

# Barniz elaborado a partir de residuos poliméricos como complemento experimental para estudiantes de Ingeniería Química

## Varnish prepared from polymeric waste as an experimental complement for Chemical Engineering students

Presentación: 26 y 27 de octubre de 2022

**Rocío Boriglio** <sup>(1)</sup>, **Santiago Dobler** <sup>(1)</sup>, **Mateo Lesta** <sup>(1)</sup>, **Nazareno Scocco** <sup>(1)</sup>, **María Eugenia Taverna** <sup>(1)</sup>, **Paula Carolina Garnero** <sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco, Av. De la Universidad 501, (2400) San Francisco, Córdoba, Argentina.

e-mail autores: [rocioboriglio@gmail.com](mailto:rocioboriglio@gmail.com), [santiagodobler@hotmail.com](mailto:santiagodobler@hotmail.com), [ajlesta59@gmail.com](mailto:ajlesta59@gmail.com), [nazascocco@gmail.com](mailto:nazascocco@gmail.com), [mariaeugeniataverna@gmail.com](mailto:mariaeugeniataverna@gmail.com), [pcgarnero@gmail.com](mailto:pcgarnero@gmail.com).

### Resumen

El poliestireno expandido es un polímero muy empleado debido a sus propiedades aislantes, su baja densidad, y bajo costo. Su alto consumo de millones de toneladas anuales, genera una gran cantidad volumétrica de residuos con un impacto ambiental negativo. Si bien este polímero es reciclable, solo se lleva adelante aproximadamente una recuperación del 15%, siendo de interés mejorar este recupero en la obtención de nuevos productos de alto valor agregado. En este trabajo se prepararon barnices basados en residuos de poliestireno expandido. Las tareas se realizaron en conjunto con estudiantes de Ingeniería Química a fin de complementar la actividad experimental e incorporar conceptos de polímeros, solución, propiedades de materiales, entre otros. Se prepararon barnices, en diferentes proporciones poliestireno/disolvente y se evaluaron propiedades tales como costo, tiempo de secado, fluidez e impermeabilidad. Los principales resultados muestran que es posible obtener barnices basados en poliestireno expandido recuperado con precios competitivos y propiedades aceptables.

**Palabras clave:** reciclado; poliestireno; barnices; ingeniería química; economía circular

### Abstract

Expanded polystyrene is a widely used polymer due to its properties, low density, and low cost. Its high consumption of millions of tons per year generates a large volumetric amount of waste with a negative environmental impact. Although this polymer is recyclable, only approximately 15% recovery is carried out, being of interest to improve this recovery to obtain new products with high benefit. In this work, varnishes based on waste expanded polystyrene were prepared. The tasks were carried out with Chemical Engineering students to complement the experimental activity and incorporate concepts of polymers, solutions, material properties, among others. Varnishes were prepared in different polystyrene/solvent ratios and properties such as cost, drying time, fluidity and permeability were evaluated. The main results show that it is possible to obtain recovered expanded polystyrene-based varnishes with competitive prices and acceptable properties.

**Keywords:** recycling; polystyrene; varnishes; chemical engineering; circular economy

## Introducción

El poliestireno expandido (Telgopor) es un polímero que se produce a partir de la polimerización del estireno. Sus principales características de baja densidad, capacidad de aislamiento, bajo costo y su gran resistencia a los microorganismos (Vargas *et al.*, 2019), lo convierte en un material muy versátil que puede emplearse en diferentes aplicaciones, tales como material descartable, material de embalaje, placas de construcción, entre otros. Actualmente a nivel mundial, se generan alrededor de 40 a 50 kg/persona de residuos de poliestireno, que hacen necesario su aprovechamiento en nuevos productos o materiales.

Sin estar ajeno a esta problemática y en la búsqueda de soluciones, la universidad tiene el deber de formar ciudadanos con conciencia socioambiental, ya que debido a su labor de generación y difusión del conocimiento desempeñan un papel fundamental en el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Este abordaje requiere de docentes y estudiantes comprometidos en la construcción de conocimientos asociados al cuidado del medio ambiente, gestión de residuos y elaboración de nuevos materiales. Además, la enseñanza debe estar diseñada para que los estudiantes adquieran la capacidad de resolver problemas en situaciones en campos ocupacionales, sociales o personales, en base a conocimientos, habilidades y experiencias adquiridas (Hanh, 2018; Sánchez *et al.*, 2018; Zorrilla *et al.*, 2020).

El presente trabajo tiene por finalidad, demostrar una alternativa de solución para los residuos de poliestireno expandido en la elaboración de barnices; y poder construir conocimiento entre docentes y estudiantes de ingeniería química a través de una serie de encuentros y la evaluación de la actividad mediante una encuesta simple.

## Desarrollo

Los materiales utilizados fueron poliestireno expandido reciclado, acetato de etilo pro análisis (Cicarelli); y disolventes comerciales capaces de disolver al poliestireno.

El trabajo experimental se realizó en tres encuentros de laboratorio de una duración de tres horas cada uno. Los encuentros eran organizados por un grupo de cuatro estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería química y los docentes responsables de las cátedras de Ingeniería y ciencia de los materiales y Polímeros. Este equipo, luego coordinaba el trabajo a estudiantes que cursaban la cátedra de Ingeniería y ciencia de los materiales correspondiente al segundo año de su carrera.

### ENCUENTRO N° 1: Presentación de la actividad y elección del diluyente

El primer encuentro consistió en presentar la problemática a los estudiantes mediante los conceptos asociados a qué es el poliestireno expandido (Telgopor), qué aplicaciones tiene y la cantidad de residuos generado actualmente. Los estudiantes divididos en grupos de a 3 a 5 integrantes analizaron distintos diluyentes y reportaron sus resultados. Para ello, se emplearon 10 g de residuos de poliestireno expandido proveniente de placas de construcción, mapas coloreados, bandejas, entre otros.

### ENCUENTRO N° 2: Preparación y caracterización de los barnices

Para este segundo encuentro, se emplearon diferentes proporciones de poliestireno/solvente y se prepararon los barnices. Previamente, el equipo coordinador seleccionó tres barnices que fueron evaluados

de acuerdo a su: i) exposición del barniz a condiciones climáticas; ii) hidrofobicidad; iii) tiempo de secado; iv) pruebas de cubrimiento y penetración. A continuación, se describen cada una de los experimentos realizados:

*i) Exposición a condiciones climáticas*

Los barnices se colocaron en diferentes soportes que incluyeron madera lisa, corteza de árboles, metal, paredes y cerámicos. Se realizó una observación visual a diferentes tiempos (1, 7 y 30 días) de los cambios estructurales del barniz frente a humedad, y temperatura.

*ii) Hidrofobicidad*

La hidrofobicidad del barniz se realizó mediante la determinación del ángulo de contacto. Para ello, una gota de 14  $\mu\text{l}$  de agua fue depositada con una micropipeta sobre un portaobjetos barnizado. El ensayo se realizó a temperatura ambiente de 20 °C. Durante la medición se tomaron fotografías de la gota en un tiempo fijo y se midió el ángulo que se forma entre la superficie del barniz y la gota. Para el análisis de las imágenes se utilizó el programa Image J (Ajab y AL-Mamori, 2021). El ensayo se realizó al menos cinco veces para lograr reproducibilidad.

*iii) Tiempo de secado*

El tiempo de secado se midió con cronómetro para los distintos sistemas mencionados.

*iv) Pruebas de cubrimiento y penetración*

Para la prueba de cubrimiento 3 mL de barniz fueron pincelados en los soportes, midiendo el área de aplicación ( $\text{cm}^2$ ). La prueba se realizó por triplicado. La penetración del barniz se determinó midiendo el ancho de la franja de colocación del barniz desde el exterior hacia el interior de la muestra.

### ENCUENTRO N° 3: Prueba a barnices

La elección final del barniz se realizó en conjunto con los estudiantes de acuerdo con el costo-características concluyentes del producto. En este encuentro, se evaluó el ataque de agentes corrosivos en superficies barnizadas. Finalmente, se realizó microscopía electrónica de barrido (SEM) a las superficies barnizadas y sin barnizar, en el laboratorio de la empresa WindSA (San Francisco, Córdoba).

### ENCUENTRO N° 4: Cierre de la actividad

Con el objetivo de conocer algunos aspectos del aprendizaje de la actividad se efectuó una breve encuesta para mejorar los posibles encuentros futuros.

## Resultados

Los principales resultados y discusión se realizan de acuerdo a lo que se logró en cada encuentro.

### ENCUENTRO N° 1: Presentación de la actividad y elección del diluyente.

Del análisis de los estudiantes, se pudo concluir que la toxicidad de los diluyentes con los que se trabajó es parecida. El costo de uno de los disolventes imposibilitó su posterior uso. Asimismo, otro solvente se descarta ya que no disuelve completamente al polímero. Respecto al acetato de etilo demostró muy buenos resultados, aunque no es conveniente utilizarlo como único disolvente por ser un reactivo regulado por RENPRE. En ese sentido, es imprescindible la elaboración de barnices empleando mezcla de solventes.

### ENCUENTRO N° 2: Preparación y caracterización de los barnices.

Los estudiantes trabajaron con 3 barnices previamente seleccionados por el equipo coordinador teniendo en cuenta los aspectos derivados del primer encuentro. La Tabla 1 presenta los resultados que se obtuvieron de cada barniz

Tabla 1. Características de los barnices elaborados.

		Características		
		Barniz 1	Barniz 2	Barniz 3
<b>Composición</b>	Poliestireno (g)	10	10	12,5
	Acetato de etilo (mL)	50	55	50
	Solvente 1 (ml)	-	5	7
	Solvente 2 (ml)	-	-	13
<b>Disolución</b>		Homogénea	Homogénea	Homogénea
<b>Brillo</b>		Mate	Semi mate	Brillante
<b>Impermeabilidad</b>		Sí	Sí	Sí
<b>Tiempo de secado (min)</b>		1-2	1-5 (depende de la superficie)	2
<b>Fluidez</b>		Mayor fluidez que barnices comerciales	Menor fluidez que barnices comerciales	Igual fluidez que barnices comerciales
<b>Absorción</b>		Buena	Buena	Excelente
<b>Opacidad</b>		Transparente	Translúcido	Opaco
<b>Precio/litro (\$/L)</b>		540	735	580

Las pruebas proporcionaron una suficiente y clara demostración de la eficiencia de barnices, en cuanto a acabado y apariencia, además el barniz 3 demostró aportar buen brillo e impermeabilidad a diferentes superficies. Asimismo, se observó que luego de 24 h, el aspecto de la superficie barnizada no se ve modificado. En cuanto a la hidrofobicidad, se obtuvo un ángulo de contacto de  $60,21 \pm 2,827^\circ$  para el barniz 3 resultando en barnices de mojabilidad intermedia. Por otro lado, poseen un secado muy rápido comparado con los comerciales cuyos tiempos oscilan entre 0,5 y 4 h (Tabla 1). En la figura 1 se observan imágenes del trabajo realizado en el laboratorio durante el segundo encuentro, el barniz que se obtuvo, y de su uso en distintos soportes.

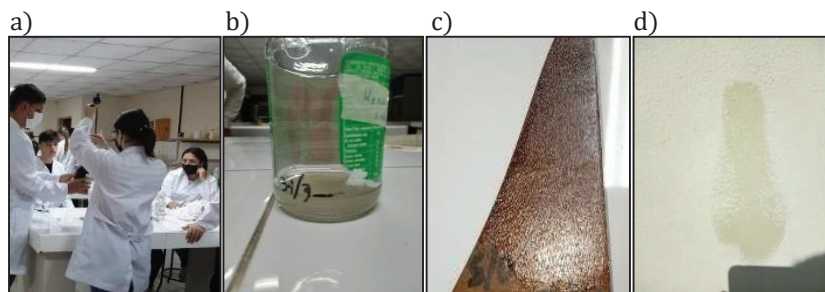


Figura 1. a) trabajo de los estudiantes durante el segundo encuentro, b) barniz 2; c) superficie de madera lisa pintada con barniz 1; d) superficie rugosa pintada con barniz 3.

#### ENCUENTRO N° 3: PRUEBA A BARNICES.

Una vez finalizadas las actividades, el equipo coordinador concluyó que el barniz 3 es la mejor opción desde el punto de vista de su performance, su costo y su impacto medioambiental.

Además, se puede observar en la Figura 6 que el barniz ofrece una capa protectora frente al ataque de sustancias corrosivas ya que en la fig. 6 b) se puede observar que luego de 24 horas el ácido clorhídrico y el hidróxido de amonio marcaron el barniz, pero al lijar en la zona se aprecia que la madera no fue afectada. Por otra parte, el hidróxido de sodio y el ácido fosfórico no afectaron ni a la madera ni al barniz.

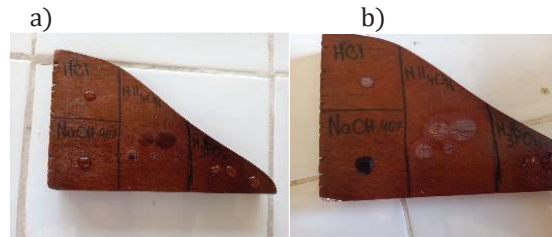


Figura 2. Aplicaciones de sustancias corrosivas a maderas barnizadas.  
a) 1 hora después de la aplicación; b) 24 horas después de la aplicación.

Finalmente, se observó la morfología de las superficies barnizadas mediante SEM. Se pueden apreciar partículas de poliestireno de tamaños entre 20  $\mu\text{m}$  y 80  $\mu\text{m}$  (Figura 3).

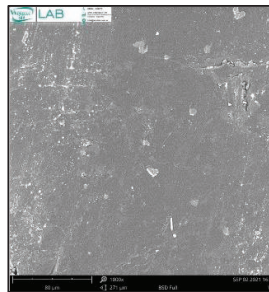


Figura 3. Micrografía de un barniz obtenida por SEM  
Escala: 80  $\mu\text{m}$ . Aumento 1000x.

#### ENCUENTRO N° 4: CIERRE DE LA ACTIVIDAD

De las encuestas, se pudo ver que más del 80% no conocía sobre los materiales trabajados y elementos utilizados. Por otro lado, el 83,3% de los estudiantes mostraron interés por el barniz elaborado y el conocimiento que adquirido. Esto alienta a querer continuar formando profesionales comprometidos con el medio ambiente, y seguir generando actividades sobre materiales. Los estudiantes dejaron distintos comentarios sobre los encuentros y cómo fue su proceso de enseñanza- aprendizaje durante los mismos, mostrando la importancia de darle continuidad a este proyecto (Figura 4).

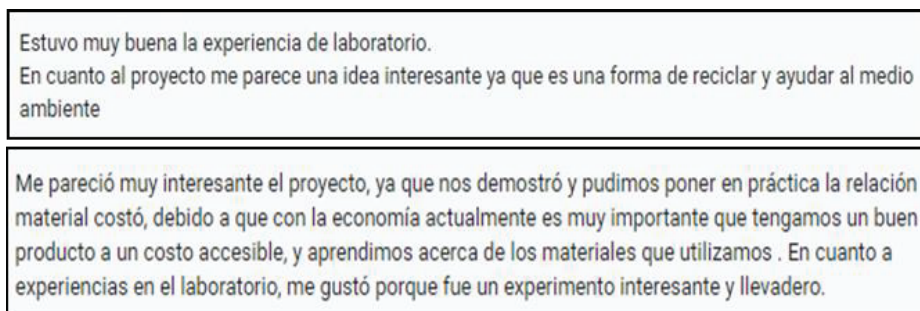


Figura 4. Comentarios de los estudiantes en relación a la actividad

## Conclusiones

La utilización de poliestireno expandido recuperado para la creación de barnices demostró tener muy buenos resultados. Se observaron propiedades similares a los barnices comerciales y se aportó una posible solución del manejo de este tipo de residuo polimérico ante la preocupación social por el cuidado del medio ambiente. En este trabajo se fomentaron pequeñas acciones que generan un impacto en la sociedad. Por otro lado, las actividades resultaron interesantes tanto para docentes como estudiantes, cultivando responsabilidad social, ambiental y de trabajo conjunto.

Se impulsó el proceso de enseñanza-aprendizaje con resultados muy satisfactorios para todos los actores, quedando en evidencia el interés de los estudiantes en este tipo de actividades y sus implicancias. Teniendo en consideración el tiempo acotado en que se llevaron a cabo estas actividades, sus excelentes resultados alientan a continuar fomentando al reciclado y la reutilización de los materiales, así como también la sensibilización por el cuidado de nuestro ambiente.

Por otra parte, se agradece a la UTN por la financiación del proyecto PID (MSPPASF0008467) en el marco del cual se realizó este trabajo. A la Secretaría de Asuntos Estudiantiles (SAE) por las becas a los estudiantes. A la empresa WINDSA por su colaboración en este proyecto.

## Referencias

1. AJab, J., & AL-Mamori, M. H. (2021). Easy and Simple Method to Measure Contact Angle of Polymer/Solution.
2. Sánchez, H. A. C., Pérez, A. L. M., & Santana, N. T. (2018). Aprendizaje de la química: Aplicación de casos de la ciencia en la educación superior. *Atenas*, 4(44), 109-126.
3. Vargas, A. A. (2019). Generación de un barniz protector de madera a partir de residuos de poliestireno (estereofón). *Revista de Ciencia y Tecnología*, 35(1).
4. Zorrilla, E., Quiroga, D., Morales, L., Mazzitelli, C., & Maturano, C. (2020). Reflexión sobre el trabajo experimental planteado como investigación con docentes de Ciencias Naturales. *Ciencia, docencia y tecnología*, (60), 263-285.