe una tendencia importante en el uso de las fibras vegetales debido a las importantes ventajas mencionadas en comparación con las fibras tradicionales. Las principales fibras empleadas son celulósicas conocidas por su baja densidad y por ser renovables. Figura 1.1

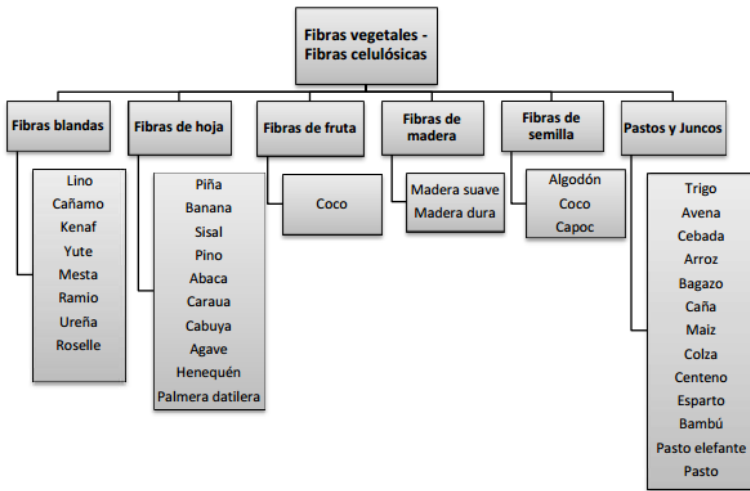


Figura 1.1 Principales fibras vegetales utilizadas en materiales compuestos.

De la Figura 1.1 Se han caracterizado:

- Fibras blandas:
 - o Lino
 - o Cáñamo
 - o Yute
- Fibras de fruta:
 - o Coco

Las fibras blandas se caracterizan por ser suaves y tener una densidad comprendida entre los 310 y 1500 kg/m³ lo cual demuestra que son materiales ligeros. El módulo específico que estos poseen es alto, el desempeño elástico más representativo está dado por las fibras de lino, cáñamo y ramio.

La fibra de coco se extrae del cocotero, planta originaria de las regiones tropicales de oriente, y que actualmente se cultiva en el continente Asiático (India, Ceylán, Indonesia), en América central

y meridional (Méjico, Brasil), en África (Mozambique, Tanzania y Ghana). Las fibras se extraen del mesocarpio de los frutos.

Las fibras y/o tejidos utilizados en la fabricación de las placas con resina biodegradable se han obtenido de diversas empresas suministradoras. Las fibras y/o tejidos son de carácter lignocelulósico de origen natural, exceptuando la fibra textil o también conocida como borra que se obtiene del triturado y cardado de materiales textiles de diversa procedencia.

La forma geométrica de las placas será rectangular con un dimensionado de 85,5 * 55 cm, y con un espesor de aproximadamente 5 mm. Lo que implicará que se deberán de apilar los tejidos y/o fibras en un numero determinado de capas. Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Número de capas utilizadas en la fabricación de las placas y peso final de las mismas.

Fibra	Número de capas	Peso final capa (g)
Fibra de Lino Biaxial	6	1223,4
Manta Textil	5	617,9
Fibra de coco	1	788,0
Fibra de cáñamo	1	654,8
Fibra de Yute	6	1043

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

Una vez obtenidas las placas de fibras y/o tejidos con resina biodegradable, se realiza la caracterización de las mismas para obtener sus propiedades mecánicas fundamentales como son: resistencia a la tracción, comportamiento a flexión, dureza e impacto.

Equipos

Previo a la caracterización de las placas de fibras y/o tejidos con resina biodegradable, se deberá de realizar el corte de las probetas de ensayo, que deberán de tener diferentes medidas distintas en función del tipo de la caracterización que se vaya a realizar.

La resistencia a la tracción y el comportamiento a flexión de los materiales compuestos obtenidos, se realiza en una maquina universal de ensayos de la casa IBERTEST. La normativa UNE EN ISO 527:2010 para ensayos tracción.

UNE-EN ISO 178:2011 ensayo flexión.

La célula de carga utilizada en ambos ensayos ha sido de 50 kN y la velocidad utilizada en el ensayo de tracción es de $10 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ y de $5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ para el ensayo de flexión.

EL ensayo de impacto, se ha realizado mediante un péndulo Charpy de la casa METROTEC, S.A. La determinación de la energía de impacto se ha obtenido bajo la normativa ISO 179:1993. La escala utilizada en el ensayo es de 1 J.

La resistencia a la dureza, se ha realizado mediante en un durómetro Shore de la casa INSTRUMENTS J. BOT, S.A (Barcelona, España) modelo 673D bajo la normativa UNE EN ISO 868:2003. La escala utilizada en el ensayo es Shore D donde se emplea una aguja no roma y cuyo ángulo de la punta es 30° .

RESULTADOS

En la Tabla 1.5. se muestran a modo de resumen las propiedades mecánicas de cada una de los composites en función de la fibra y/o tejido utilizado en su fabricación.

Placa de composite con fibra y/o tejido	Resist. máxima a tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Alargam. a la rotura (%)	Resist. máxima a flexión (MPa)	Resist. al impacto (kJ/m ²)	Dureza Shore D
Fibra de Yute	60,71±4%	761,46±2%	10,83±5%	139,19±2%	14,09±4%	70,20±1%
Fibra de Lino Biaxial transversal	40,86±2%	550,59±9%	54,36±5%	149,95±3%	76,72±3%	76,20±1%
Fibra de Lino Biaxial longitudinal	77,56±3%	770,28±4%	21,18±4%	179,92±3%	69,78±5%	72,60±2%
Fibra de Residuo Textil (Borra)	21,68±4%	579,61±7%	7,73±4%	38,24±5%	8,00±4%	70,30±4%
Fibra de Coco	12,80±1%	191,16±3%	13,67±4%	49,35±5%	5,23±5%	64,70±1%
Fibra de Cáñamo transversal	17,08±5%	219,05±5%	10,74±5%	64,92±5%	4,13±3%	70,20±0%
Fibra de Cáñamo longitudinal	25,46±5%	269,23±5%	12,70±12%	47,33±3%	5,71±4%	70,07±1%

Tabla 1.5. Resumen de las propiedades mecánicas de las placas de composite en función del tipo de fibra y/o tejido utilizado.

CONCLUSIONES

Como se ha podido observar en los resultados obtenidos en el trabajo desarrollado, las características mecánicas de los biocomposites fabricados con las fibras que no están tejidas son más bajas independientemente del tipo de fibra utilizada en el biocomposite. Los biocomposites fabricados con tejidos tienen mayores características mecánicas resistentes debidas al entrelazado y/o combinación de la fibra con varias orientaciones en el mismo tejido. Un dato a destacar en las características mecánicas es la resistencia flexión y la resistencia al impacto en los biocomposites, donde el factor de la orientación de la fibra formando un tejido en comparación con las fibras no tejidas es más notable, alcanzándose valores hasta de 4 veces más en la resistencia máxima a tracción y de hasta 12 veces más de resistencia al impacto.

REFERENCIAS

- [1] Sahoo, Sushanta K.; Mohanty, Smita; Nayak, Sanjay K. *JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE*, 132:43 (2015).
- [2] Manthey, Nathan W.; Cardona, Francisco; Francucci, Gaston; et ál. *JOURNAL OF REINFORCED PLASTICS AND COMPOSITES*, 32:19 (2013).
- [3] Campanella, A.; Wool, R. P.; Bah, M.; et ál. *JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE*, 127:1 18-26 (2013).
- [4] Fowler, Paul A.; Hughes, J. Mark; Elias, Robert M. *JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE*, 86:12 1781-1789 (2006).
- [5] Fam, A.; Eldridge, A. "Technical Conference of the American-Society-for-Composites" (Editado por: Bakis, CE). Conferencia: 28th: Penn State Univ, Dept Engrn Sci & Mech, State College, PA Fecha: SEP 09-11, 2013.

“Absorción acústica de paneles multicapas conformados a partir de fibras procesadas de NFU’s”

M. Zamorano ⁽¹⁾ⁱⁱⁱ, J. Segura ⁽²⁾, A.V. Nadal ⁽³⁾, J.E. Crespo ⁽³⁾

*(1) Departamento Ingeniería Textil y Papelera,
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

*(2) Centro de Tecnologías Físicas
Escuela Politecnica Superior de Alcoy Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

*(3) Instituto de Tecnología de Materiales (UPV)
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

RESUMEN

El objetivo del trabajo, es el estudio de los parámetros óptimos de temperatura, presión, masa y tiempo de exposición, con el fin de conseguir una caracterización conjunta de diferentes fibras provenientes de residuos de NFU’s. Se han empleado 2 clases de fibra uno y fibra dos. La fibra a la que denominaremos número uno, formada por hilos en su mayoría retorcidos a dos cabos, la fibra numero dos constituida por fibras muy cortas. En general se han obtenido unos resultado compuestos por las mejores cualidades de las 2 fibras tratadas por separado, el pico máximo de absorción conseguido por la fibra uno y el mayor rango de máxima absorción obtenidos anteriormente con la fibra dos.

ⁱⁱⁱ Contacto: M. Zamorano; Tel. 966528414; e-mail: mzamoran@upvnet.upv.es

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Materiales

Se han empleado 2 clases de fibra (Fig. 1), fibra uno y (Fig. 2) fibra dos, la fibra a la que denominaremos número uno, tiene una distribución de longitudes, desde dos milímetros hasta cuarenta y tres encontrándose fibras de setenta a ochenta milímetros siendo el pico mas alto de trece a dieciséis milímetros, formada por hilos en su mayoría retorcidos a dos cabos, la fibra numero dos con una distribución mas uniforme oscila entre dos y nueve milímetros siendo de cuatro a cinco milímetros la máxima concentración de longitudes constituida por fibras muy cortas.(Fig. 3).

Los diámetros en la muestra uno pertenecen a hilos formados por fibras paralelizadas y torcidas, por este motivo su distribución fluctúa entre cero con cinco y uno con treinta y tres milímetros en la muestra dos a fibras, por lo tanto sus medidas varían desde una centésima de milímetro a dos centésimas son distintos dimensionalmente por este motivo esperamos que las prestaciones como absorbentes serán distintas (Fig. 4).



Figura 1. Fibra uno.



Figura 2. Fibra dos.

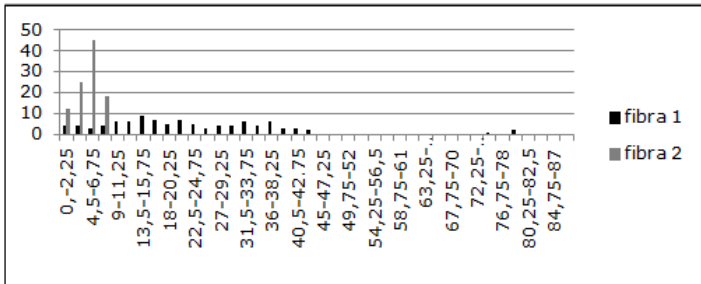


Figura 3. Frecuency/length muestra uno y dos.

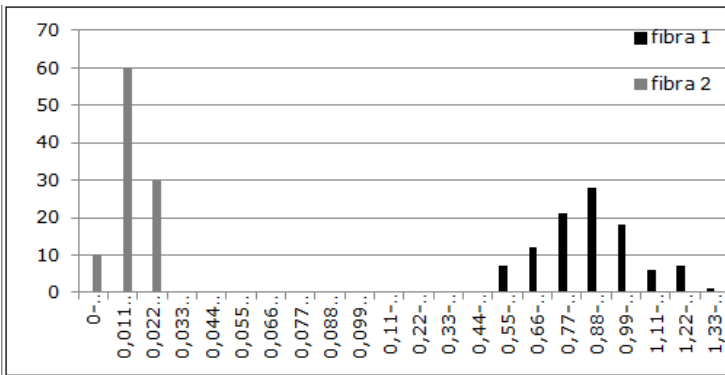


Figura 4. Frecuency/diameter muestra uno y dos.

Las masas de fibras se han compactado (Fig. 5) en un intervalo de tiempo mediante control de presión y temperatura, se han configurado las probetas con ayuda de un troquel, para someter la muestra al ensayo del tubo de impedancia y determinar el coeficiente de absorción.



Figura 5. Fibras compactadas y muestras configuradas para el ensayo de absorción acústica.

RESULTADOS

Se han analizado en el tubo de impedancia 32 muestras (16 de cada fibra) los mejores resultados se obtuvieron con las muestras realizadas con los parámetros (Tabla1) los resultados obtenidos los vemos en la (Tabla2).

Tabla 1. Parámetros de conformación aplicados a las muestras número ocho y catorce

Nº muestra	Nº capas	Nº Fibra	Temp. (°C)	Tiempo (min.)	Masa (g)	Presión (Kg/cm ²)
8º	1	1	220	60	550	4,5
14º	1	2	220	60	450	3,5

Tabla 2. Coeficiente de Absorción acústica (CA) máximos de cada intervalo, paneles fibras 1 y fibra 2

Intervalos	Rango Hz	Máximos muestra Nº8	Máximos muestra Nº14
1	400-999	0,72033	0,85234
2	1000-1999	1,01429	0,81991
3	2000-2999	0,91904	0,79212

4	3000-3999	0,79695	0,84486
5	4000-4921	0,92835	0,84484

Observamos que los parámetros de temperatura y tiempo son óptimos en las dos fibras y que en la masa y presión no concuerdan.

Experimental bicapa

Vamos a combinar las cualidades de los dos materiales, creando una muestra que pueda absorber en un rango mas amplio que la fibra N°1 y con un coeficiente de absorbancia mayor en todo el intervalo de frecuencias detectadas en el tubo de Hunt, que el que nos ofrece la fibra N°2. Para esto recogemos los parámetros comunes que nos indican un buen rendimiento y con ellos como constantes, realizamos unas muestras empleando la masa y la presión como variables. Concluyendo que la muestra N° 39 conformada con los parámetros (Tabla 3.) nos ofrece los mejores resultados de absorción acústica (Tabla 4).

Tabla 3. Máximos de coeficiente de absorción (CA) acústica por rango, panel bicapa compuesto por fibras 1 y 2

Nº muestra	Nº capas	Nº Fibra	Temp (°C)	Tiempo (min.)	Masa (g)	Presión (Kg/cm ²)
39	2	1.2(225)	220	60	450	3.5

Tabla 4. Máximos de coeficiente de absorción (CA) acústica por rango, panel bicapa compuesto por fibras 1 y 2

Intervalos	Rango Hz	Máximos muestra N°39
1	400-999	0.82581
2	1000-1999	0.93266
3	2000-2999	0.95738
4	3000-3999	0.97079
5	4000-4921	0.97045

CONCLUSIONES

En general se han obtenido unos resultados (Fig. 6) compuestos por las mejores cualidades de las 2 fibras tratadas por separado, el pico máximo de absorción conseguido por la fibra uno y el mayor rango de máxima absorción obtenidos anteriormente con la fibra dos.

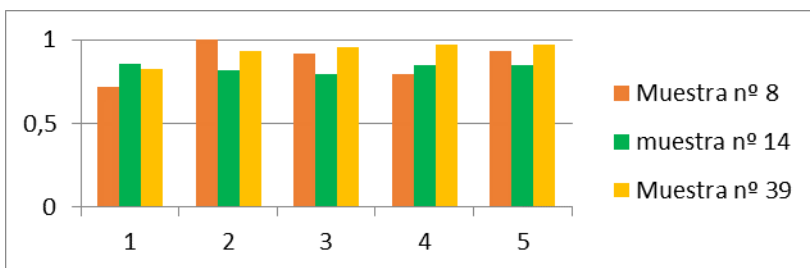


Figura 6. Comparativa de los coeficientes de absorción de los paneles simples muestra 8 y 14 y el del panel compuesto muestra 39.

También se observan los resultados obtenidos en la absorción en bajas frecuencias donde se ha conservado los conseguidos por la fibra dos mejorando el conjunto de la composición de las 2 fibras comprobamos que la temperatura y el tiempo de exposición mínimos nos ofrecen los mejores resultados, menos apelmazamiento de las muestras permiten un sistema con mas grados de libertad a las cabezas de fibras que actúan transformando la energía cinética en calor.

Los parámetros de masa y presión actúan sobre la porosidad mientras que en la muestra con hilos de diámetros más gruesos nos indican que hace falta más fuerza de compactación o mas densidad para poder generar un tamaño adecuado de poro que interaccione con las ondas en la muestra compuesta de fibras con diámetro más fino una excesiva fuerza de compactación podría colapsar parte de los poros y perder elementos de rozamiento

interior entre las ondas acústicas y la porosidad de la muestra y así comprobamos que la fibra uno (mayores diámetros) obtiene mejores resultados con una presión de compactación de 4.5 y una masa de 550 g, y la fibra dos con diámetros más finos obtiene mejores resultados con una presión de 3.5 y una masa de 450 g.

REFERENCIAS

- [1] Benkreira H., Khan A., Horoshenkov K.V., *Chemical Engineering Science*, 66, 4157-4171 (2011).
- [2] Jimenez-Espadafor F.J., Becerra Villanueva J.A., García M.T., Trujillo E.C., Blanco A.M., *Materials & Design*, 32, 3608-3616 (2011).
- [3] Sienkiewicz M., Kucinska-Lipka J., Janik H., Balas A., *Waste Management*, 32, 1742-1751 (2012).
- [4] Arenas J.P., Crocker M.J., *Sound and Vibration*, 44, 12-17 (2010).
- [5] Ballagh K.O., *Applied Acoustics*, 48, 101-120 (1996).
- [6] Wang C.N., Torng J.H., *Applied Acoustics*, 62, 447-459 (2001).
- [7] Garai M., Pompoli F., *Applied Acoustics*, 66, 1383-1398 (2005).
- [8] Kino N., Ueno T., *Appl. Acoust.*, 68, 1439-1458 (2007).
- [9] Kino N., *Appl. Acoust.*, 73, 590-603 (2012).
- [10] Ramis J., Alba J., del Rey R., Escuder E., Sanchis V.J., *Materiales De Construccion*, 60, 133-143 (2010).
- [11] Ramis J., del Rey R., Alba J., Godinho L., Carbajo J., *Materiales De Construccion*, 64, (2014).
- [12] Fouladi M.H., Nor M.J.M., Ayub M., M. Ghassem, *Journal of Comput. Acoustics*, 20 (2012).

“Diseño y fabricación de un bastidor para motocicletas de competición en fibra de carbono”

B. Oliver-Borrachero^{(1)iv}, S. Sanchez-Caballero⁽²⁾, J.E. Crespo⁽¹⁾

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

*(2) Instituto de Diseño y Fabricación (IDF),
Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,
Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia
Paseo del Viaducto, 1 03801 Alcoy (Alicante)*

RESUMEN

La fibra de carbono cada día es más utilizada en vehículos de competición por sus propiedades físicas y mecánicas. En este trabajo se pretende diseñar y fabricar un bastidor de motocicleta para campeonatos autonómicos. Para ello se ha realizado el diseño de la motocicleta, partiendo de las piezas de que se disponía, para obtener las características geometrías requeridas para el conjunto y teniendo en cuenta que se pretende fabricar el bastidor en una sección única, sin uniones adhesivas. Los cálculos han sido realizados mediante un software de elementos finitos específico para composites. El resultado del trabajo es un bastidor un 30% más ligero que los utilizados en la categoría a igual prestaciones, lo que junto a sus geometrías conlleva un manejo más ágil y una mayor relación potencia/peso.

^{iv} Contacto: B. Oliver-Borrachero; Tel. 659786506; e-mail: berolbor@epsa.upv.es

INTRODUCCIÓN

Cada día es más habitual la utilización materiales compuestos, en concreto fibra de carbono, en el mundo del deporte y la competición, usándose en gran variedad de elementos por su alta **resistencia a la fatiga** y su **baja densidad**.^[1]

Materiales Compuestos son aquellos constituidos por la combinación de al menos dos o más constituyentes con diferentes propiedades que se combinan al nivel macroscópico, no siendo solubles entre sí.^[2]

La fibra de carbono es un material compuesto que fue desarrollado por y para la industria aeronáutica-aeroespacial a principio de los años 80 por la necesidad de contar con materiales más ligeros y resistentes, limitando en sus inicios el uso a partes sin gran responsabilidad estructural en la aeronave y a día de hoy formando una parte indispensable de este sector.^[1]

Para este trabajo se utilizará prepeg de carbono, se trata de tejido pre-impregnado de carbono y resina epoxi al que se le ha detenido el ciclo de curado y se encuentra en estado b-stage.

El chasis o bastidor de la motocicleta consiste en una estructura que sostiene y da forma al vehículo.^[3] Es considerado como el componente más significativo de una motocicleta, aportándole rigidez y estabilidad en diferentes condiciones, además de caracterizar cada tipo de motocicleta.^[4]

En el campeonato mundial de motociclismo, este material lleva años integrado para la fabricación de complementos auxiliares donde es posible ahorrar algo de peso sin tener grandes exigencias estructurales, pero ha sido en los últimos cinco años cuando se ha extendido su uso, de forma cada vez más habitual, a la fabricación de partes con responsabilidad estructural como el basculante o el subchasis y llegando a verse competir algún modelo con el bastidor completo en fibra de carbono abriendo así las puertas a nuevas investigaciones y desarrollos.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

1.1. Consideraciones previas

Previamente hay que definir las geometrías finales que queremos para la motocicleta, entre las que destacan factores como la distancia entre ejes, el avance o el ángulo de lanzamiento entre otros. Este apartado tiene mucha importancia puesto que de ello depende la maniobrabilidad y el comportamiento de la motocicleta.^[4]

A continuación es conveniente realizar un estudio sobre materiales aplicables a este uso, para el cual en este proyecto se utilizó el software CES que se basa en el método del profesor M. F. Ashby en el cual es posible visualizar toda la información de todos los materiales existentes en una sola tabla, ya que utiliza gráficas logarítmicas, seleccionando los más apropiados en función del índice de rendimiento calculado a partir de una función objetivo (en este caso minimizar la masa) y una restricción (en este caso maximizar rigidez).

1.2. Diseño del chasis.

El primer paso ha sido plasmar en un croquis las geometrías deseadas para la moto y a continuación posicionar sobre este los componentes.

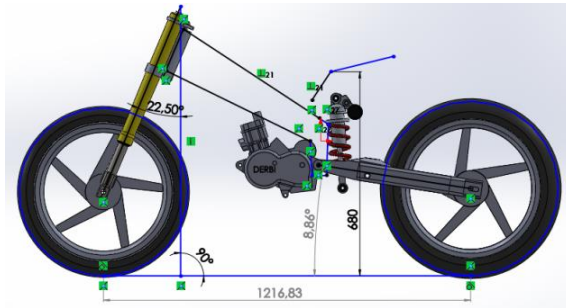


Figura 1. Posicionamiento de componentes sobre croquis de geometrías.

Una vez dibujados y posicionados los componentes en el conjunto se realizaron las modificaciones sobre las piezas pertinentes en el cad y posteriormente en la pieza real para obtener las geometrías deseadas como fue el caso del basculante trasero que tuvo que acortarse.

A continuación se generaron distintos modelos de bastidor hasta encontrar el más acorde con el tipo de motocicleta. Se tuvo en cuenta para el diseño el posterior proceso de fabricación de los moldes con las herramientas disponibles. Se trata de un bastidor principal en fibra de carbono con unos soportes laterales aluminio mecanizado.

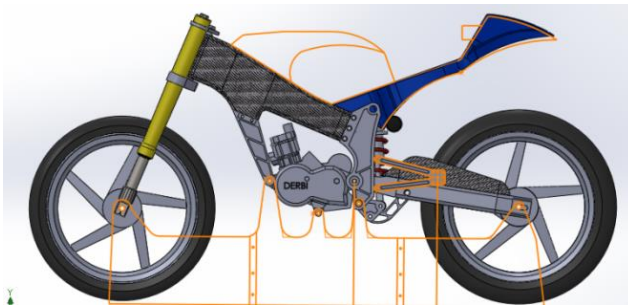


Figura 3. Diseño de la motocicleta con los componentes principales.

Se tuvo en cuenta para el diseño el posterior proceso de fabrica-

ción de los moldes con las herramientas disponibles, por lo que se evitaron los planos con ángulos negativos respecto del eje perpendicular del cabezal cnc y se incorporaron ángulos de desmoldeo para para facilitar la salida del molde.

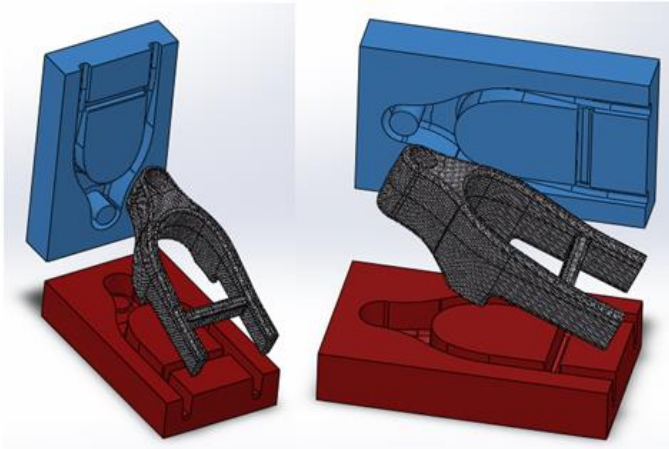


Figura 4. Diseño del molde.

1.3. Definición de las hipótesis de carga.

Para llevar a cabo los análisis por el método de elementos finitos necesitamos definir unas hipótesis de carga, en este caso serán frenada máxima, paso por curva e impacto con un objeto en la calzada^[5]. Como existe un gran número de variables desconocidas y no se dispone de equipo de telemetría para la toma de datos, estos se obtendrán de la tesis doctoral de *Giuseppe Polucci*, "*Dimensionamento di un telaio di motocicletta: Modello di simulazione e risultati di calcolo*".^[6]

La primera hipótesis, la de frenada máxima, es la situación más exigente con el bastidor ya que es la más repetida en el uso habitual en competición. Se considerará que solo se utiliza el equipo de

frenado delantero para que el momento producido en pipa de dirección sea lo más grande posible puesto que si se utilizase también el freno trasero su acción reduciría el momento aplicado por la horquilla en la pipa de dirección.

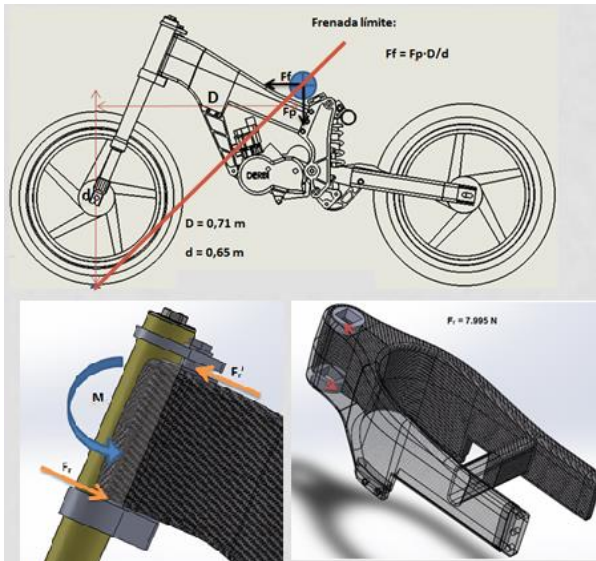


Figura 5. Resultado de las fuerzas en hipótesis de frenada.

El resultado de las fuerzas derivadas de esta hipótesis es un momento torsor aplicado en la horquilla que tiene como resultante para nuestro estudio dos fuerzas iguales y de sentido contrario aplicadas en los extremos de la pipa de dirección.

La segunda hipótesis consiste en el paso por curva de radio de giro 60 m a una velocidad de 100 Km/h. Se debe tener en cuenta que no existirán fuerzas de aceleración ni de frenada ya que la velocidad se considera constante y que no existe deslizamiento de los neumáticos sobre el pavimento. De esta hipótesis se extrae para nuestro estudio dos fuerzas iguales en sentido contrario apli-

cadadas en la pipa de dirección como resultado del momento torsor generado.

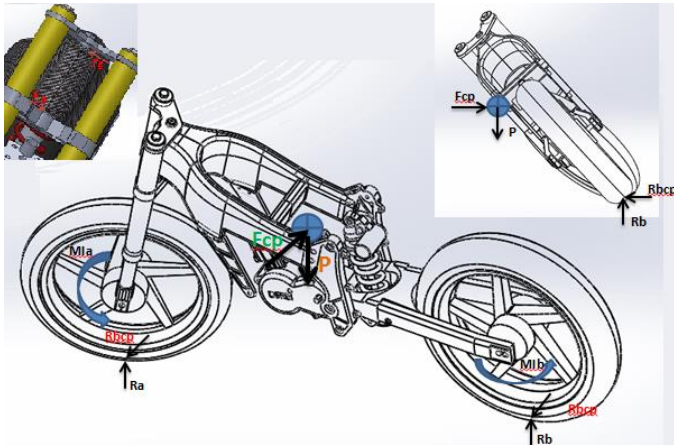


Figura 6. Resultado de las fuerzas en hipótesis de frenada.

La última hipótesis consiste en que motocicleta se encuentre con un obstáculo de 100 mm de altura a una velocidad de 50 Km/h. Como resultado de esta hipótesis, una fuerza en la parte inferior de la pipa, que tendrá la dirección del eje de la pipa de dirección, con sentido ascendente.

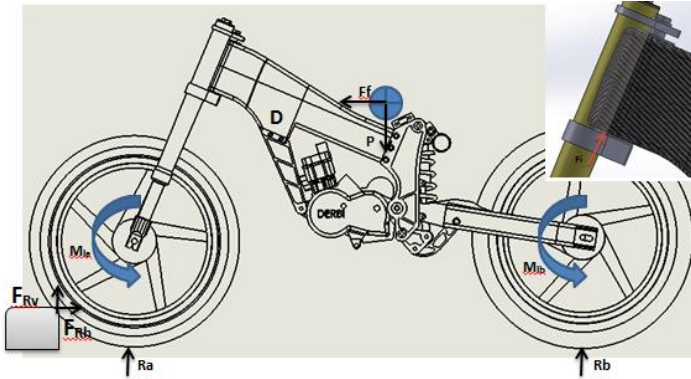


Figura 7. Resultado de las fuerzas en hipótesis de frenada.

1.4. Análisis MEF

El módulo ACP (Ansys composite prepost) de Ansys workbench sirve únicamente para cálculo de materiales compuestos y presenta como principales ventajas la posibilidad de crear tejidos, modificar la orientación de las fibras, añadir o quitar capas en función de las necesidades, etc.

Una vez obtenida una primera solución con Ansys workbench comienza el trabajo con el módulo de material compuesto ACP. Para ello se importa el estudio al Pre-procesador Ansys ACP (módulo de composite) donde comenzaremos definiendo el material a utilizar. Se trata de fibra de carbono cf 0700 y resina epoxi VTM264 con una viscosidad intermedia a más de 21° y baja a menos de 15° . A continuación definiremos el tipo de tejido, sarga 2x2 de 660 g, el número de capas y la orientación del laminado (90, 45, -45, 0). Finalmente se importará este estudio al Post-procesador Ansys ACP (módulo de composite) para definir los criterios de cálculo y obtener los resultados.

De los resultados obtenidos cabe destacar los de la primera hipótesis, la de frenada máxima por ser la más repetitiva en uso y

presentar los valores más críticos con una deformación máxima de 0,499 mm, un coeficiente de seguridad con un valor de 4,2 y una tensión máxima de 62 MPa.

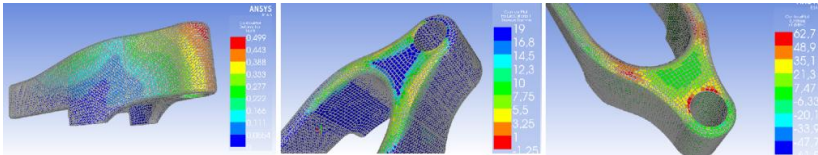


Figura 8. Resumen hipótesis de cálculo.

1.5. Proceso de fabricación.

Se empieza fabricando los moldes. Para ello se mecanizan los dos tochos en un router CNC.

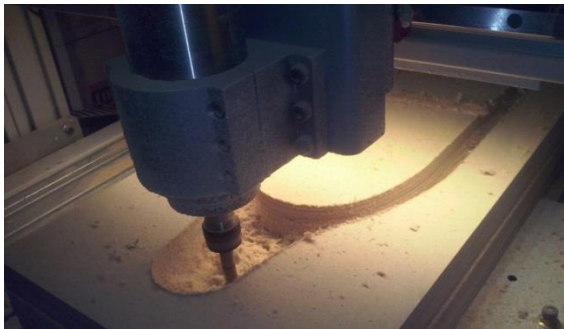


Figura 9. Mecanizado del molde. Operación de desbaste.

Después de haber aplicado el desmoldeante por toda la superficie se realiza el laminado de la primera capa, la cara vista. En este primer laminado se ha de tener en cuenta que todos los cortes sigan la misma orientación para tener un acabado uniforme.



Figura 10. Laminado de la primera capa y compresión en bolsa de vacío.

Es conveniente se realizar compresiones mediante bolsas de vacío después de la aplicación de cada capa de material que añadamos para mejorar la adhesión interlaminar equilibrándola en todos los puntos del molde. Seguidamente laminaremos dos capas del VTF264/CF0700-40%RW en los ángulos descritos.

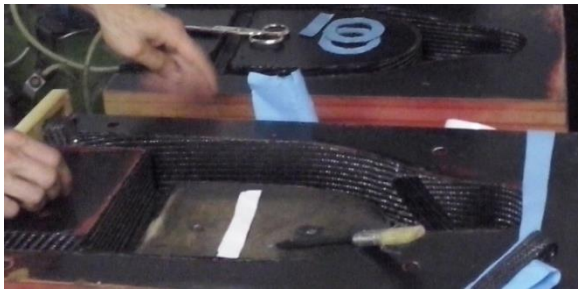


Figura 11. Laminado capas VTF264/CF0700-40%RW.

Por el tipo de molde que se ha fabricado y el sistema de unión de las partes no es necesario realizar el curado en un autoclave puesto que la presión que aportaremos será positiva y podrá ser de una magnitud similar a la del autoclave (2-6bar).



Figura 12. Posicionamiento de bolsa de vacío. Detalle pestañas de unión laterales y pestaña de unión en tija.

A continuación se cierra el molde con cuidado, utilizando los centradores laterales y el centrador de la pipa de dirección. Una vez el molde se encuentra perfectamente cerrado y centrado se aplica la presión y se realiza el curado, en este caso 5 horas a 80° respetando las rampas de calentamiento (2°/minuto) y enfriamiento (3°/minuto), obteniendo así una tg de 95°, suficiente para la aplicación del bastidor. Pasado el tiempo de curado se realizan las operaciones de desmoldeo. Finalmente se aplica una capa de barniz con protección UV para evitar que se degrade por exposición a la luz solar.



Figura 13. Bastidor terminado.

CONCLUSIONES

El resultado del trabajo ha sido un bastidor un 30% más ligero que la media de los utilizados en la categoría a igual prestaciones, lo que junto a sus geometrías conllevará un manejo más ágil y una mayor relación potencia/peso.

De esta forma quedan cumplidas las expectativas fijadas al comenzar el proyecto en cuanto a reducción de peso y proceso de fabricación en sección única, logrando los objetivos fijados con éxito a falta de realizar las comparaciones en pista.

REFERENCIAS

- [1] Monsalve A., Díaz B., Venegas L., Propuesta de una reparación sobre placas de fibra de carbono sometidas a impacto balístico. (2007)
- [2] García de la Figal J., Rodríguez Ramos P.A. El cálculo de los materiales compuestos por elementos finitos. Mexico, ISPJAE.(2003).
- [3] Arias paz mecánica de motos 32ª edición. Editoriales dossat-2000, ISBN: 9788489656475 (2004)
- [4] Foale T. Motocicletas, comportamiento dinámico y diseño de chasis. ISBN 849332860X, 9788493328603 (2003).
- [5] Polucci G. *Dimensionamento di un telaio di motocicletta: Modello di simulazione e risultati di calcolo* Università degli studi di Roma la Sapienza, 2005.
- [6] Vergara P. Modelado analisis y simulación de un chasis de motocicleta.(2013)
- [7] Liberatto A. Ansys composite prepost. ESSS. 2010

[8]

“Posibilidades del uso de prototipos en educación sanitaria”

**J. Oltra ^{(1)v}, E. Rayón⁽¹⁾, J. López-Martínez ⁽¹⁾, S. Ferrándiz⁽¹⁾
P. Blasco ⁽²⁾, J.F. Dolz ⁽²⁾**

*(1) Instituto de Tecnología de Materiales,
Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales,
Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell,1 03801 Alcoi, (Alicante)*

*(2) Hospital Universitario la Fe,
Avinguda de Fernando Abril Martorell, 106
46026 València, Valencia*

RESUMEN

Con impresoras tridimensionales se pueden obtener piezas a partir de un modelo digital en 3D del objeto. Gracias a un software específico, el modelo se divide en capas que posteriormente se irán imprimiendo según la tecnología de aporte de material empleada. En este trabajo, se estudia la posibilidad de incorporar esta tecnología para reproducir piezas anatómicas destinadas a la educación sanitaria con el fin de facilitar la obtención de las mismas y alargar su tiempo de uso. En este caso, se busca que permita el entrenamiento de la punción lumbar tanto diagnóstica como terapéutica.

^v Contacto: J. Oltra; Tel. 669101980; e-mail: jorolmo1@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La medicina ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, puesto que, un gran avance en conocimientos respecto a etiología y tratamientos disponibles hoy en día, así como la tecnología disponible, han ido variando considerablemente en función de cómo la sociedad se ha ido estructurando en cada época.

De ahí, la necesidad de lograr que los estudiantes conozcan desde el inicio de su carrera profesional en la que se van a formar, los principios y conceptos necesarios para la práctica, obteniendo las herramientas necesarias para ser capaces de aplicar dichos conocimientos a la práctica.

Con el fin de que los estudiantes de medicina puedan practicar la realización de procedimientos sanitarios, se desarrollan modelos lo más parecidos posibles a la anatomía humana con el fin de que los alumnos puedan simular casos reales sin ningún tipo de riesgo y salgan preparados para una profesión tan importante como es la medicina.

EL USO DE LAS SIMULACIONES EN EDUCACIÓN MÉDICA

En los últimos años, y de forma progresiva, se ha generalizado el uso de la simulación clínica en la formación de los médicos y de otros profesionales de las ciencias de la salud de forma que se mejore la seguridad del paciente y se minimice cualquier error a la hora de la práctica.

Estas nuevas metodologías permiten repetir el entrenamiento tantas veces como sea necesario y de ese modo se acorta el tiempo de aprendizaje mejorando las habilidades del profesional, dando al alumno la posibilidad de recibir un feedback en tiempo real de profesores y compañeros.

Estas herramientas ya se conocían en los años 60, puesto que las simulaciones ya se habían utilizado en otros campos. A finales de esta época, un ingeniero y un físico de la Universidad de California, plantearon el desarrollo del primer maniquí médico para enseñar la reanimación cardiopulmonar con ventilación boca-boca conocido como "Sim One", pero no se llegó a comercializar. La Figura 1 muestra una fotografía del maniquí Sim One.



Figura 1. Sim One - Abrahamson y Denson.

No fue hasta a mediados de los 80, con el maniquí Stanford CASE, de la mano de unos investigadores de Stanford y Florida, cuando se comercializó el primer modelo.

Actualmente, se encuentran todo tipo de modelos, para el aprendizaje de examen físico, de procedimientos generales y de procedimientos especializados, es decir, son simuladores mecánicos, de plástico o sintéticos, para practicar habilidades clínicas como puedan ser las punciones venosas, técnicas de inyección, cateterismo urinario, etc. La Figura 2. Muestra varios modelos de práctica sanitaria realizados en siliconas especiales



Figura 2. Modelos de simulación.

Este progreso en la enseñanza ha conducido a surgimiento tanto de casas comerciales como a asociaciones dedicadas a este campo como puede ser la Society in Europe for Simulation Applied to Medicine [1-5].

CASO DE ESTUDIO

El caso que se va estudiar consiste en una punción intervertebral, donde el médico introduce una aguja entre dos apófisis espinosas atravesando el ligamento ínterespinoso perpendicularmente a la piel de la línea media, alcanzándose el espacio subaracnoideo como se muestra a continuación en la Figura 3.

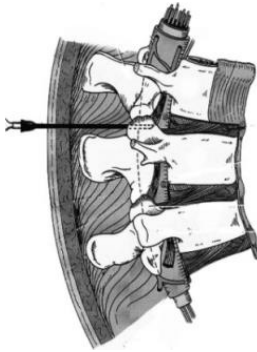


Figura 3. Punción intervertebral.

Se ha realizado un análisis de los modelos de simulación existentes en el mercado y encontramos que uno de los patrones que se está utilizando actualmente para la simulación de dicho procedimiento, consiste en un modelo de tres vértebras sujetas por un soporte y a su vez recubierto por látex en forma de bloque. En el interior de las vértebras, el modelo posee un tubo que simularía la parte interior de las vértebras.

El objetivo es que los estudiantes de medicina y médicos en formación puedan practicar y simular de la forma más realista posible, como se introduce la aguja a través del látex que tendría un tacto parecido a la carne, y entre las dos vértebras acceder al interior del tubo que posee en el interior. A continuación se muestra el modelo, donde se puede ver claramente las tres vértebras en la parte superior sujetas por lo que sería una especie de soporte, y con el tubo en su interior atravesando todo el modelo. Según muestra la Figura 4 y en detalle la Figura 5.



Figura 4. Modelo de simulación de inyección.



Figura 5. Mólodelo de simulación con más detalle.

EXPERIMENTAL

El problema que se tiene en el simulador que se ha mencionado en el anterior apartado, reside en que tras la repetición de la práctica del procedimiento de la punción, tanto el látex como el tubo que atraviesa el modelo, se ven deteriorados por la continua inserción de la aguja a través de ellos, dejando finalmente el simulador sin inutilizable.

A partir del modelo, se ha elaborado una aproximación del soporte y vértebras, con sus respectivos huecos. De este modo es posible imprimirlo en 3D utilizando la tecnología de prototipado. Figura 6.

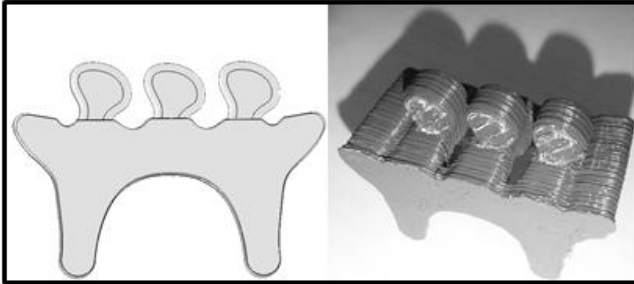


Figura 6. Modelado 3D y prototipado.

Obtenida la pieza, se ha realizado una colada en dos fases, con la intención de que se pueda extraer la parte superior, manteniendo en todo momento la parte inferior. De este modo se permite la reutilización del modelo como se puede ver en la Figura 7.

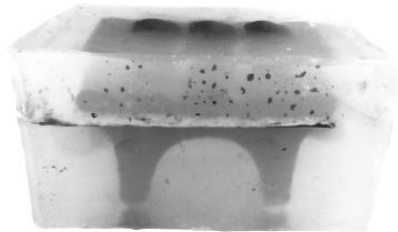


Figura 7. Modelo terminado.

OBSERVACIONES

Se ha observado que la parte superior no ofrece resistencia, y su extracción no requiere de un gran esfuerzo. En cuanto a la sus-

titución de tubo, tras la limpieza adecuada del orificio, tampoco supone un problema, por lo que por el momento el modelo cumple con las expectativas que se tenían de él. Sin embargo, se requiere seguir trabajando y mejorarlo en la medida de lo posible.

REFERENCIAS

- [1] Society in Europe for Simulation Applied to Medicine, Disponible en: <http://www.sesam-web.org> (2015).
- [2] Limbs & Thin, Global Distributors, Bringing Skills Training to Life, Disponible en: <http://www.limbsandthings.com> (2015).
- [3] 3B Scientific , Disponible en: www.3bscientific.es (2015).
- [4] Medical Simulator, Innovación en Educación, Disponible en: www.medical-simulator.com (2015).
- [5] Fundación, Educación Médica, Disponible en: www.educacionmedica.net (2015).
- [6] Neuro Anatomía, Disponible en: <http://neuroanatomia.info/> (2015).

“Perdidas de propiedades mecánica por reprocesado”

M.A. Peydró^{(1)vi}, D. Juárez⁽¹⁾, A.V. Nadal⁽¹⁾, J.E. Crespo⁽¹⁾

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

RESUMEN

El reciclado de los materiales se caracteriza por haber sufrido diferentes ciclos de reprocesados que provocan degradación térmica, además de contener a menudo una serie de impurezas de distinta procedencia. En este trabajo se calcula cuál de estos dos factores tiene más peso en la pérdida de propiedades mecánicas. La realización de dicho trabajo se vasado en un ABS reciclado procedente de sistemas de alarma utilizadas en prendas del sector Textil con una presencia de impurezas del 4% de PE. Los resultados muestran que en el caso estudiado, un ABS reprocesado dos veces y con una presencia de impurezas del 4%, el factor de la degradación térmica tiene un peso de un 25%, mientras que el otro factor, la presencias de impurezas tiene un peso del 75% en la caída de propiedades.

^{vi} Contacto: M. A Peydró; Tel. 966528467; e-mail: mpeydró@upv.es

INTRODUCCIÓN

Los materiales reciclados se caracterizan por haber soportado diferentes temperaturas de proceso y por contener frecuentemente una serie de impurezas de distinta procedencia, bien sea por el propio material de partida o bien sea por el proceso de recuperación.

ACTECO, productos y servicios, S.L. es una empresa de recuperación de materiales termoplásticos situada en la ciudad de Ibi. Esta empresa tenía ciertos problemas con la pérdida excesiva de propiedades de unos materiales de ABS recuperados a partir del sistema antirrobo del sector textil. Estos problemas dieron pie a investigar este material para darle solución.

Los factores más importantes que pueden afectar a las propiedades de un termoplástico reciclado son la degradación solar, la degradación térmica por reprocesado y la presencia de impurezas. De estos tres factores solo se han evaluado los dos últimos, la degradación térmica por reprocesado y la presencia de impurezas, por ser los únicos que intervienen en el material de estudio, ya que las alarmas de ropa no están expuestas al sol.

Como el material a recuperar (alarmas antirrobo) eran fabricadas y colocadas en las prendas de vestir en el lugar de fabricación, en China; no se podía saber exactamente de qué grado de ABS se trataba. Por ello para poder llevar a cabo dicho estudio primero había que estudiar un material conocido y perfectamente controlado.

Por ello, primero para estudiar la degradación térmica por reprocesado se ha utilizado el trabajo de Peydró.^[1] En este trabajo Peydró para simular el ABS reciclado reprocesó ABS virgen durante cinco ciclos de inyección a las dos temperaturas extremas de procesamiento de ese material, 220 °C y 260 °C. Los resultados mostraron que solo el material procesado a 260 °C variaba

significativamente sus propiedades resistentes. Por ello en el actual trabajo solo se han utilizado los datos a esta temperatura.

En segundo lugar, para estudiar la pérdida de propiedades por la presencia de impurezas se ha utilizado el trabajo de Peydró.^[2] En este trabajo Peydró analizó la influencia del Estireno-Etileno/Butadieno-Estireno (SEBS) sobre mezclas de dos grados (natural y negro) de Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno (ABS) y Polietileno de baja densidad (LDPE). En primer lugar preparó mezclas de ABS y LDPE en diferentes porcentajes 1, 2, 4 y 8 % en peso a una temperatura de 220 °C. Posteriormente, analizó el efecto del SEBS sobre la mezcla de ABS - LDPE mediante la adición de 1, 2, 4, 8 % de SEBS, comprobando como el material recuperaba propiedades. Para no complicar el estudio solo se ha utilizado los datos del material natural.

No existen estudios que calculen el peso de cada uno de estos factores en la pérdida de propiedades. Por lo tanto, en este trabajo se expone el cálculo de cuál de estos dos factores tiene más peso en la caída de propiedades mecánicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Degradación por reprocesado

Para estudiar la degradación térmica por reprocesado se ha utilizado el trabajo de Peydró (Peydro et al., 2013) en el que utilizó el ABS Terluran GP 35® (BASF, Ludwigshafen, Alemania).

En la Figuras siguientes se muestra los valores obtenidos tras la caracterización mecánica del ABS en función del número de ciclos para 260 °C. Se puede observar una elevada estabilidad del ABS frente a sucesivos ciclos de inyección, ya que, los valores de tensión de rotura y alargamiento a la rotura permanecen

prácticamente constantes Figuras 1 y 2. Otros autores como Bai [3], Eguiazabal [4], Pérez [5], o Salari [6] ya obtuvieron este comportamiento sobre el ABS cuando era sometido a ciclos de reprocesado.

En cambio, la evolución de los valores de energía de impacto descienden con forme aumenta el número de ciclos de procesado.

Este fenómeno, observado también por Bai (Bai et al., 2007b) y

Eguiazabal (Eguiazabal and Nazabal, 1990), se debe a un fenómeno de entrecruzamiento de cadenas por la rotura del doble enlace C=C, el cual limita el posterior uso y aplicación del ABS reciclado.

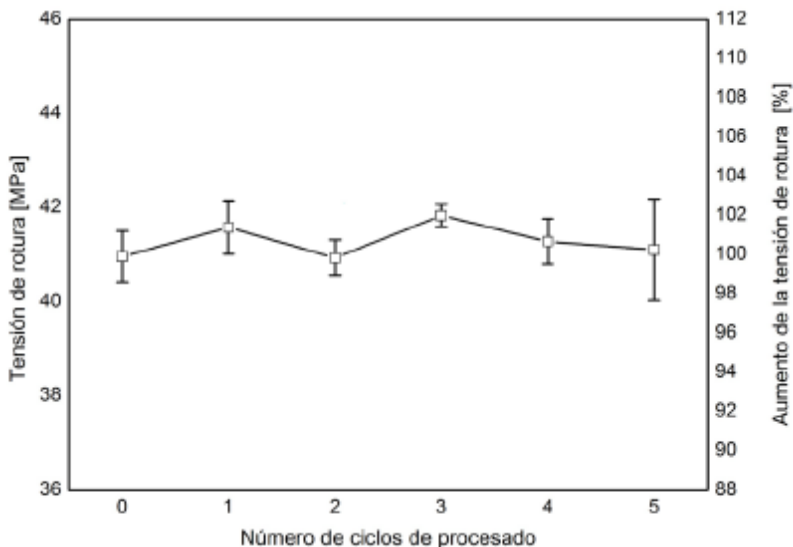


Figura 1. Tensión de rotura frente a ciclos de reprocesado.

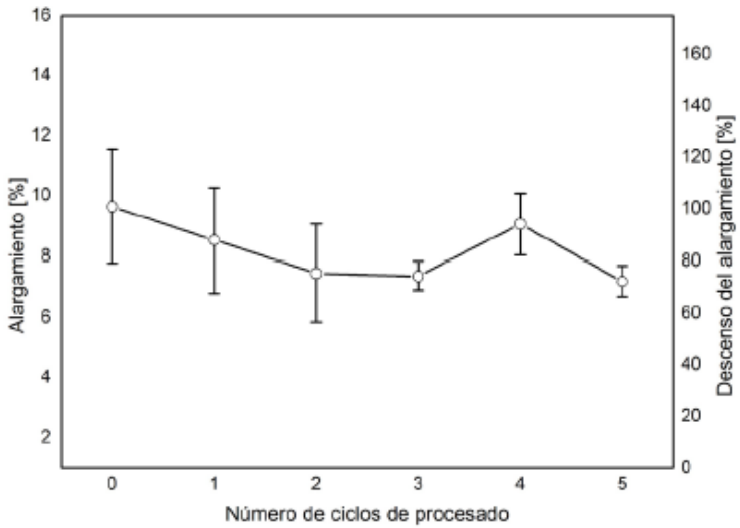


Figura 2. Alargamiento frente a ciclos de reprocesado.

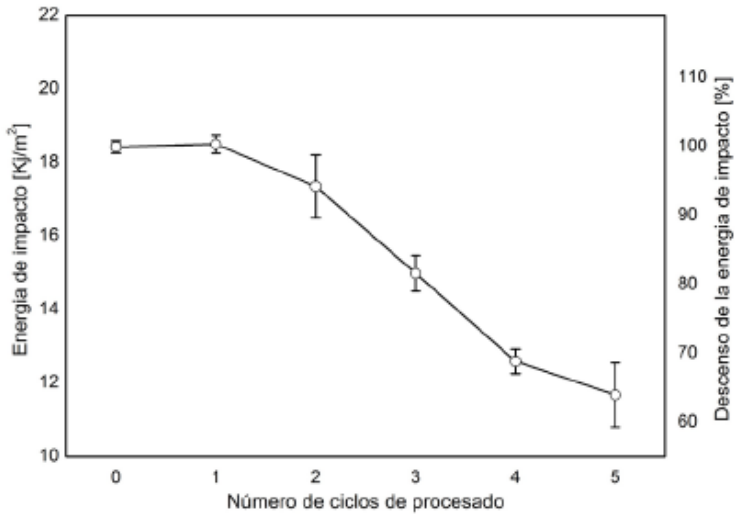


Figura 3. Energía de impacto frente a ciclos de reprocesado.

Como la propiedad más afectada es la energía de impacto el estudio se va a centrar en esta propiedad. En el reciclado de los materiales termoplásticos el primer proceso es el triturado del material a reciclar. Una vez triturado hay que procesarlo mediante una extrusora para obtener la granza. Por lo tanto, al contar el primer procesado para obtener la pieza original y contar la extrusión para obtener la granza, el número de reprocesados es dos.

Observando la gráfica de la figura 3 se obtiene un valor de 17,35 ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$) para el segundo reprocesado y el materia virgen tiene un valor de 18,43 ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$). Esto significa una caída de un 5%.

Presencia de impurezas.

Para estudiar la pérdida de propiedades por la presencia de impurezas se ha utilizado el trabajo de Peydró ^[2] el cual utilizó el ABS Terluran GP 22® (BASF, Ludwigshafen, Alemania) y el LDPE ALCUDIA® PE063/A® (Repsol, Madrid España).

La presencia de LDPE provoca un descenso generalizado de propiedades mecánicas. La tensión de rotura muestra una caída lineal de un 10% para la cantidad de PE del 4%, Figura 4. El alargamiento también sufre una caída lineal obteniéndose un valor para el 4% de PE de una caída de 40%, Figura 5. Al observar la resistencia al impacto (propiedad a estudiar), Figura 6, para el material virgen se observa un valor de 20,20 ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$) y para la mezcla al 4% de PE un valor de 17,50 ($\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$). Esto significa una caída aproximada de un 15%. Este mismo comportamiento ya fue observado por Maris en su estudio del mismo tipo de mezcla.^[7]

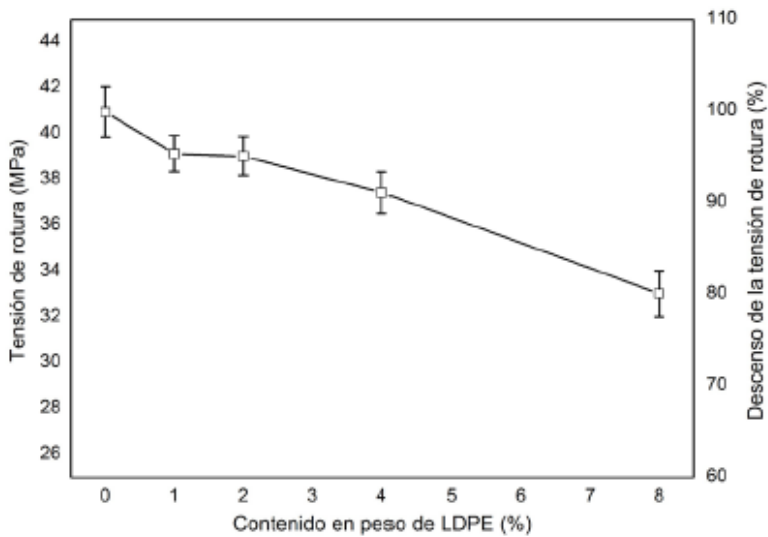


Figura 4. Tensión de rotura frente al contenido de impurezas.

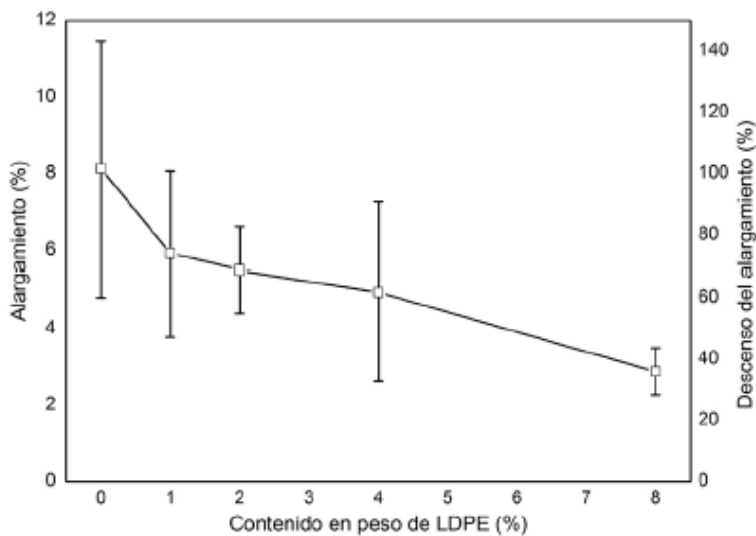


Figura 5. Alargamiento frente al contenido de impurezas.

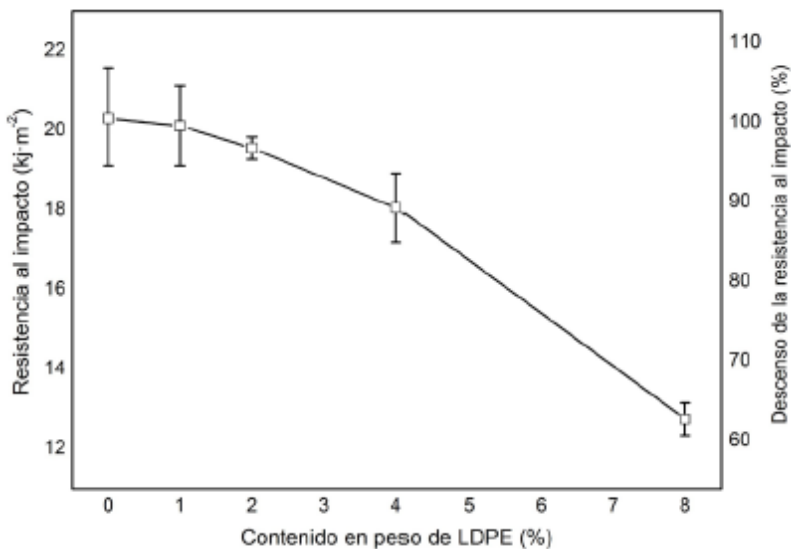


Figura 6. Resistencia al impacto frente al contenido de impurezas.

CONCLUSIONES

Los materiales reciclados se caracterizan por haber soportado diferentes ciclos de reprocesados que provocan degradación térmica y por contener frecuentemente una serie de impurezas de distinta procedencia. Los resultados muestran que en los casos estudiados, un ABS reprocesado dos veces tiene una pérdida de propiedades de un 5% y la presencia de impurezas del 4% una pérdida de propiedades de un 15%. La suma de estos dos factores da como resultado una pérdida de propiedades del 20%. El factor de la degradación térmica tiene un peso de un 25%, mientras que el otro factor, la presencias de impurezas, tiene un peso del 75% en la caída de propiedades.

REFERENCIAS

- [1] Peydro, M.A., Parres, F., Crespo, J.E., Navarro, R., 2013. Recovery of recycled acrylonitrile-butadiene-styrene, through mixing with styrene-ethylene/butylene-styrene. *Journal of Materials Processing Technology* 213, 1268-1283.
- [2] Peydro, M.A., Parres, F., Navarro, R., Sanchez-Caballero, S., 2014. Study of the influence of adding styrene-ethylene/butadiene-styrene in acrylonitrile-butadiene-styrene and polyethylene blends. *Polymer Engineering and Science* 54, 1313-1324.
- [3] Bai, X.J., Isaac, D.H., Smith, K., 2007. Reprocessing acrylonitrile-butadiene-styrene plastics: Structure-property relationships. *Polymer Engineering and Science* 47, 120-130.
- [4] Eguiazabal, J.I., Nazabal, J., 1990. Reprocessing polycarbonate Acrylonitrile-Butadiene-Styrene blends - influence on physical-properties. *Polymer Engineering and Science* 30, 527- 531.
- [5] Perez, J.M., Vilas, J.L., Laza, J.M., Arnaiz, S., Mijangos, F., Bilbao, E., Leon, L.M., 2010. Effect of Reprocessing and Accelerated Weathering on ABS Properties. *Journal of Polymers and the Environment* 18, 71-78.
- [6] Salari, D., Ranjbar, H., 2008. Study on the recycling of ABS resins: Simulation of reprocessing and thermo-oxidation. *Iranian Polymer Journal* 17, 599-610.
- [7] Maris, E., Aoussat, A., Naffrechoux, E., Froelich, D., 2012. Polymer tracer detection systems with UV fluorescence spectrometry to improve product recyclability. *Minerals Engineering* 29, 77-88.

“Estado del arte de la utilización de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA en mezclas de materiales. Parte 1. Campos de aplicación”

**A. Mengual Recuerda⁽¹⁾, D. Juárez Varón^{(2) vii}, M. A. Peydró Rasero⁽²⁾,
S. Ferrándiz Bou⁽²⁾**

*(1) Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Alcoy)
Plaza Ferrándiz y Carbonell, sn 03801 Alcoy (Alicante)
e-mail: anmenre1@upvnet.upv.es*

*(2) Instituto de Tecnología de Materiales
Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Alcoy)
Plaza Ferrándiz y Carbonell, sn 03801 Alcoy (Alicante)
e-mail: djuarez@upv.es*

RESUMEN

Este trabajo trata de identificar y clasificar los principales usos de los tres compatibilizantes utilizados en mezclas de polímeros con aplicabilidad extendida, tales como PE-g-MA (Polyethylene-graft-maleic anhydride), PP-g-MA (Polypropylene-graft-maleic anhydride) y SEBS-g-MA (Styrene-Ethylene / Butylene-Styrene-maleic anhydride-graft), que se emplean, principalmente, en tres campos de aplicación: la mejora de las propiedades del compuesto base, como compatibilizante en la mezcla de dos materiales y como un componente adicional en la mezcla de varios materiales.

vii Contacto: D. Juárez; Tel. 966528467; e-mail: djuarez@upvnet.upv.es

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos materiales es fundamental en la provisión de valor a la industria. Estos nuevos materiales son parte de los objetivos de la ciencia de los materiales y su fundamento se basa en la obtención de un nuevo material que combina las mejores características de los materiales de partida [1]. Esta combinación de materiales está dirigida a la consecución de combinación de propiedades que no se puede lograr en los materiales originales, y estos compuestos se pueden seleccionar para lograr combinaciones inusuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.

Los materiales son compuestos cuando cumplen las siguientes características [2]:

- Constan de dos o más componentes distintos físicamente y mecánicamente separables.
- Tienen varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfaz.
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la suma de las propiedades de sus componentes (sinergia).
- No pertenecen a materiales compuestos, aquellos materiales polifásicos; como aleaciones de metales, en el que mediante un tratamiento térmico se cambia la composición de las fases.

Aunque hay una variedad de materiales compuestos, a nivel estructural pueden distinguirse, en todos, las siguientes partes:

- Agente reforzante: es una fase de naturaleza discreta y la geometría es crítica para la definición de las propiedades mecánicas del material.
- Fase de matriz o simplemente matriz: un carácter continuo y es responsable de las propiedades físicas y químicas.

Transmite esfuerzos a agente de refuerzo. También protege y da cohesión al material.

En este trabajo se ha analizado las principales aplicaciones de tres compatibilizantes utilizados en la mezcla de materiales, que se utilizan comúnmente para compuestos con base de polímero.

2. EXPERIMENTAL

La búsqueda de referencias ha estado centrada en el WOS (Web of Science) [3], tratando de catalogar las aplicaciones de estos compatibilizadores en los principales usos para los que están destinados.

2.1. Materiales

PE-g-MA (Polyethylene-graft-maleic anhydride) es un compatibilizador para mezclas de polímeros, que sirve como soporte para sustancias no polares y para polares.

Respecto a sus características y beneficios, contribuye a la resistencia a la abrasión, a la lubricidad, al antibloqueo, y a la vitrificación de la superficie, y permite la unión química a través de grupo anhídrido [4].

La tabla 1 muestra las propiedades del Polyethylene-graft-maleic anhydride (PE-g-MA).

Tabla 1. Propiedades del PE-g-MA.

Composición	maleic anhydride, ~0.5 wt. %
Viscosidad	500 cP(140 °C)(lit.)
Valor de saponificación	6 mg KOH/g
Temperatura de transición	Tm (DSC) 107 °C (at peak)

Solubilidad

H₂O: insoluble
toluene and xylene: soluble

Densidad

0.92 g/mL at 25 °C

La figura 1 muestra la estructura del Polyethylene-graft-maleic anhydride (PE-g-MA):

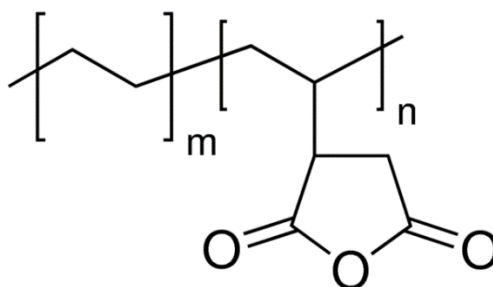


Figura 1. Estructura química del Polyethylene-graft-maleic anhydride (PE-g-MA).

PP-g-MA (Polypropylene-graft-maleic anhydride) es un homopolímero modificado cristalino e isotático, que funciona como un compatibilizador e imparte resistencia al deslizamiento para pulimentos, aditivo de acoplamiento para polímeros de polipropileno y aleaciones, dispersante de pigmento y ayuda a la transformación de plásticos, tales como ABS.

Respecto a sus características y beneficios, es de alto punto de fusión, duro, cera emulsionable, y se injerta con anhídrido maleico para dar características hidrofílicas [4].

La tabla muestra las principales propiedades del Polypropylene-graft-maleic anhydride (PP-g-MA).

Tabla 2. Propiedades del PP-g-MA

Categorías relacionadas	Hydrophobic Polymers, Materials Science, Olefins, Polymer Science, Polymers, Propylene
Mol wt	average Mn ~3,900 by GPC average Mw ~9,100 by GPC
Composición	maleic anhydride, 8-10 wt. %
Viscosidad	4.0 poise(190 °C, Brookfield Thermosel)(lit.)
Mp	156 °C
Índice de acidez	47 mg KOH/g
Temperatura de transición	softening point 157 °C (ring and ball)
Densidad	0.934 g/mL at 25 °C

La figura 2 muestra la estructura del Polypropylene-graft-maleic anhydride (PP-g-MA):

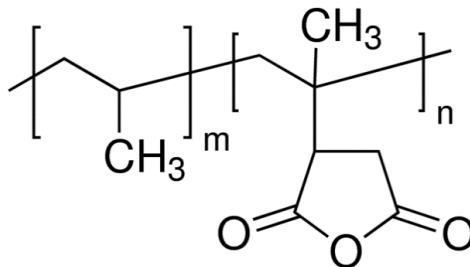


Figura 2. Estructura química del polypropylene-graft-maleic anhydride (PP-g-MA).

El SEBS-g-MA (Styrene-Ethylene/Butylene-Styrene -graft-maleic anhydride) es un agente interfacial eficiente.

Respecto a sus características y beneficios, aumenta resistencia a la tracción, el alargamiento a la tracción y la resistencia a la flexión de los materiales compuestos [4].

2.2. Campos de aplicación

Hay tres campos principales de aplicación:

1) La mejora de las propiedades del compuesto de base: en estas situaciones se pretende añadir el aditivo compatibilizador para mejorar las propiedades mecánicas (principalmente) de una mezcla previamente ensayadas.

2) Compatibilizador en mezcla de dos materiales: cuando el compuesto generado por la mezcla de dos materiales no da los resultados esperados, se añade el aditivo compatibilizador para mejorar la integración de los componentes básicos y así alcanzar los objetivos fijados como hipótesis de investigación.

3) Como un componente adicional en la mezcla de diversos materiales: aparece como un componente de la mezcla, incluido para mejorar las propiedades o como compatibilizador, pero sin énfasis en este aspecto.

3. RESULTADOS

3.1. Mejora de las propiedades de la mezcla base.

Varios autores trabajan en esta línea, destacando los siguientes artículos:

PE-g-MA

Ahmad [5] estudió el efecto del compatibilizante PE-g-MA en la morfología y propiedades mecánicas de mezclas 70/30 HDPE/ENR, haciendo especial énfasis en el role del PE-g-MA en interacciones inducidas.

Kahar[6] estudió los efectos de compatibilización del PE-g-MA en las propiedades mecánicas, térmicas y de dilatación de mezclas de almidón de tapioca de alta densidad basadas en Polietileno/Caucho Natural /Termoplástico.

Brito [7] analizó nanocompuestos arcillosos de polietileno / bentonita nacional y su influencia de arcilla y de agente de acomplamiento PE-g-MA sobre las propiedades mecánicas y de inflamabilidad.

Majid [8] estudió los efectos del PE-g-MA sobre propiedades de tracción, morfología y absorción de agua de las mezclas de LDPE / termoplástico de almidón de Sago.

Medeiros [9] trabajo en el desarrollo de nanocompuestos de Polyamide6/Polyethylene/Organoclay: el efecto del compatibilizador PE-g-MA en el comportamiento reológico de la mezcla.

Shokri [10] estudió el efecto del compatibilizador PE-g-MA en la estructura y comportamiento de membranas compuestas de HDPE/EVA vía método TIPS.

PP-g-MA

Alkbari [11] analizó la influencia del PP-g-MA en la morfología, propiedades mecánicas y mecanismo de deformación del nanocompuesto Copolypropylene/Clay.

DeRoover [12, 13] caracterizó una mezcla de PAmXD,6/PP-g-MA (compatibilidad, reología y localización de la fase de inversión).

Galpaya [14] estudió los efectos del PP-g-MA en las propiedades físicas y morfología de mezclas de Polypropylene (PP)/Recycled Acrylonitrile Butadiene rubber (rNBR).

Hemmati [15] trabajo en la morfología, reología y propiedades mecánicas de un elastómero termoplástico de nanocompuestos de Polyolefin (TPO)/Carbon nanotube con referencia al efecto de Polypropylene-grafted-Maleic Anhydride (PP-g-MA) como compatibilizante.

Jia [16] analizó la influencia del PP-g-MA en la energía libre superficial, morfologías y propiedades mecánicas de las mezclas de termoplástico de polyurethane / polypropylene.

Kim[17, 18] estudió las propiedades electromecánicas de geles elastómeros dieléctricos de SEBS y SEBS-g-MA y las estructuras y propiedades de nanocompuestos basados en polipropileno: efecto del PP-g-MA en la relación de arcilla orgánica.

Lee [19] estudió las propiedades de nanocomposites studied properties of

nanocompuestos de capas de silicato de polietileno mediante la intercalación fundida de un compatibilizante de PP-g-MA.

Prashantha [20] trabajó con nanotubos de carbono de pared múltiple rellenos de nanocompuestos de polipropileno basados en ruta de masterbatch: mejora de dispersión y propiedades mecánicas a través de la adición de PP-g-MA.

Wang [21, 22] estudió el efecto de diferentes estructuras de relleno de MCM-41 con PP-g-MA en prestaciones mecánicas y crista-

lización de polipropileno, y la influencia de cargas mesoporosas con PP-g-MA en la inflamabilidad y el comportamiento a la tracción de los materiales compuestos de polipropileno

SEBS-g-MA

Dobrovsky [23], quien analizó los efectos del SEBS-g-MA en propiedades reológicas, mecánicas y morfológicas mezclas de PET/HDPE.

Jamaludin [24] estudió las propiedades mecánicas y térmicas de nanotubos de SEBS-g-MA halloysite reforzados con nanocompuestos de polyethylene terephthalate/polycarbonate.

Kordjazi [25] trabajo en el comportamiento reológico de mezclas no compatibilizadas y compatibilizadas de PP/PET con SEBS-g-MA.

Farahani [26] trabajo en la preparación y la investigación de las propiedades de Poliamida 66 endurecida con SEBS-g-MA y sus nanocompuestos.

Bao [27] estudió la caracterización de rotura de nanocompuestos de polietileno de alta densidad / organoarcilla aditivados con SEBS-g-MA.

Kusmono [28, 29] trabajo en el efecto compatibilizante del SEBS-g-MA sobre las propiedades mecánicas de diferentes tipos de nanocompuestos de poliamida 6 / polipropileno rellenos de OMMT, y la influencia del SEBS-g-MA en la morfología, propiedades mecánicas y térmicas de nanocompuestos de PA6 / PP / organoarcilla.

Li [30] estudió los efectos del SEBS-g-MA sobre el comportamiento tribológico de nanocompuestos de PA66 / montmorillonita, y Liao [31] los efectos de las nanofibras de carbono sobre las propiedades de fractura, mecánicas, térmicas y de mezclas de PP / SEBS-g-MA.

Ranjbar [32] trabajó en constituir un equilibrio entre resistencia y tenacidad en nanocompuestos basados en mezclas PP / SEBS-g-MA.

Sharma [33-36] estudió la modificación de tracción y propiedades de impacto de poli (tereftalato de butileno) mediante la incorporación de terpolímero Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene y Maleic Anhydride-grafted-SEBS (SEBS-g-MA), así como efectos de cristalinidad del PP y flexibilidad de copolímero SEBS-g-MA sobre las propiedades mecánicas de las mezclas de PP / SEBS-g-MA. También trabajó con Efectos de copolímero SEBS-g-MA sobre la cinética de cristalización no isoterma de polipropileno, y propiedades reológicas de PBT/SEBS y reactivamente compatibilizada con mezclas de polímero PBT/SEBS/SEBS-g-MA . Por último, este autor estudió los efectos de cristalinidad de polipropileno (PP) en las propiedades mecánicas del compuestos de PP anhídrido maleico de estireno-etileno-butileno-estireno-g/ (SEBS-g-MA) / Harina de madera de teca (TWF).

Tjong [37] trabajó en nanocompuestos de polipropileno / montmorillonita aditivado con SEBS-g-MA: relación estructura-propiedad.

Tucker [38] hizo un estudio del efecto de PP-g-MA y SEBS-g-MA sobre las propiedades mecánicas y morfológicas de mezclas de polipropileno / nylon 6.

Yu [39] estudió los efectos del SEBS-g-MA sobre el comportamiento tribológico de nanocompuestos de nylon 66 / arcilla orgánica.

Zulfiqar [40] estudió las propiedades térmicas y mecánicas de materiales compuestos con base inorgánica y SEBS-g-MA.

3.2. Compatibilizante en la mezcla de dos materiales.

Varios autores trabajan en esta línea, destacando los siguientes artículos:

PE-g-MA

Bikiaris [41-43] trabajó en mezclas de LDPE / almidón compatibilizadas con copolímeros de PE-g-MA, así como mezclas de LDPE / almidón plastificado que contienen copolímero de PE-g-MA como compatibilizante, y el efecto de compatibilización de copolímero de PP-g-MA en nanocompuestos iPP / SiO₂ preparados por mezcla en estado fundido.

PP-g-MA

Akbari [44] trabajó con mezclas de PET/PP mediante el uso de PP-g-MA sintetizado por base sólida.

Ghasemi [45] trabajó en la investigación de los efectos de la planta de residuos de polvo de neumáticos de goma y PP-G-MA compatibilizante sobre las propiedades mecánicas de PP / residuos de neumáticos de caucho molido (GTR) compuestos en polvo / PG-MA.

Mouffok [46] estudió el efecto artificial de estar a la intemperie en la estructura y propiedades de mezclas de polipropileno / poli-amida-6 compatibilizadas con PP-g-MA.

SEBS-g-MA

Mallick [47, 48] trabajó en la morfología y las propiedades de Nylon 6 y polietileno de alta densidad de las mezclas en presencia de nanoarcilla y PE-g-MA y el efecto de nanoarcilla y SEBS-g-MA

sobre la morfología y las propiedades de mezcla Poly(methyl methacrylate)/Polystyrene.

Filippi [49] estudió los efectos de arcilla orgánica sobre la morfología y las propiedades de los nanocompuestos basados en mezclas de LDPE / PA-6 sin y con compatibilizante SEBS-g-MA.

3.3. Un componente adicional en la mezcla de varios materiales.

Varios autores trabajan en esta línea, destacando los siguientes artículos:

PE-g-MA

Chen [50, 51] trabajó en las características estructurales y propiedades térmicas de los nanocompuestos de exfoliación PE-g-MA / MgAl-LDH sintetizados por solución de intercalación, y la síntesis y caracterización de PE-g-MA / MgAl-LDH exfoliación nanocompuesto a través de solución de intercalación.

PP-g-MA

Saffar [52] analizó el desarrollo de polipropileno membranas microporosas hidrofílicas mezclando con PP-g-MA y PP-g-AA.

SEBS-g-MA

Denac [53] estudió la influencia del SEBS-g-MA en compuestos de PP / SEBS-g-MA / talco, en condiciones de esterilización de irradiación gamma.

Hemlata [54] analizó las propiedades mecánicas, morfológicas, y térmicas de los materiales nanotalc compuestos reforzados con PA6 / SEBS-g-MA.

Hu [55] estudió el comportamiento tribológico de nanocompuestos ternarios basados en poliamida 66, modificados con arcilla orgánica y SEBS-g-MA.

Kayano [56] trabajó en la evaluación del comportamiento a fractura de mezclas de nylon 6 / SEBS-g-MA.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo fue llevado a cabo una revisión bibliográfica sobre el uso de compatibilizantes basados en PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA. Se ha identificado las tres áreas principales de trabajo: uso de compatibilizante en la mejora de las propiedades de la base compuesta, uso de compatibilizante en la mezcla de dos materiales, y el aspecto del compatibilizante como un componente más en la mezcla de varios materiales, haciendo hincapié en la mejora de las propiedades del compuesto básico como la principal aplicación y el uso de SEBS-g-MA como el compatibilizante más utilizado en todos los casos.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al "Ministerio de Ciencia e Innovación" y a la Universitat Politècnica de València por su soporte económico.

6. REFERENCIAS

- [1] Askeland, D.R., *The Science and Engineering of Materials*. . 6th Edición ed. 2013: International t. Thomson.
- [2] Shackelford, J.F., *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. 7th Edition ed. 2010: PRENTICE-HALL,.
- [3] WOS. *Web of Science*. 2015; Available from: <http://wos.fecyt.es/>.
- [4] Sigma-Aldrich. *Sigma-Aldrich: Analytical, Biology, Chemistry & Materials*. 2015; Available from: <https://www.sigmaaldrich.com>.
- [5] 5. Ahmad, I. and L.P. Fern, *Effect of PE-g-MA-compatibilizer on the morphology and mechanical properties of 70/30 HDPE/ENR blends*. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2006. **45**(6): p. 735-739.
- [6] Kahar, M., et al., *Compatibilization Effects of PE-g-MA on Mechanical, Thermal and Swelling Properties of High Density Polyethylene/Natural Rubber/Thermoplastic Tapioca Starch Blends*. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2012. **51**(3): p. 298-303.
- [7] Brito, G.F., et al., *Polyethylene/natural bentonite clay nanocomposites: Influence of clay and PE-g-MA coupling agent on the mechanical properties and flammability*. *Polimeros-Ciencia E Tecnologia*, 2008. **18**(2): p. 170-177.
- [8] Majid, R.A., H. Ismail, and R.M. Taib, *Effects of PE-g-MA on Tensile Properties, Morphology and Water Absorption of LDPE/Thermoplastic Sago Starch Blends*. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2009. **48**(9): p. 919-924.
- [9] 9. Medeiros, V.d.N., et al., *Development of Polyamide6/Polyethylene/Organoclay Nanocomposites: The Effect of the PE-g-MA Compatibilizer on the Rheological Behavior of Mixture*. *Polimeros-Ciencia E Tecnologia*, 2008. **18**(4): p. 302-306.
- [10] Shokri, E., et al., *Effect of PE-g-MA compatibilizer on the structure and performance of HDPE/EVA blend membranes fabricated via TIPS method*. *Chemical Engineering Research & Design*, 2015. **100**: p. 237-247.

- [11] Alkbari, B. and R. Bagheri, *Influence of PP-g-MA on Morphology, Mechanical Properties and Deformation Mechanism of Copolypropylene/Clay Nanocomposite*. Journal of Applied Polymer Science, 2009. **114**(6): p. 3751-3759.
- [12] DeRoover, B., J. Devaux, and R. Legras, *PAmXD,6/PP-g-MA blends .1. Compatibilization*. Journal of Polymer Science Part a-Polymer Chemistry, 1997. **35**(5): p. 901-915.
- [13] DeRoover, B., J. Devaux, and R. Legras, *PAmXD,6/PP-g-MA blend .2. Rheology and phase inversion location*. Journal of Polymer Science Part a-Polymer Chemistry, 1997. **35**(5): p. 917-925.
- [14] Galpaya, D., H. Ismail, and Z. Ahmad, *The Effects of PP-g-MA on the Physical Properties and Morphology of Polypropylene (PP)/Recycled Acrylonitrile Butadiene Rubber (rNBR) Blends*. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2010. **49**(11): p. 1150-1154.
- [15] Hemmati, M., et al., *Study on Morphology, Rheology and Mechanical Properties of Thermoplastic Elastomer Polyolefin (TPO)/Carbon Nanotube Nanocomposites with Reference to the Effect of Polypropylene-grafted-Maleic Anhydride (PP-g-MA) as a Compatibilizer*. International Journal of Polymeric Materials, 2011. **60**(6): p. 384-397.
- [16] Jia, S., et al., *Influences of PP-g-MA on the surface free energy, morphologies and mechanical properties of thermoplastic polyurethane / polypropylene blends*. Journal of Polymer Research, 2015. **22**(8).
- [17] Kim, B., et al., *The Electromechanical Properties of SEBS and SEBS-g-MA Dielectric Elastomer Gels*. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 2010. **519**: p. 77-81.
- [18] Kim, D.H., et al., *Structure and properties of polypropylene-based nanocomposites: Effect of PP-g-MA to organoclay ratio*. Polymer, 2007. **48**(18): p. 5308-5323.
- [19] Lee, J.H., et al., *Properties of polyethylene-layered silicate nanocomposites prepared by melt intercalation with a PP-g-MA compatibilizer*. Composites Science and Technology, 2005. **65**(13): p. 1996-2002.

- [20] Prashantha, K., et al., *Multi-walled carbon nanotube filled polypropylene nanocomposites based on masterbatch route: Improvement of dispersion and mechanical properties through PP-g-MA addition*. Express Polymer Letters, 2008. **2**(10): p. 735-745.
- [21] Wang, N., et al., *Effect of different structure MCM-41 fillers with PP-g-MA on mechanical and crystallization performances of polypropylene*. Composites Part B-Engineering, 2011. **42**(6): p. 1571-1577.
- [22] Wang, Y.J., W. Liu, and Z. Sun, *Effects of glycerol and PE-g-MA on morphology, thermal and tensile properties of LDPE and rice starch blends*. Journal of Applied Polymer Science, 2004. **92**(1): p. 344-350.
- [23] Dobrowszky, K. and F. Ronkay, *Effects of SEBS-g-MA on Rheology, Morphology and Mechanical Properties of PET/HDPE Blends*. International Polymer Processing, 2015. **30**(1): p. 91-99.
- [24] Jamaludin, N.A., et al., *Mechanical and thermal properties of SEBS-g-MA compatibilized halloysite nanotubes reinforced polyethylene terephthalate/polycarbonate/nanocomposites*. Journal of Applied Polymer Science, 2015. **132**(39).
- [25] Kordjazi, Z. and N.G. Ebrahimi, *Rheological Behavior of Noncompatibilized and Compatibilized PP/PET Blends with SEBS-g-MA*. Journal of Applied Polymer Science, 2010. **116**(1): p. 441-448.
- [26] Farahani, R.D. and A. Ramazani, *Melt preparation and investigation of properties of toughened Polyamide 66 with SEBS-g-MA and their nanocomposites*. Materials & Design, 2008. **29**(1): p. 105-111.
- [27] Bao, S.P. and S.C. Tjong, *Fracture characterization of high density polyethylene/organoclay nanocomposites toughened with SEBS-g-MA*, in *Fracture of Materials: Moving Forwards*, H.Y. Liu, X. Hu, and M. Hoffman, Editors. 2006. p. 187-192.
- [28] Kusmono, et al., *Compatibilizing effect of SEBS-g-MA on the mechanical properties of different types of OMMT filled polyamide 6/polypropylene nanocomposites*. Composites Part a-Applied Science and Manufacturing, 2008. **39**(12): p. 1802-1814.
- [29] Kusmono, et al., *Influence of SEBS-g-MA on morphology, mechanical, and thermal properties of PA6/PP/organoclay nanocomposites*. European Polymer Journal, 2008. **44**(4): p. 1023-1039.

- [30] Li, S., Y. Di, and X. Liang, *Effects of SEBS-g-MA on the Tribological Behavior of PA66/Montmorillonite Nanocomposites*. International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials, 2013. **62**(3): p. 172-174.
- [31] Liao, C.Z. and S.C. Tjong, *Effects of Carbon Nanofibers on the Fracture, Mechanical, and Thermal Properties of PP/SEBS-g-MA Blends*. Polymer Engineering and Science, 2011. **51**(5): p. 948-958.
- [32] Ranjbar, M., A. Arefazar, and G. Bakhshandeh, *Constituting balance between strength and toughness in nanocomposites based on PP/SEBS-g-MA blends*. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 2014. **27**(12): p. 1589-1606.
- [33] Sharma, R. and S.N. Maiti, *Effects of SEBS-g-MA copolymer on non-isothermal crystallization kinetics of polypropylene*. Journal of Materials Science, 2015. **50**(1): p. 447-456.
- [34] Sharma, R. and S.N. Maiti, *Melt Rheological Properties of PBT/SEBS and Reactively Compatibilized PBT/SEBS/SEBS-g-MA Polymer Blends*. Journal of Applied Polymer Science, 2015. **132**(5).
- [35] Sharma, R. and S.N. Maiti, *Effects of Crystallinity of PP and Flexibility of SEBS-g-MA Copolymer on the Mechanical Properties of PP/SEBS-g-MA Blends*. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2014. **53**(3): p. 229-238.
- [36] Sharma, R. and S.N. Maiti, *Modification of Tensile and Impact Properties of Poly(butylene terephthalate) by Incorporation of Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene and Maleic Anhydride-grafted-SEBS (SEBS-g-MA) Terpolymer*. Polymer Engineering and Science, 2013. **53**(10): p. 2242-2253.
- [37] Tjong, S.C., S.P. Bao, and G.D. Liang, *Polypropylene/montmorillonite nanocomposites toughened with SEBS-g-MA: Structure-property relationship*. Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics, 2005. **43**(21): p. 3112-3126.
- [38] Tucker, J.D., S.Y. Lee, and R.L. Einsporn, *A study of the effect of PP-g-MA and SEBS-g-MA on the mechanical and morphological properties of polypropylene/nylon 6 blends*. Polymer Engineering and Science, 2000. **40**(12): p. 2577-2589.

- [39] Yu, S., Z. Yu, and Y.-W. Mai, *Effects of SEBS-g-MA on tribological behaviour of nylon 66/organoclay nanocomposites*. Tribology International, 2007. **40**(5): p. 855-862.
- [40] Zulficar, S., et al., *Thermal and mechanical properties of SEBS-g-MA based inorganic composite materials*. Journal of Materials Science, 2007. **42**(1): p. 93-100.
- [41] Bikiaris, D. and C. Panayiotou, *LDPE/starch blends compatibilized with PE-g-MA copolymers*. Journal of Applied Polymer Science, 1998. **70**(8): p. 1503-1521.
- [42] Bikiaris, D., et al., *LDPE/plasticized starch blends containing PE-g-MA copolymer as compatibilizer*. Polymer Degradation and Stability, 1998. **59**(1-3): p. 287-291.
- [43] Bikiaris, D.N., et al., *Compatibilisation effect of PP-g-MA copolymer on iPP/SiO₂ nanocomposites prepared by melt mixing*. European Polymer Journal, 2005. **41**(9): p. 1965-1978.
- [44] Akbari, M., A. Zadhoush, and M. Haghghat, *PET/PP blending by using PP-g-MA synthesized by solid phase*. Journal of Applied Polymer Science, 2007. **104**(6): p. 3986-3993.
- [45] Ghasemi, F.A., et al., *INVESTIGATING THE EFFECTS OF WASTE GROUND RUBBER TIRE POWDER AND PP-g-MA COMPATIBILIZER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PP/WASTE GROUND RUBBER TIRE (WGRT) POWDER/PP-g-MA COMPOSITES*. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 2012. **7**(4): p. 1859-1868.
- [46] Mouffok, S. and M. Kaci, *Artificial weathering effect on the structure and properties of polypropylene/polyamide-6 blends compatibilized with PP-g-MA*. Journal of Applied Polymer Science, 2015. **132**(13).
- [47] Mallick, S., P. Kar, and B.B. Khatua, *Morphology and Properties of Nylon 6 and High Density Polyethylene Blends in Presence of Nanoclay and PE-g-MA*. Journal of Applied Polymer Science, 2012. **123**(3): p. 1801-1811.
- [48] Mallick, S. and B.B. Khatua, *Effect of Nanoclay and SEBS-g-MA on the Morphology and Properties of Immiscible Poly(methyl methacrylate)/Polystyrene Blend*. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2011. **11**(2): p. 979-986.

- [49] Filippi, S., et al., *Effects of Organoclay on Morphology and Properties of Nanocomposites Based on LDPE/PA-6 Blends Without and With SEBS-g-MA Compatibilizer*. Polymer Engineering and Science, 2009. **49**(6): p. 1187-1197.
- [50] Chen, W. and B.J. Qu, *Structural characteristics and thermal properties of PE-g-MA/MgAl-LDH exfoliation nanocomposites synthesized by solution intercalation*. Chemistry of Materials, 2003. **15**(16): p. 3208-3213.
- [51] Chen, W. and B.J. Qu, *Synthesis and characterization of PE-g-MA/MgAl-LDH exfoliation nanocomposite via solution intercalation*. Chinese Journal of Chemistry, 2003. **21**(8): p. 998-1000.
- [52] Saffar, A., et al., *Development of polypropylene microporous hydrophilic membranes by blending with PP-g-MA and PP-g-AA*. Journal of Membrane Science, 2014. **462**: p. 50-61.
- [53] Denac, M., V. Musil, and I. Smit, *Polypropylene/talc/SEBS (SEBS-g-MA) composites. Part 2. Mechanical properties*. Composites Part a- Applied Science and Manufacturing, 2005. **36**(9): p. 1282-1290.
- [54] Hemlata and S.N. Maiti, *Mechanical, Morphological, and Thermal Properties of Nanotalc Reinforced PA6/SEBS-g-MA Composites*. Journal of Applied Polymer Science, 2015. **132**(7).
- [55] Hu, H., et al., *Tribological behavior of polyamide 66-based ternary nanocomposites modified with organoclay and SEBS-g-MA*. Tribology Letters, 2008. **32**(1): p. 23-29.
- [56] Kayano, Y., H. Keskkula, and D.R. Paul, *Evaluation of the fracture behaviour of nylon 6/SEBS-g-MA blends*. Polymer, 1997. **38**(8): p. 1885-1902.

“Estado del arte de la utilización de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA en mezclas de materiales. Parte 2. Estadísticas de uso.”

A. Mengual Recuerda⁽¹⁾, D. Juárez Varón⁽²⁾ ^{viii}, M. A. Peydró Rase-ro⁽²⁾, S. Ferrándiz Bou⁽²⁾

*(1) Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Alcoy)
Plaza Ferrándiz y Carbonell, sn 03801 Alcoy (Alicante)
e-mail: anmenre1@upvnet.upv.es*

*(2) Instituto de Tecnología de Materiales
Universidad Politécnica de Valencia (Campus de Alcoy)
Plaza Ferrándiz y Carbonell, sn 03801 Alcoy (Alicante)
e-mail: djuarez@upv.es*

RESUMEN

Este trabajo trata de analizar las estadísticas de uso de tres compatibilizantes utilizados en mezclas de polímeros con aplicabilidad extendida, tales como PE-g-MA (Polyethylene-graft-maleic anhydride), PP-g-MA (Polypropylene-graft-maleic anhydride) y SEBS-g-MA (Styrene-Ethylene / Butylene-Styrene-maleic anhydride-graft), que se emplean, principalmente, en tres campos de aplicación: la mejora de las propiedades del compuesto base, como compatibilizante en la mezcla de dos materiales y como un componente adicional en la mezcla de varios materiales.

^{viii} Contacto: D. Juárez; Tel. 966528467; e-mail: djuarez@upvnet.upv.es

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se ha analizado las estadísticas de uso de las tres principales aplicaciones de tres compatibilizantes utilizados en la mezcla de materiales, que se utilizan comúnmente para compuestos con base de polímero: PE-g-MA, PP-g-MA and SEBS-g-MA.

El PE-g-MA (Polyethylene-graft-maleic anhydride) es un compatibilizador para mezclas de polímeros, que sirve como soporte para sustancias no polares y para polares.

El PP-g-MA (Polypropylene-graft-maleic anhydride) es un homopolímero modificado cristalino e isotático, que funciona como un compatibilizador e imparte resistencia al deslizamiento para pulimentos, aditivo de acoplamiento para polímeros de polipropileno y aleaciones, dispersante de pigmento y ayuda a la transformación de plásticos, tales como ABS.

El SEBS-g-MA (Styrene-Ethylene/Butylene-Styrene -graft-maleic anhydride) es un agente interfacial eficiente.

2. EXPERIMENTAL

La búsqueda de referencias ha estado centrada en el WOS (Web of Science) [1], tratando de catalogar las aplicaciones de estos compatibilizadores en los principales usos para los que están destinados.

Hay tres campos principales de aplicación:

1) La mejora de las propiedades del compuesto de base: en estas situaciones se pretende añadir el aditivo compatibilizador para

mejorar las propiedades mecánicas (principalmente) de una mezcla previamente ensayadas.

Varios autores trabajan en esta línea, destacando los siguientes artículos:

PE-g-MA

Ahmad [2] estudió el efecto del compatibilizante PE-g-MA en la morfología y propiedades mecánicas de mezclas 70/30 HDPE/ENR, haciendo especial énfasis en el role del PE-g-MA en interacciones inducidas.

Kahar[3] estudió los efectos de compatibilización del PE-g-MA en las propiedades mecánicas, térmicas y de dilatación de mezclas de almidón de tapioca de alta densidad basadas en Polietileno/Caucho Natural /Termoplástico.

Brito [4] analizó nanocompuestos arcillosos de polietileno / bentonita nacional y su influencia de arcilla y de agente de acoplamiento PE-g-MA sobre las propiedades mecánicas y de inflamabilidad.

Majid [5] estudió los efectos del PE-g-MA sobre propiedades de tracción, morfología y absorción de agua de las mezclas de LDPE / termoplástico de almidón de Sago.

Medeiros [6] trabajo en el desarrollo de nanocompuestos de Polyamide6/Polyethylene/Organoclay: el efecto del compatibilizador PE-g-MA en el comportamiento reológico de la mezcla.

Shokri [7] estudió el efecto del compatibilizador PE-g-MA en la estructura y comportamiento de membranas compuestas de HDPE/EVA vía método TIPS.

PP-g-MA

Alkbari [8] analizó la influencia del PP-g-MA en la morfología, propiedades mecánicas y mecanismo de deformación del nanocompuesto Copolypropylene/Clay.

DeRoover [9, 10] caracterizó una mezcla de PAmXD,6/PP-g-MA (compatibilidad, reología y localización de la fase de inversión).

Galpaya [11] estudió los efectos del PP-g-MA en las propiedades físicas y morfología de mezclas de Polypropylene (PP)/Recycled Acrylonitrile Butadiene rubber (rNBR).

Hemmati [12] trabajo en la morfología, reología y propiedades mecánicas de un elastómero termoplástico de nanocompuestos de Polyolefin (TPO)/Carbon nanotube con referencia al efecto de Polypropylene-grafted-Maleic Anhydride (PP-g-MA) como compatibilizante.

Jia [13] analizó la influencia del PP-g-MA en la energía libre superficial, morfologías y propiedades mecánicas de las mezclas de termoplástico de polyurethane / polypropylene.

Kim[14, 15] estudió las propiedades electromecánicas de geles elastómeros dieléctricos de SEBS y SEBS-g-MA y las estructura y propiedades de nanocompuestos basados en polipropileno: efecto del PP-g-MA en la relación de arcilla orgánica.

Lee [16] estudió las propiedades de nanocomposites studied properties of

nanocompuestos de capas de silicato de polietileno mediante la intercalación fundida de un compatibilizante de PP-g-MA.

Prashantha [17] trabajó con nanotubos de carbono de pared múltiple rellenos de nanocompuestos de polipropileno basados en ruta de masterbatch: mejora de dispersión y propiedades mecánicas a través de la adición de PP-g-MA.

Wang [18, 19] estudió el efecto de diferentes estructuras de relleno de MCM-41 con PP-g-MA en prestaciones mecánicas y cristalización de polipropileno, y la influencia de cargas mesoporosas

con PP-g-MA en la inflamabilidad y el comportamiento a la tracción de los materiales compuestos de polipropileno

SEBS-g-MA

Dobrovzsky [20], quien analizó los efectos del SEBS-g-MA en propiedades reológicas, mecánicas y morfológicas mezclas de PET/HDPE.

Jamaludin [21] estudió las propiedades mecánicas y térmicas de nanotubos de SEBS-g-MA halloysite reforzados con nanocompuestos de polyethylene terephthalate/polycarbonate.

Kordjazi [22] trabajo en el comportamiento reológico de mezclas no compatibilizadas y compatibilizadas de PP/PET con SEBS-g-MA.

Farahani [23] trabajo en la preparación y la investigación de las propiedades de Poliamida 66 endurecida con SEBS-g-MA y sus nanocompuestos.

Bao [24] estudió la caracterización de rotura de nanocompuestos de polietileno de alta densidad / organoarcilla aditivados con SEBS-g-MA.

Kusmono [25, 26] trabajo en el efecto compatibilizante del SEBS-g-MA sobre las propiedades mecánicas de diferentes tipos de nanocompuestos de poliamida 6 / polipropileno rellenos de OMMT, y la influencia del SEBS-g-MA en la morfología, propiedades mecánicas y térmicas de nanocompuestos de PA6 / PP / organoarcilla.

Li [27] estudió los efectos del SEBS-g-MA sobre el comportamiento tribológico de nanocompuestos de PA66 / montmorillonita, y Liao [28] los efectos de las nanofibras de carbono sobre las propiedades de fractura, mecánicas, térmicas y de mezclas de PP / SEBS-g-MA.

Ranjbar [29] trabajó en constituir un equilibrio entre resistencia y tenacidad en nanocompuestos basados en mezclas PP / SEBS-g-MA.

Sharma [30-33] estudió la modificación de tracción y propiedades de impacto de poli (tereftalato de butileno) mediante la incorporación de terpolímero Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene y Maleic Anhydride-grafted-SEBS (SEBS-g-MA), así como efectos de cristalinidad del PP y flexibilidad de copolímero SEBS-g-MA sobre las propiedades mecánicas de las mezclas de PP / SEBS-g-MA. También trabajó con Efectos de copolímero SEBS-g-MA sobre la cinética de cristalización no isoterma de polipropileno, y propiedades reológicas de PBT/SEBS y reactivamente compatibilizada con mezclas de polímero PBT/SEBS/SEBS-g-MA . Por último, este autor estudió los efectos de cristalinidad de polipropileno (PP) en las propiedades mecánicas del compuestos de PP anhídrido maleico de estireno-etileno-butileno-estireno-g/ (SEBS-g-MA) / Harina de madera de teca (TWF).

Tjong [34] trabajó en nanocompuestos de polipropileno / montmorillonita aditivado con SEBS-g-MA: relación estructura-propiedad.

Tucker [35] hizo un estudio del efecto de PP-g-MA y SEBS-g-MA sobre las propiedades mecánicas y morfológicas de mezclas de polipropileno / nylon 6.

Yu [36] estudió los efectos del SEBS-g-MA sobre el comportamiento tribológico de nanocompuestos de nylon 66 / arcilla orgánica.

Zulfiqar [37] estudió las propiedades térmicas y mecánicas de materiales compuestos con base inorgánica y SEBS-g-MA.

2) Compatibilizador en mezcla de dos materiales: cuando el compuesto generado por la mezcla de dos materiales no da los resultados esperados, se añade el aditivo compatibilizador para

mejorar la integración de los componentes básicos y así alcanzar los objetivos fijados como hipótesis de investigación.

Varios autores trabajan en esta línea, destacando los siguientes artículos:

PE-g-MA

Bikiaris [38-40] trabajó en mezclas de LDPE / almidón compatibilizadas con copolímeros de PE-g-MA, así como mezclas de LDPE / almidón plastificado que contienen copolímero de PE-g-MA como compatibilizante, y el efecto compatibilización de copolímero de PP-g-MA en nanocompuestos iPP / SiO₂ preparados por mezcla en estado fundido.

PP-g-MA

Akbari [41] trabajó con mezclas de PET/PP mediante el uso de PP-g-MA sintetizado por base sólida.

Ghasemi [42] trabajó en la investigación de los efectos de la planta de residuos de polvo de neumáticos de goma y PP-G-MA compatibilizante sobre las propiedades mecánicas de PP / residuos de neumáticos de caucho molido (GTR) compuestos en polvo / PG-MA.

Mouffok [43] estudió el efecto artificial de estar a la intemperie en la estructura y propiedades de mezclas de polipropileno / poli-amida-6 compatibilizadas con PP-g-MA.

SEBS-g-MA

Mallick [44, 45] trabajó en la morfología y las propiedades de Nylon 6 y polietileno de alta densidad de las mezclas en presencia de nanoarcilla y PE-g-MA y el efecto de nanoarcilla y SEBS-g-MA sobre la morfología y las propiedades de mezcla Poly(methyl methacrylate)/Polystyrene.

Filippi [46] estudió los efectos de arcilla orgánica sobre la morfología y las propiedades de los nanocompuestos basados en mezclas de LDPE / PA-6 sin y con compatibilizante SEBS-g-MA.

3) Como un componente adicional en la mezcla de diversos materiales: aparece como un componente de la mezcla, incluido para mejorar las propiedades o como compatibilizador, pero sin énfasis en este aspecto.

PE-g-MA

Chen [47, 48] trabajó en las características estructurales y propiedades térmicas de los nanocompuestos de exfoliación PE-g-MA / MgAl-LDH sintetizados por solución de intercalación, y la síntesis y caracterización de PE-g-MA / MgAl-LDH exfoliación nanocompuesto a través de solución de intercalación.

PP-g-MA

Saffar [49] analizó el desarrollo de polipropileno membranas microporosas hidrofílicas mezclando con PP-g-MA y PP-g-AA.

SEBS-g-MA

Denac [50] estudió la influencia del SEBS-g-MA en compuestos de PP / SEBS-g-MA / talco, en condiciones de esterilización de irradiación gamma.

Hemlata [51] analizó las propiedades mecánicas, morfológicas, y térmicas de los materiales nanotalc compuestos reforzados con PA6 / SEBS-g-MA.

Hu [52] estudió el comportamiento tribológico de nanocompuestos ternarios basados en poliamida 66, modificados con arcilla orgánica y SEBS-g-MA.

Kayano [53] trabajó en la evaluación del comportamiento a fractura de mezclas de nylon 6 / SEBS-g-MA.

3. RESULTADOS

Las estadísticas de uso de estos compatibilizantes se muestran a continuación:

Las principales áreas de trabajo con los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Principales áreas de trabajo con los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA

Área de trabajo	Artículos	% de uso
Mejora de las propiedades de una mezcla base	37	70
Compatibilizante en la mezcla de nuevos	9	17

materiales

Componente adicional en la mezcla de diversos materiales	7	13
--	---	----

Como se muestra en la figura 1, el área principal de trabajo es la mejora de las propiedades del compuesto base, mientras que como componente adicional en la mezcla de diversos materiales es el uso minoritario.

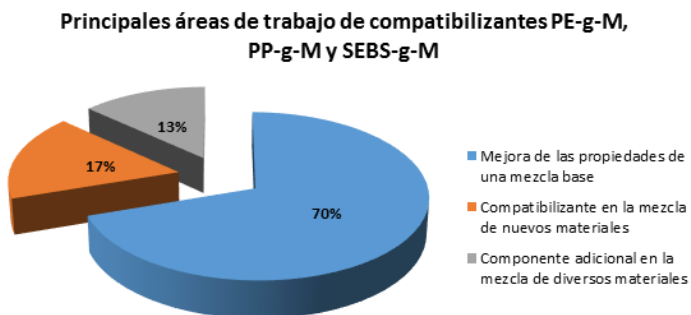


Figura 1. Principales áreas de trabajo de compatibilizantes PE-g-M, PP-g-M y SEBS-g-M.

Asimismo, el detalle de uso de cada compatibilizante se muestra en las figuras 2, 3 y 4:

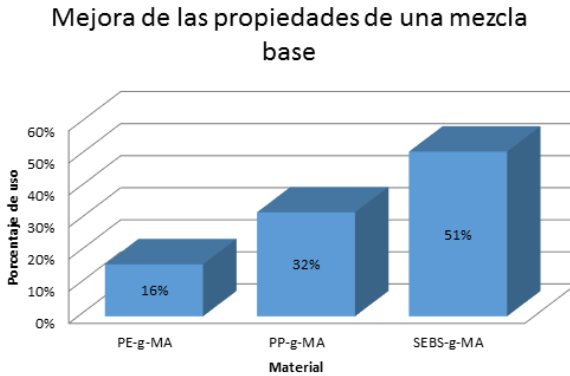


Figura 2. Porcentaje de uso de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA en la mejora de las propiedades de una mezcla base.

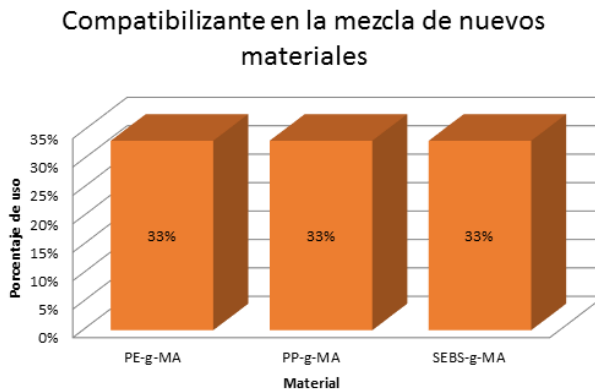


Figura 3. Porcentaje de uso de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA como compatibilizante en la mezcla de nuevos materiales.

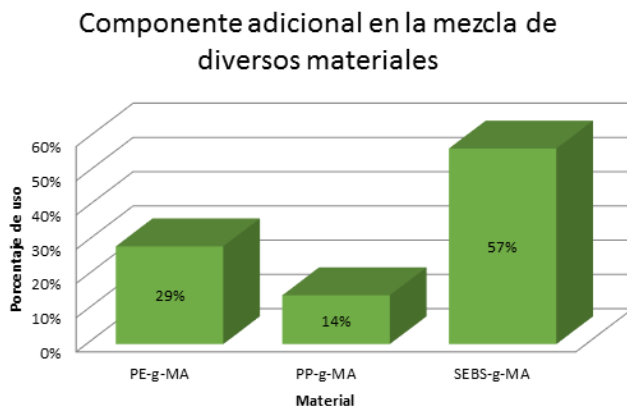


Figura 4. Porcentaje de uso de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA como componente adicional en la mezcla de diversos materiales.

A continuación se muestra en la figura 5, en valor porcentual, el uso a nivel global de cada compatibilizante en el conjunto de publicaciones desarrolladas hasta el momento.

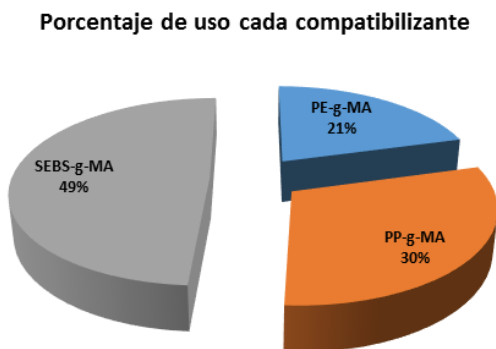


Figure 5. Porcentaje de uso de los compatibilizantes PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA.

Como puede observarse en las referencias, el uso del SEBS-g-MA es el más extendido entre todos los compatibilizantes, siendo el PP-g-MA el que le sigue en empleabilidad. No obstante, resaltar que la literatura referida al SEBS-g-MA es más reciente.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo fue llevado a cabo una clasificación y análisis de la revisión bibliográfica sobre el uso de compatibilizantes basados en PE-g-MA, PP-g-MA y SEBS-g-MA. Se ha analizado las tres áreas principales de trabajo: uso de compatibilizante en la mejora de las propiedades de la base compuesta, uso de compatibilizante en la mezcla de dos materiales, y el aspecto del compatibilizante como un componente más en la mezcla de varios materiales, haciendo hincapié en la mejora de las propiedades del compuesto básico como la principal aplicación y el uso de SEBS-g-MA como el compatibilizante más utilizado en todos los casos.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al "Ministerio de Ciencia e Innovación" y a la Universitat Politècnica de València por su soporte económico.

6. REFERENCIAS

- [1] WOS. Web of Science. 2015; Available from: <http://wos.fecyt.es/>.
- [2] Ahmad, I. and L.P. Fern, Effect of PE-g-MA-compatibilizer on the morphology and mechanical properties of 70/30 HDPE/ENR blends.

- Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2006. 45(6): p. 735-739.
- [3] Kahar, M., et al., Compatibilization Effects of PE-g-MA on Mechanical, Thermal and Swelling Properties of High Density Polyethylene/Natural Rubber/Thermoplastic Tapioca Starch Blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2012. 51(3): p. 298-303.
- [4] Brito, G.F., et al., Polyethylene/natural bentonite clay nanocomposites: Influence of clay and PE-g-MA coupling agent on the mechanical properties and flammability. *Polimeros-Ciencia E Tecnologia*, 2008. 18(2): p. 170-177.
- [5] Majid, R.A., H. Ismail, and R.M. Taib, Effects of PE-g-MA on Tensile Properties, Morphology and Water Absorption of LDPE/Thermoplastic Sago Starch Blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2009. 48(9): p. 919-924.
- [6] Medeiros, V.d.N., et al., Development of Polyamide6/Polyethylene/Organoclay Nanocomposites: The Effect of the PE-g-MA Compatibilizer on the Rheological Behavior of Mixture. *Polimeros-Ciencia E Tecnologia*, 2008. 18(4): p. 302-306.
- [7] Shokri, E., et al., Effect of PE-g-MA compatibilizer on the structure and performance of HDPE/EVA blend membranes fabricated via TIPS method. *Chemical Engineering Research & Design*, 2015. 100: p. 237-247.
- [8] Alkbari, B. and R. Bagheri, Influence of PP-g-MA on Morphology, Mechanical Properties and Deformation Mechanism of Copolypropylene/Clay Nanocomposite. *Journal of Applied Polymer Science*, 2009. 114(6): p. 3751-3759.
- [9] DeRoover, B., J. Devaux, and R. Legras, PAmXD,6/PP-g-MA blends .1. Compatibilization. *Journal of Polymer Science Part a-Polymer Chemistry*, 1997. 35(5): p. 901-915.
- [10] DeRoover, B., J. Devaux, and R. Legras, PAmXD,6/PP-g-MA blend .2. Rheology and phase inversion location. *Journal of Polymer Science Part a-Polymer Chemistry*, 1997. 35(5): p. 917-925.
- [11] Galpaya, D., H. Ismail, and Z. Ahmad, The Effects of PP-g-MA on the Physical Properties and Morphology of Polypropylene (PP)/Recycled

- Acrylonitrile Butadiene Rubber (rNBR) Blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2010. 49(11): p. 1150-1154.
- [12] Hemmati, M., et al., Study on Morphology, Rheology and Mechanical Properties of Thermoplastic Elastomer Polyolefin (TPO)/Carbon Nanotube Nanocomposites with Reference to the Effect of Polypropylene-grafted-Maleic Anhydride (PP-g-MA) as a Compatibilizer. *International Journal of Polymeric Materials*, 2011. 60(6): p. 384-397.
- [13] Jia, S., et al., Influences of PP-g-MA on the surface free energy, morphologies and mechanical properties of thermoplastic polyurethane / polypropylene blends. *Journal of Polymer Research*, 2015. 22(8).
- [14] Kim, B., et al., The Electromechanical Properties of SEBS and SEBS-g-MA Dielectric Elastomer Gels. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 2010. 519: p. 77-81.
- [15] Kim, D.H., et al., Structure and properties of polypropylene-based nanocomposites: Effect of PP-g-MA to organoclay ratio. *Polymer*, 2007. 48(18): p. 5308-5323.
- [16] Lee, J.H., et al., Properties of polyethylene-layered silicate nanocomposites prepared by melt intercalation with a PP-g-MA compatibilizer. *Composites Science and Technology*, 2005. 65(13): p. 1996-2002.
- [17] Prashantha, K., et al., Multi-walled carbon nanotube filled polypropylene nanocomposites based on masterbatch route: Improvement of dispersion and mechanical properties through PP-g-MA addition. *Express Polymer Letters*, 2008. 2(10): p. 735-745.
- [18] Wang, N., et al., Effect of different structure MCM-41 fillers with PP-g-MA on mechanical and crystallization performances of polypropylene. *Composites Part B-Engineering*, 2011. 42(6): p. 1571-1577.
- [19] Wang, Y.J., W. Liu, and Z. Sun, Effects of glycerol and PE-g-MA on morphology, thermal and tensile properties of LDPE and rice starch blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 2004. 92(1): p. 344-350.

- [20] Dobrowszky, K. and F. Ronkay, Effects of SEBS-g-MA on Rheology, Morphology and Mechanical Properties of PET/HDPE Blends. *International Polymer Processing*, 2015. 30(1): p. 91-99.
- [21] Jamaludin, N.A., et al., Mechanical and thermal properties of SEBS-g-MA compatibilized halloysite nanotubes reinforced polyethylene terephthalate/polycarbonate/nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015. 132(39).
- [22] Kordjazi, Z. and N.G. Ebrahimi, Rheological Behavior of Noncompatibilized and Compatibilized PP/PET Blends with SEBS-g-MA. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010. 116(1): p. 441-448.
- [23] Farahani, R.D. and A. Ramazani, Melt preparation and investigation of properties of toughened Polyamide 66 with SEBS-g-MA and their nanocomposites. *Materials & Design*, 2008. 29(1): p. 105-111.
- [24] Bao, S.P. and S.C. Tjong, Fracture characterization of high density polyethylene/organoclay nanocomposites toughened with SEBS-g-MA, in *Fracture of Materials: Moving Forwards*, H.Y. Liu, X. Hu, and M. Hoffman, Editors. 2006. p. 187-192.
- [25] Kusmono, et al., Compatibilizing effect of SEBS-g-MA on the mechanical properties of different types of OMMT filled polyamide 6/polypropylene nanocomposites. *Composites Part a-Applied Science and Manufacturing*, 2008. 39(12): p. 1802-1814.
- [26] Kusmono, et al., Influence of SEBS-g-MA on morphology, mechanical, and thermal properties of PA6/PP/organoclay nanocomposites. *European Polymer Journal*, 2008. 44(4): p. 1023-1039.
- [27] Li, S., Y. Di, and X. Liang, Effects of SEBS-g-MA on the Tribological Behavior of PA66/Montmorillonite Nanocomposites. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 2013. 62(3): p. 172-174.
- [28] Liao, C.Z. and S.C. Tjong, Effects of Carbon Nanofibers on the Fracture, Mechanical, and Thermal Properties of PP/SEBS-g-MA Blends. *Polymer Engineering and Science*, 2011. 51(5): p. 948-958.
- [29] Ranjbar, M., A. Arefazar, and G. Bakhshandeh, Constituting balance between strength and toughness in nanocomposites based on

- PP/SEBS-g-MA blends. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 2014. 27(12): p. 1589-1606.
- [30] Sharma, R. and S.N. Maiti, Effects of SEBS-g-MA copolymer on non-isothermal crystallization kinetics of polypropylene. *Journal of Materials Science*, 2015. 50(1): p. 447-456.
- [31] Sharma, R. and S.N. Maiti, Melt Rheological Properties of PBT/SEBS and Reactively Compatibilized PBT/SEBS/SEBS-g-MA Polymer Blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015. 132(5).
- [32] Sharma, R. and S.N. Maiti, Effects of Crystallinity of PP and Flexibility of SEBS-g-MA Copolymer on the Mechanical Properties of PP/SEBS-g-MA Blends. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2014. 53(3): p. 229-238.
- [33] Sharma, R. and S.N. Maiti, Modification of Tensile and Impact Properties of Poly(butylene terephthalate) by Incorporation of Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene and Maleic Anhydride-grafted-SEBS (SEBS-g-MA) Terpolymer. *Polymer Engineering and Science*, 2013. 53(10): p. 2242-2253.
- [34] Tjong, S.C., S.P. Bao, and G.D. Liang, Polypropylene/montmorillonite nanocomposites toughened with SEBS-g-MA: Structure-property relationship. *Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics*, 2005. 43(21): p. 3112-3126.
- [35] Tucker, J.D., S.Y. Lee, and R.L. Einsporn, A study of the effect of PP-g-MA and SEBS-g-MA on the mechanical and morphological properties of polypropylene/nylon 6 blends. *Polymer Engineering and Science*, 2000. 40(12): p. 2577-2589.
- [36] Yu, S., Z. Yu, and Y.-W. Mai, Effects of SEBS-g-MA on tribological behaviour of nylon 66/organoclay nanocomposites. *Tribology International*, 2007. 40(5): p. 855-862.
- [37] Zulfiqar, S., et al., Thermal and mechanical properties of SEBS-g-MA based inorganic composite materials. *Journal of Materials Science*, 2007. 42(1): p. 93-100.
- [38] Bikiaris, D. and C. Panayiotou, LDPE/starch blends compatibilized with PE-g-MA copolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, 1998. 70(8): p. 1503-1521.

- [39] Bikiaris, D., et al., LDPE/plasticized starch blends containing PE-g-MA copolymer as compatibilizer. *Polymer Degradation and Stability*, 1998. 59(1-3): p. 287-291.
- [40] Bikiaris, D.N., et al., Compatibilisation effect of PP-g-MA copolymer on iPP/SiO₂ nanocomposites prepared by melt mixing. *European Polymer Journal*, 2005. 41(9): p. 1965-1978.
- [41] Akbari, M., A. Zadhoush, and M. Haghighat, PET/PP blending by using PP-g-MA synthesized by solid phase. *Journal of Applied Polymer Science*, 2007. 104(6): p. 3986-3993.
- [42] Ghasemi, F.A., et al., INVESTIGATING THE EFFECTS OF WASTE GROUND RUBBER TIRE POWDER AND PP-g-MA COMPATIBILIZER ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PP/WASTE GROUND RUBBER TIRE (WGRT) POWDER/PP-g-MA COMPOSITES. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 2012. 7(4): p. 1859-1868.
- [43] Mouffok, S. and M. Kaci, Artificial weathering effect on the structure and properties of polypropylene/polyamide-6 blends compatibilized with PP-g-MA. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015. 132(13).
- [44] Mallick, S., P. Kar, and B.B. Khatua, Morphology and Properties of Nylon 6 and High Density Polyethylene Blends in Presence of Nanoclay and PE-g-MA. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012. 123(3): p. 1801-1811.
- [45] Mallick, S. and B.B. Khatua, Effect of Nanoclay and SEBS-g-MA on the Morphology and Properties of Immiscible Poly(methyl methacrylate)/Polystyrene Blend. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 2011. 11(2): p. 979-986.
- [46] Filippi, S., et al., Effects of Organoclay on Morphology and Properties of Nanocomposites Based on LDPE/PA-6 Blends Without and With SEBS-g-MA Compatibilizer. *Polymer Engineering and Science*, 2009. 49(6): p. 1187-1197.
- [47] Chen, W. and B.J. Qu, Structural characteristics and thermal properties of PE-g-MA/MgAl-LDH exfoliation nanocomposites synthesized by solution intercalation. *Chemistry of Materials*, 2003. 15(16): p. 3208-3213.

- [48] Chen, W. and B.J. Qu, Synthesis and characterization of PE-g-MA/MgAl-LDH exfoliation nanocomposite via solution intercalation. *Chinese Journal of Chemistry*, 2003. 21(8): p. 998-1000.
- [49] Saffar, A., et al., Development of polypropylene microporous hydrophilic membranes by blending with PP-g-MA and PP-g-AA. *Journal of Membrane Science*, 2014. 462: p. 50-61.
- [50] Denac, M., V. Musil, and I. Smit, Polypropylene/talc/SEBS (SEBS-g-MA) composites. Part 2. Mechanical properties. *Composites Part a- Applied Science and Manufacturing*, 2005. 36(9): p. 1282-1290.
- [51] Hemlata and S.N. Maiti, Mechanical, Morphological, and Thermal Properties of Nanotalc Reinforced PA6/SEBS-g-MA Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 2015. 132(7).
- [52] Hu, H., et al., Tribological behavior of polyamide 66-based ternary nanocomposites modified with organoclay and SEBS-g-MA. *Tribology Letters*, 2008. 32(1): p. 23-29.
- [53] Kayano, Y., H. Keskkula, and D.R. Paul, Evaluation of the fracture behaviour of nylon 6/SEBS-g-MA blends. *Polymer*, 1997. 38(8): p. 1885-1902.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Ingeniería y Tecnología

