

APROVECHAMIENTO DE NUEVOS PRODUCTOS EN BASE A POLIESTIRENO EXPANDIDO RECUPERADO

J.G. Carrillo Baeza^{1*}, J.A. Caamal Canché², J.S. Couoh Nah³, R.A. Gamboa Castellanos⁴, R.H. Cruz Estrada⁵

1,5: Profesor Investigador, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

2,3,4: Estudiante de Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

*Contacto: jgcb@cicy.mx

RESUMEN

El presente trabajo evalúa propuestas que ayuden a resolver el problema del acumulamiento de desechos de poliestireno expandido (EPS), proveniente en su mayoría, del embalaje de productos electrodomésticos. La implementación de este tipo de soluciones ayuda a disminuir el acumulamiento innecesario de EPS en los rellenos sanitarios; reutilizándolo en nuevas aplicaciones o reciclándose en nuevos productos, demostrando el potencial que este material de desecho tiene para ser aprovechado, evitando así que termine en rellenos sanitarios, desaprovechándose oportunidades de mejoras ecológicas y beneficios económicos. Acá se evalúa las propiedades a tensión de un papel tipo Kraft (estraza) cuando es barnizado con una resina con base en EPS. El resultado a tensión muestra un incremento significativo en la resistencia del papel a diferente fracción peso de resina aplicada en tres diferentes grupos (12%, 16% y 20% de resina).

Palabras Clave: *Reciclaje, EPS, Poliestireno expandido, RSU, Papel Kraft, Caracterización mecánica, Material compuesto.*

ABSTRACT

This work evaluates proposals that help to solve the problem of the accumulation of waste expanded polystyrene (EPS), coming mostly, in appliances product packaging. The implementation of these solutions helps to reduce unnecessary buildup EPS in landfills, reusing it in new applications or recycling it into new products, demonstrating the potential that this waste material has to be exploit, thus avoiding ending up in landfills, wasting opportunities for environmental improvements and economic benefits. Tensile properties of a Kraft paper are evaluated when is varnished with a resin base on recycled EPS. The tensile test shows an significant increment on the strength of the paper at different weight fraction of resin applied (12%, 16% y 20% de resin).

Keywords: *Recycling, EPS, Polystyrene, USW, Kraft paper, Mechanical characterization, Composite material.*

1 INTRODUCCIÓN

El poliestireno expandido (EPS por siglas en inglés), conocido también como nieve seca o unicef [1], es uno de los polímeros más utilizados a nivel mundial por sus excelentes características de ligereza y aislamiento térmico. Su bajo costo y fácil producción, lo hacen atractivo para fabricar productos con poca duración de vida útil, tales como utensilios desechables para alimentos, embalaje de productos varios y relleno de muebles. Debido a este tipo de uso ocasional de corta vida útil, su acumulamiento es notorio en calles y basureros, presentando una problemática a atacar, especialmente en países en desarrollo con problemas de ordenamiento en sus residuos sólidos urbanos [2]. En busca de soluciones integrales, este trabajo busca potenciar el reúso y reciclado del EPS, ayudando a disminuir su acumulamiento en rellenos sanitarios y ser aprovechado nuevamente en un segundo ciclo de vida.

En un trabajo más extenso, se ha buscado reutilizar el poliestireno expandido “recuperado” (EPSr) de desecho, y molido para aplicaciones como: protección de productos frágiles, relleno de muebles tipo “puff”, aligerante para concretos, como barniz con un disolvente natural “limoneno”, pegamento para EPS y otros sustratos, protector para paredes, entre otros [3]. Con ello, demostrar el potencial del EPSr como material aprovechable con alto valor agregado, donde en la actualidad se le considera a éste como material indeseable una vez que ha cumplido su corta vida útil (como utensilio, relleno o embalaje). Aquí no se discute el potencial de reciclar el EPS por vías tradicionales de fundición/extrusión, bien implementadas en la industria. Esta parte de la investigación presenta y discute la aplicación de una resina (o barniz) en base a EPSr y un disolvente orgánico natural, al igual que sus propiedades mecánicas a tensión.

2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Acondicionamiento y formulación del EPSr

El EPSr utilizado aquí, fue adquirido de desechos acopiados dentro del CICY como parte de un proyecto más amplio de gestión de RSU. El EPSr proviene principalmente del embalaje de equipos, donde se puede notar la variedad de densidades comerciales utilizadas para este fin (60-400 kg/m³). Este material en bloque, de diferentes formas en buenas condiciones (limpio y sin degradación), fue molido en un equipo de cuchillas radiales, utilizando una malla con orificios de 3 mm, obteniendo trocitos de forma irregular de entre 3 y 2 mm. Este material fue utilizado para relleno de muebles suaves, buscando reemplazar las perlitas vírgenes que se fabrican para ese fin, entre otros. Adicionalmente este material molido sirvió para formular una resina en base a limoneno, aceite extraído de la cáscara de limón, producido industrialmente.

Para la disolución del EPSr con un disolvente natural “limoneno”, se utilizaron dos tipos: limoneno de naranja y de limón [4]. El primero conocido por ser menos ácido y de menor capacidad de ataque al EPS que el segundo. Para la identificación de la viscosidad de la resina que permita una adecuada aplicación, se utilizó una relación de 7.3 g de EPSr por cada 100 g de limoneno, obteniendo una viscosidad similar a la de los barnices comerciales. Esta formulación fue evaluada aquí en aplicaciones de madera y papel para observar la afinidad superficial de éstos.

2.2 EPS como barniz para madera

La resina aquí formulada fue utilizada para barnizar madera de pino estufada comercial y comparada con un barniz de poliuretano comercial marca Winwax. El secado al tacto del barniz de poliuretano es más tardado comparado con la resina de poliestireno. La resina de poliestireno permitió una segunda aplicación, 30 minutos posterior a la primera.

2.3 EPSr como matriz en papel tipo Kraft

La aplicación de la resina formulada en papel Kraft es aplicada de forma similar a la aplicación de un barniz con brocha de aire, controlando de esta forma el espesor de capa y su fracción peso. Durante su preparación la resina moja las fibras del papel, mientras lentamente el disolvente se va evaporando. Para secar completamente la resina del papel (posterior a una, dos y tres capas de aplicación con brocha de aire), las muestras son secadas durante 24 horas a temperatura ambiente (22 °C y 40% H.R.). Posteriormente, el material se mete a una estufa de convección a 80 °C, durante 2 horas para garantizar el secado total. Terminado el secado, el material compuesto está listo para usarse permitiendo flexiones moderadas, listo para ser probado a tensión, mantenido en un desecador para su pesado previo a la prueba.

Para la prueba de tensión, muestras de aproximadamente 150 x 20 x 0.3 mm³ fueron preparadas apegados a la norma TAPPI T494 [5].

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 EPS como barniz para madera

Se evaluó la posibilidad de utilizar el EPS disuelto en un disolvente natural orgánico limoneno como alternativa ecológica al uso de barnices con solventes sintéticos, utilizado en acabados de superficies en madera. La Figura 1a muestra los dos tipos de limoneno disponibles; naranja dulce y limón, donde los acabados correspondientes se observan en la aplicación de madera de pino, observando una tonalidad “miel” en la Figura 1b en comparación a su contraparte de limón que luce transparente, mostrando el color natural de la madera, con un acabado al tacto similar al de un barniz comercial.

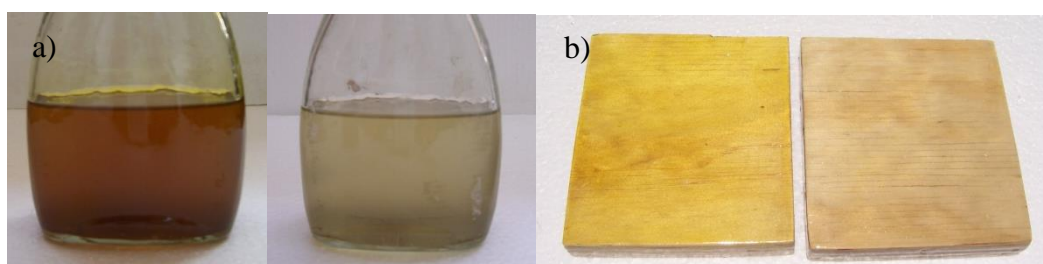


Figura 1. Resina EPSr/limoneno; a) de naranja y limón respectivamente, de izquierda a derecha y b) aplicado a madera.

Se observó que al aplicar una capa de resina con brocha, el acabado ya seco luce con un tono mate, mientras que a dos capas, la superficie luce notoriamente más brillante. Debido a que la base de la resina es de procedencia frutal, durante el sacado, desprende un agradable olor cítrico no tóxico.

Como parte del estudio se probaron otras opciones de aprovechamiento de la resina formulada aquí, pero requieren de estudios más profundos para la validación técnica; como sellador a la humedad en interiores y exteriores de paredes de concreto, como adhesivo para el EPS (unión de bloques), al igual que como aligerante de concreto y relleno de muebles suaves [6].

3.2 EPSr como matriz en papel tipo Kraft

La resistencia a la humedad es una característica deseable en papel o cartón tipo Kraft, para aplicaciones como cajas de cartón utilizados en transporte de mariscos congelados o núcleos tipo panel de abeja (honeycomb) de sistemas sándwiches huecos para puertas. El estudio del papel Kraft con resina en base a EPSr es mostrado en la Figura 2, observando la resistencia del papel tal como se obtiene del proveedor, probado a tensión en la dirección principal del material (0° respecto la dirección de prueba), que es la dirección en la que el material fue procesado, mostrando mayores propiedades por tener las fibras preferentemente alineadas en esa dirección.

En este comparativo se puede observar la resistencia del papel que es de 22.6 MPa, mientras que cuando éste contiene la matriz de poliestireno a 12% en fracción peso, la resistencia aumenta a 32.8 MPa (45% más que el papel solo). Interesantemente se puede notar que a 16% de fracción peso de resina, la diferencia en resistencia es mínima en comparación con su contraparte al 12%, siendo para el tercer caso (a un 20% de fracción peso de resina), un incremento de resistencia con 28.96 MPa comparado con el papel Kraft, observado en la Figura 2a.

Esto puede significar que la primera capa de resina es la más importante al interactuar con las fibras de celulosa, mojándolas y embebiéndolas con el polímero, para que una vez seco el material, éste actúe como un material compuesto fibra/matriz, consolidando el sistema de celulosa efectivamente para su mejor desempeño a tensión como observado. Respecto al pequeño incremento de resistencia en la segunda capa aplicada, se puede pensar que la resina todavía pudo interactuar un poco con las fibras proporcionando una interacción positiva, mientras que para la tercera capa aplicada, se estima que ya no hay nada de interacción con las fibras al estar ya selladas por las previas dos capas aplicadas, no aportando más interacción con el papel.

La Figura 2b muestra las curvas típicas de cada arreglo de papel sin resina y con 12%, 16% y 20% en fracción peso. Acá se puede observar el incremento importante de los grupos con resina en resistencia y deformación, imprimiéndole también un pequeño aumento en el módulo de rigidez. Cabe resaltar que el grupo de probetas con resina al 12% muestra las propiedades más atractivas en relación al polímero añadido, sin notar cambios importantes con el aumento de mayor cantidad de capas en el papel, observado en la Figura 2b.

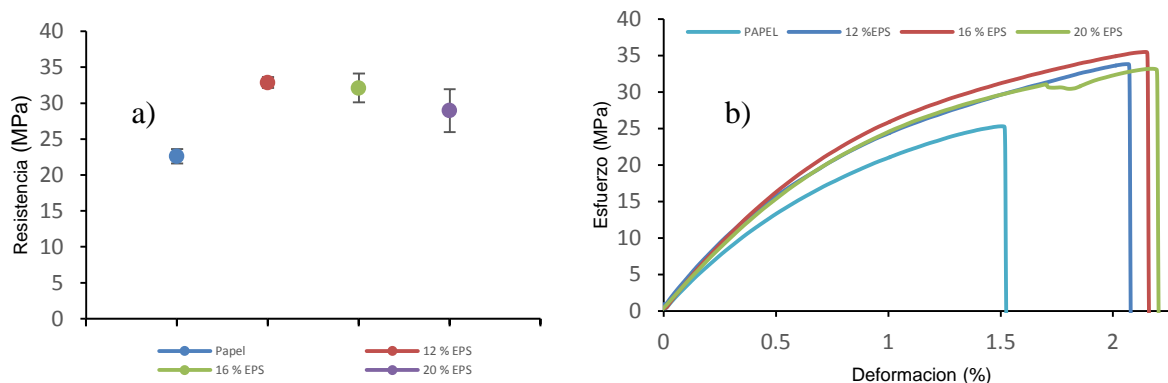


Figura 2. Resultado de resistencia a tensión de muestras de papel Kraft; a) con diferentes concentraciones de resina EPSr y b) mostrado en curvas representativas.

La Tabla 1, muestra los resultados de las pruebas a tensión donde se puede apreciar el incremento paulatino de resistencia, deformación y módulo de Young, no siendo el caso para el último grupo donde se observó un estancamiento de propiedades, indicando que la adición de mayor porcentaje de matriz, ya no contribuye en la mejora en rigidez que se le imprime al material celulósico cuando contiene una matriz de poliestireno, estudiado aquí.

Tabla 1. Resultados de prueba de tensión de muestras de papel con resina EPSr.

Material	Resistencia MPa (D.S.)	Módulo de Young MPa (D.S.)	Deformación % (D.S.)
Papel	22,61 (1,68)	25.51 (1.37)	1.407 (0.05)
12 % EPS	32,87 (0,77)	30.98 (1.47)	2.176 (0.38)
16 % EPS	32,12 (2,42)	32.02 (1.86)	2.152 (0.19)
20 % EPS	28,96 (3,75)	30.17 (1.79)	2.276 (0.30)

Muestras representativas de los cuatro grupos de probetas son mostradas en la Figura 3, donde la Figura 3a muestra el papel Kraft y sus tres porcentajes de resina (12%, 16% y 20% respectivamente), observando un efecto brillante y levemente oscurecido a mayores porcentajes de resina. La Figura 3b, muestra las probetas ensayadas a tensión, donde se puede observar zonas blanquecinas en las probetas con resina. Esto relacionado con la alta deformación alcanzada en la estructura amorfa del poliestireno en forma de película sobre las muestras de papel. Cabe resaltar que este efecto fue mucho más notorio durante el ensayo de la muestra.

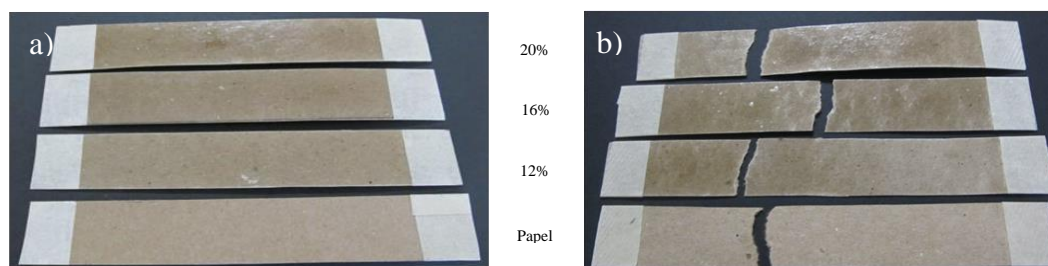


Figura 3. Muestras probadas de papel Kraft con diferentes porcentajes de resina EPSr; a) antes de ser probadas y b) después de la prueba a tensión.

4 CONCLUSIONES

Un estudio experimental del potencial en el aprovechamiento del EPSr fue implementado en busca de nuevas aplicaciones que puedan otorgarle un valor agregado a este material. La utilización del EPSr como resina en base a limoneno, aplicado en madera, se considera factible debido a la buena afinidad y acabado logrado, faltando pruebas técnicas que ofrezcan valores de referencia. Por otro lado, el estudio desarrollado del papel Kraft con la resina de poliestireno reciclado, se puede asumir de buena afinidad, reflejado en el aumento de propiedades con la interacción de la matriz/fibra del arreglo. Pruebas mecánicas a tensión mostraron potencial en el aprovechamiento del EPSr como resina aplicada en papel, con aumentos significativos de resistencia y deformación, donde la primera capa de la resina fue la que logró el aumento de propiedades más importante, comparado con las otras dos capas aplicadas posteriormente. Se espera evaluar en trabajos futuros, la factibilidad de que esta resina beneficie igualmente al papel en mejoras hidrofóbicas.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Conacyt por el apoyo en el desarrollo del trabajo bajo el proyecto CB-2008-01, registro 101680.

6 REFERENCIAS

1. Documento Electrónico. “*Propiedades del EPS*”, consultado el 20 de agosto de 2013, de: <http://www.anape.es/pdf/ficha73.pdf>.
2. Quiroz Carranza, Joaquín “De lo desechable a lo reciclable: manejo y aprovechamiento comunitario de residuos generados por actividades humanas”, Libro del Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yucatán, 2008.
3. Couoh Nah, Juan Sebastián, “Reciclado y desarrollo de nuevos productos en base a poliestireno recuperado”, Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, México, 2012.
4. De Silva, K. Tuley, “Essential Oil and Aroma Chemical Industries”, UNIDO, Part 4th, versión electrónica: <http://www.nedlac.org.za/media/5906/essential.pdf>, 1995.
5. Rejón Santana M., Carrillo Baeza J.G., Couoh Nah J.S., García Gómez C., “Uso de reciclado de poliestireno expandido como aislante térmico en concreto de la vivienda económica en clima cálido húmedo”, Memorias de Congreso ANES XXXV, Chihuahua, México, 2011.
6. TAPPI T494 “Tensile properties of paper and paperboard using constant rate of elongation apparatus”, 2006.