



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,  
Volumen 8, Número 4.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4)

**ELABORACIÓN DE AGLOMERADOS  
PARTICULADOS A PARTIR DEL RECICLAJE  
DE ENVASES MULTICAPA REFORZADOS  
CON PET-PP**

**PREPARATION OF PARTICULATE AGGLOMERATES  
FROM THE RECYCLING OF MULTILAYER CONTAINERS  
REINFORCED WITH PET-PP**

**Ruth Anacleto Morales**

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, México

**Ma. De los Ángeles Enríquez Pérez**

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, México

**Jaime Rosales Davalos**

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, México

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13180](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13180)

## Elaboración de Aglomerados Particulados a Partir del Reciclaje de Envases Multicapa Reforzados con PET-PP

**Ruth Anacleto Morales<sup>1</sup>**[ruthanacletomorales@gmail.com](mailto:ruthanacletomorales@gmail.com)<https://orcid.org/0009-0005-1931-5314>Tecnológico de Estudios Superiores de  
Jocotitlán TecNMDepartamento de Ingeniería en Materiales  
México**Ma. De los Ángeles Enríquez Pérez**[angelenriper@gmail.com](mailto:angelenriper@gmail.com)<https://orcid.org/0000-0002-2280-0661>Tecnológico de Estudios Superiores de  
Jocotitlán. TecNMDepartamento de Ingeniería en Materiales  
México**Jaime Rosales Davalos**[jaimerd59@gmail.com](mailto:jaimerd59@gmail.com)<https://orcid.org/0000-0002-9059-6893>Tecnológico de Estudios Superiores de  
Jocotitlán. TecNMDepartamento de Ingeniería en Mecatrónica  
Química  
México

### RESUMEN

El presente trabajo se analiza la proporción ideal para obtener aglomerados particulados, a partir del reciclaje de envases multicapas (contiene 75% de cartón, 20% de polietileno y 5% de aluminio) postconsumo, reforzados con tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP), con la finalidad de contribuir a reducir la generación de residuos. La metodología consiste en la limpieza y secado de la materia prima, posteriormente se muele hasta obtener un tamaño de partícula de 3mm aproximadamente; se homogenizan los materiales y finalmente, se realiza un prensado en caliente, durante este proceso el refuerzo se funde, permitiendo una mejor adherencia de los componentes. Para las pruebas físico-mecánicas se usa como referencias la Norma NMX-C-013-1978, ASTM D 1037-12 y NMX-C-036-ONNCCE-2013. Se obtienen aglomerados ligeros duros al tacto, pueden ser cortados y taladrados sin presencia de grietas, son ignífugos, hidrofóbicos y poseen una resistencia de ruptura de  $110.4 \text{ kg/cm}^2$  (10.83MPa), se comportan como un material dúctil con memoria de forma. Los materiales obtenidos pueden ser utilizados en la construcción de interiores o como soportes catalíticos para la degradación de colorantes orgánicos.

**Palabras clave:** aglomerado particulado, memoria de forma, muros falsos, soportes catalíticos

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [ruthanacletomorales@gmail.com](mailto:ruthanacletomorales@gmail.com)

# Preparation of Particulate Agglomerates from the Recycling of Multilayer Containers reinforced with PET-PP

## ABSTRACT

The present work analyzes the ideal proportion to obtain particulate agglomerates, from the recycling of postconsumer multilayer packaging (contains 75% cardboard, 20% polyethylene and 5% aluminum), reinforced with polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP). ), with the aim of contributing to reducing the generation of waste. The methodology consists of cleaning and drying the raw material, then grinding it until obtaining a particle size of approximately 3mm; the materials are homogenized and finally, hot pressing is carried out. During this process the reinforcement melts, allowing better adhesion of the components. For physical-mechanical tests, Standard NMX-C-013-1978, ASTM D 1037-12 and NMX-C-036-ONNCCE-2013 are used as references. Light agglomerates are obtained that are hard to the touch, they can be cut and drilled without the presence of cracks, they are fireproof, hydrophobic and have a breaking strength of 110.4 kg/cm<sup>2</sup> (10.83MPa), they behave like a ductile material with shape memory. The materials obtained can be used in the construction of interiors or as catalytic supports for the degradation of organic dyes.

**Keywords:** particulate agglomerate, shape memory, false walls, catalytic supports

*Artículo recibido 10 julio 2024  
Aceptado para publicación: 15 agosto 2024*



## INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) ha seguido las tendencias de urbanización, crecimiento económico e industrialización de los países; debido a esto las cifras han ido en ascenso, convirtiéndose en una preocupación, que de no ser controlada puede generar un riesgo para la población y el ecosistema. Eliminar los residuos no es una tarea fácil ya que se deben seguir una serie de pasos que van desde la recolección, transporte, tratamiento y disposición final (Valle del Bosque, 2005).

Durante la recolección, los residuos pueden ser destinados a distintos procesos de transformación: reciclaje, aprovechamiento energético, elaboración de compostas, recuperación de biogás, producción de combustibles alternos. Cuando este aprovechamiento no es posible, la incineración y los rellenos sanitarios se vuelven las únicas alternativas (Comisión mexicana de infraestructura ambiental, 2003); (Guerra & Baca-Cajas, 2022).

Por lo que, se han buscado alternativas que ayuden a mermar la generación de residuos y sean aprovechados en su mayoría. De acuerdo a La Ley General Para La Prevención y Gestión Integral De Los Residuos (Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos, 2023) en su artículo 5, fracción XXVI, define *reciclado* a “la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final siempre y cuando esta restitución favorezcan ahorro de energía y materias primas sin prejuicios para la salud, los ecosistemas o sus elementos”. Es decir, el reciclaje promueve la reutilización y transformación de los residuos para incluirlos nuevamente a los procesos productivos con una función distinta, tal y como se plantea en la economía circular donde se propone compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende y no se generan residuos (Da Costa, 2022).

En México, una persona produce casi 1 kilo de residuos sólidos al día y en total, se generan 42 millones de toneladas al año, lo equivalente a 231 veces el estadio más grande de México. De los millones de toneladas de basura que se producen, el 70% termina en rellenos sanitarios (Gobierno de México, 2022).

A nivel nacional, se estima que se generan 38 mil toneladas de residuos aprovechables mediante el reciclaje o la recuperación de energía; 56 mil 427 toneladas por día de residuos orgánicos que pueden

ser tratados mediante compostaje o biodigestión y 26 mil 779 de otros residuos que posiblemente sean aprovechables (Gobierno de México, 2023) .

En México, el consumo nacional de envases PET es de 860, 000 toneladas al año. En 2023 se recuperó 540 mil toneladas, es decir, el 63%. En la mayor parte de envases recuperados, el 62.2% se destina para fabricar nuevas botellas grado alimenticio y no alimenticio, mientras, el 30.3% se emplea en la fabricación de otro tipo de envases y empaques, así como para otras aplicaciones y el 7.5% restante se usa en la producción de fibras (ECOCE, 2024).

Mientras que la recolección de envases multicapa aumento un 7% a nivel mundial en 2023, lo que equivale aproximadamente a 1.3 millones de toneladas de envases recolectados y enviados para reciclaje (Tetra Pak, 2024).

El reciclaje de envases multicapa suele dividirse en dos: separación de sus componentes (cartón, polietileno y aluminio). El polialuminio es usado para la fabricación de muebles, láminas de techo; la celulosa recuperada se emplea en la elaboración de los derivados de papel (Galeana, 2022) y para la fabricación de aglomerados con propiedades similares o mejores a la madera (Enríquez, Rosales, López, & Castrejón, 2017)

Diversos autores han dedicado el estudio a los aglomerados de partículas, debido a que son una oportunidad para aprovechar los residuos sólidos que en su mayoría son desperdiciados o incinerados (Garay, MacDonald, Acevedo, Calderón, & Araya, 2009); (Moreno, y otros, 2005); (Rangel, Moreno, Trejo, & Valero, 2017); (Zambrano, y otros, 2013), han empleado residuos de madera acompañados de un adhesivo donde obtuvieron tableros aglomerados.

Por ejemplo, Chung reporta el uso de un material aglomerado que tiene la misma calidad y resistencia de productos fabricados con madera. Además de que este aprovechamiento de residuos sólidos contribuye al cuidado del medio ambiente (Chung, 2003).

En 2017, Rangel et al (Rangel, Moreno, Trejo, & Valero, 2017), determinaron las propiedades físico-mecánicas bajo la norma COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) y DIN (Instituto Alemán para la Normalización) para aglomerados de partículas hechos de madera de *Eucalyptus urophylla*; las propiedades mecánicas se cumple tanto el módulo de ruptura como la tensión perpendicular; sin embargo, los valores obtenidos de absorción de agua e hinchamiento no se cumplen

en su totalidad con lo establecido en la normativa, no obstante estos aglomerados pueden usarse en partes internas de muebles y gabinetes, como material de recubrimiento interno de casas prefabricadas; siempre y cuando el lugar no esté en contacto directo con la humedad.

Garay et al. (Garay, MacDonald, Acevedo, Calderón, & Araya, 2009), mencionan que los factores que determinan las propiedades de los tableros son: tipo de materia prima, tamaño, distribución y orientación de las partículas; además del tipo y calidad del proceso, así como el contenido de humedad durante el prensado y tratamientos de post-producción.

En 2021, Enríquez & Rosales (Enríquez & Rosales, 2021), evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de aglomerados hechos con envases multicapa (EM) particulados con tereftalato de polietileno (PET) y polietileno de baja densidad (PEBD) a una proporción de 90:10, el uso del refuerzo originó una mejor compactación de los materiales, disminuyó la absorción de agua y variación volumétrica, aumentó la resistencia a la compresión; son aglomerados ecológicos que no generan y reducen RSU.

Enríquez et al. (Enríquez P., Rosales D., & Castrejón S., 2021), elaboraron aglomerados reforzados con polietileno de baja densidad (PEBD), cuando la proporción de polímero se incrementa en el aglomerado, tanto el módulo de ruptura como el esfuerzo de compresión son mayores, aunque esta tendencia no se vea reflejado en la prueba de mecanizado, ocurre lo contrario, cuanto menor es la proporción de PEBD, más fácilmente es el mecanizado (Enríquez P., Rosales D., & Castrejón S., 2021)

Por eso, este trabajo describe la elaboración de aglomerados fabricados a partir de 3 tipos de residuos sólidos: envases multicapa (compuesto por cartón, polietileno y aluminio) reforzados con dos polímeros termoplásticos, tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP), se obtienen aglomerados de 12\*23\*2 cm, controlando variables como: proporción p/p, temperatura, tiempo y presión durante el proceso de termoformado; posteriormente se evaluaron propiedades físico-mecánicas que dictaminaron la viabilidad de su uso en la construcción de interiores y/o exteriores de paredes, muros falsos, plafones.

## METODOLOGÍA

Se recolectó la materia prima (envases de multicapa (EM), tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP)), se lavó y seco a temperatura ambiente. Con un molino se tritura el material, el tamaño de partícula de los EM fue de 3 mm, del PET y PP oscilo entre 3 a 5 mm. Posteriormente, se pesa el material según la proporción p/p, ver tabla 1.

Los componentes se mezclan y se colocan dentro del molde con medidas de 12\*23\*2 cm., en el cual se lleva a cabo el proceso de termoformado. Las condiciones de operación para la obtención de aglomerados son: temperatura de 180°C a 230°C, presión aproximada de 5N y un tiempo de 40 minutos, después se deja enfriar a temperatura ambiente, y finalmente se retira. El procedimiento descrito, ha sido reportado previamente (Enríquez Pérez, Rosales Davalos, López Ramirez, & Castrejon Sanchez, 2017).

**Tabla 1.** Proporción de aglomerados.

Bloque	%EM	% PET-PP
<i>P</i> <sub>1</sub>	100	0
<i>P</i> <sub>2</sub>	95	5
<i>P</i> <sub>3</sub>	90	10
<i>P</i> <sub>4</sub>	85	15
<i>P</i> <sub>5</sub>	80	20
<i>P</i> <sub>6</sub>	75	25

Para las pruebas físico-mecánicas se utilizaron la Norma NMX-C-013-1978 Paneles de yeso para muros divisorios plafones y protección contra incendios, ASTM D 1037-12 Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials y la norma NMX-C-036-ONNCCE-2013 establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión; es aplicable a los bloques, tabiques o ladrillos, tabicones, celosías y adoquines de fabricación nacional y de importación, que se comercialicen en territorio nacional.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los aglomerados poseen una matriz homogénea, son ligeros y duros al tacto. En la figura 1, se muestra la apariencia física del material obtenido.

**Figura 1.** Aglomerados obtenidos



En la tabla 2, se muestra la densidad y humedad de los aglomerados, cuando un aglomerado es reforzado tiende a aumentar su peso; por lo tanto, puede mejorar sus propiedades físicas y mecánicas; debido a que hay mayor interacción entre los materiales, obteniendo aglomerados más compactos (Enriquez & Rosales, 2021).

**Tabla 2.** Densidad de los aglomerados.

<b>Aglomerado</b>	<b>Densidad (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>% Humedad</b>
<i>P<sub>1</sub></i>	977.3	4.90
<i>P<sub>2</sub></i>	1,002.7	4.76
<i>P<sub>3</sub></i>	865.9	4.17
<i>P<sub>4</sub></i>	891.7	4.37
<i>P<sub>5</sub></i>	1,402.9	4.28
<i>P<sub>6</sub></i>	1,062.4	4.40

Sin embargo, este comportamiento no se cumple en su totalidad, debido a que no existe una relación entre la densidad y la composición p/p de los materiales. Esta variación podría deberse a dos factores:

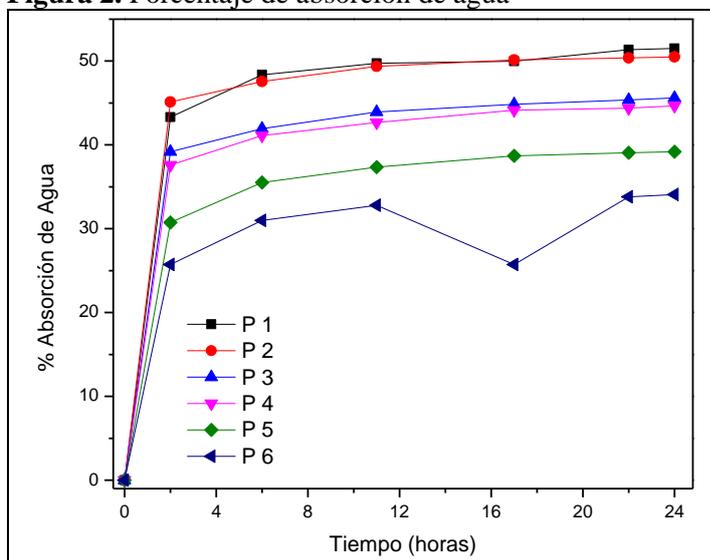
1. Presión aplicada durante el prensado, la densidad está influenciada por la compactación de las partículas dentro del aglomerado durante la conformación; por lo que la presión aplicada dentro del prensado influye en la densidad de material terminado (Buitrago, Henao, Ayala, & Mejía, 2012); (Rocha, Lehmann, & Boone, 1974); (Zambrano, y otros, 2013). El proceso se lleva a cabo manualmente, con la ayuda de un gato hidráulico, al no controlar la presión aplicada se tiene una variación en la densidad del aglomerado.

2. Humedad relativa presente, influye en el peso final del material (Dettmer & Smith, 2015), no hay una relación en función a la proporción p/p entre la materia prima para la obtención del aglomerado. Por lo que, la densidad de los aglomerados es una medida de compactación individual de una partícula dentro del material; es dependiente de la densidad de la materia prima y la presión aplicada durante el prensado (Rocha, Lehmann, & Boone, 1974).

La absorción de agua y estabilidad dimensional, son propiedades físicas que permiten conocer el comportamiento de los aglomerados en condiciones de alta humedad, para saber si pueden ser usados en exteriores, se sumergió el material en agua por 24 horas, según la norma ASTM D 1037-12.

El comportamiento de la absorción de agua en los materiales se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Porcentaje de absorción de agua



En las primeras 2 horas, el aglomerado absorbe la mayor cantidad de agua; al aumentar la cantidad de refuerzo decrece la absorción de agua.  $P_6$  absorbe 26% mientras que  $P_1$  absorbe 43%. A las 24 horas  $P_6$  absorbió hasta un 34% y  $P_1$  51%.

Cuando el material es reforzado existe una disminución en la porosidad del material; por lo tanto, hay una menor cantidad de espacios vacíos entre los materiales que conforman el aglomerado, lo que impide la absorción de agua en el material (Rangel, Moreno, Trejo, & Valero, 2017).

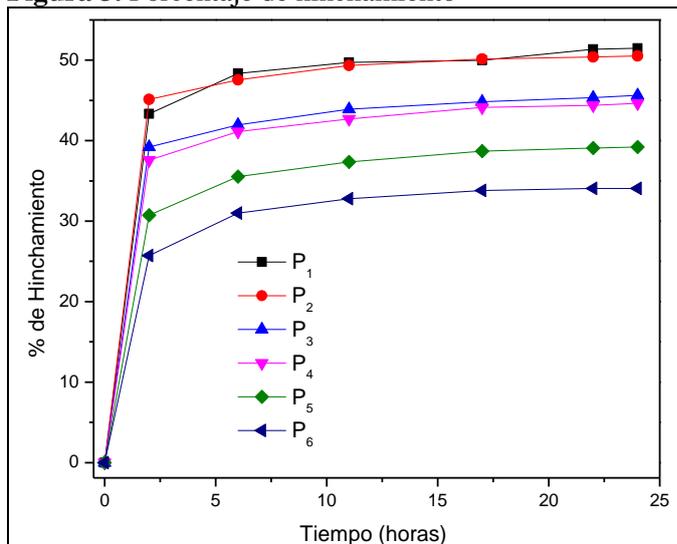
La norma ASTM D 1037-12 estipula que los aglomerados pueden tener una absorción de agua de 25 a 60% entre las 2 y 24 horas respectivamente. Durante las primeras 2 horas de la prueba, ninguna de las muestras obtenidas cumple con lo solicitado por la normativa; sin embargo, al cabo de las 24 horas

todas cumplen.

Estos aglomerados, no pueden ser usados en el exterior; sin embargo, pueden ser utilizados en interiores o como soporte catalítico en la degradación de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales (Enríquez, Castrejón, Rosales, & Mendez, 2019).

En la figura 3, se muestra la variación de volumen con respecto al tiempo de inmersión en agua.

**Figura 3.** Porcentaje de hinchamiento



Los aglomerados  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  absorbieron la mayor cantidad de agua, por lo tanto, presentaron mayor hinchamiento. La norma solicita una variación, no mayor a 6% y 15% a 2 horas y 24 respectivamente. Ninguno de los materiales cumple con lo requerido a las 2 horas, pero a las 24 horas los aglomerados  $P_4$  y  $P_6$  están dentro del valor máximo.

Independientemente del tiempo de inmersión el incremento del refuerzo produce una disminución en la absorción de agua, hay un mayor contacto entre las partículas disminuyendo la porosidad en el aglomerado; por lo tanto, hay una menor cantidad de espacios vacíos entre los materiales al obtener un mayor contacto entre las partículas, se produce una disminución en la porosidad del aglomerado, lo que impide la penetración del agua (Rangel, Moreno, Trejo, & Valero, 2017); (Zambrano, y otros, 2013). Los resultados del ensayo de compresión se muestran en la tabla 3, todos los aglomerados cumplen con la norma mexicana NMX-C-36-ONNCCE-2013, por lo que son aptos para usarse en la construcción de muros falsos. Algunos autores mencionan que tener altas densidades provocan una disminución en la resistencia de los aglomerados (Zambrano, y otros, 2013), fenómeno que no sucede con el material obtenido; ya que no hay variaciones significativas entre estos independientemente de la cantidad del

refuerzo.

**Tabla 3.** Resultados del ensayo de compresión.

Aglomerado	Resistencia a la compresión	
	$Kg/cm^2$	Mpa
$P_1$	115.40	11.32
$P_2$	110.30	10.82
$P_3$	110.90	10.88
$P_4$	110.50	10.83
$P_5$	110.50	10.84
$P_6$	110.10	10.80

Los aglomerados poseen buena resistencia a la deformación, son materiales dúctiles; es decir, poseen una zona elástica que permite volver a su estado original al retirar la fuerza aplicada (memoria de forma). Sin embargo, el aglomerado  $P_4$ , presentó una grieta en el borde después de la prueba (ver figura 4), debido a que no hay una buena interacción entre el material (Enríquez P., Rosales D., & Castrejón S., 2021) presentando grietas en las caras; por lo que se descarta para ser usado como muro falso.

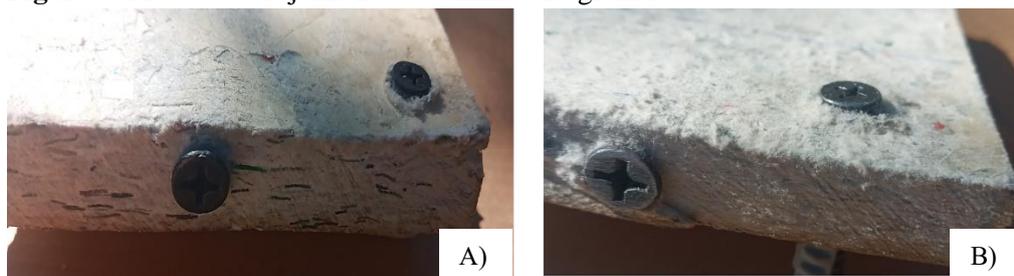
**Figura 4.** Grieta presente en el aglomerado (proporción 85-15%).



Independiente de su proporción, los aglomerados son:

- Hidrofóbicos.
- Ignífugos (no propagan el calor, solo se carbonizan).
- Cuando se retira el agua contenida de los aglomerados, al exponerlos al sol, retoman su peso inicial.
- Pueden ser mecanizados, taladrados y lijados sin alterar su estructura, ver figura 5.

**Figura 5.** Prueba de alojamiento de tornillo en aglomerados.



A) Aglomerado con refuerzo; B) Aglomerado sin refuerzo

## CONCLUSIONES

En la obtención de aglomerados particulados, la combinación de EM, PET y PP es compacta; sin embargo, aumentar la cantidad de refuerzo aumenta la densidad y disminuye la absorción de agua.

Todos los aglomerados cumplen con la norma NMX-C-36-ONNCCE-2013, pero no todos cumplen con la norma ASTM D 1037; por lo que, su uso en la construcción es limitado, sin embargo, pueden ser empleados como soportes catalíticos para la degradación de colorantes; debido a que pueden ser taladrados, cortados, lijados, sumergidos en agua sin que sufran alteraciones en su estructura.

Se recomienda reducir el tamaño de partícula del material de refuerzo, para disminuir su densidad y a su vez, el aglomerado mejoraría propiedades de absorción de agua y porcentaje de hinchamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Buitrago, B., Henao, P., Ayala, O., & Mejía, P. (2012). Particle boards made of sawdust with waste materials as reinforcement (TAR). *Informador Técnico (Colombia)*, 84 - 92. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/282362404\\_Particle\\_boards\\_made\\_of\\_sawdust\\_wit\\_h\\_waste\\_materials\\_as\\_reinforcement\\_TAR](https://www.researchgate.net/publication/282362404_Particle_boards_made_of_sawdust_wit_h_waste_materials_as_reinforcement_TAR)

Chung, A. (2003). Tectán. Reciclado tetra pack. *Indiutrial data*, 6(1), 83-85. doi: <https://doi.org/10.15381/idata.v6i1.5988>

Comisión mexicana de infraestructura ambiental. (2003). *La basura en el limbo: desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos*. México. Recuperado el 20 de Enero de 2024, de [http://centro.paot.org.mx/documentos/varios/basura\\_limbo.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/varios/basura_limbo.pdf)

Da Costa, P. (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*, 1-18. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571169753001>

- Dettmer, J., & Smith, G. (2015). Comparing Properties of North American Manufactured Particleboard and Medium Density Fiberboard - Part I: Particleboard. *BioResources*, 6014-6031. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/282470882\\_Comparing\\_Properties\\_of\\_North\\_American\\_Manufactured\\_Particleboard\\_and\\_Medium\\_Density\\_Fiberboard\\_-\\_Part\\_I\\_Particleboard](https://www.researchgate.net/publication/282470882_Comparing_Properties_of_North_American_Manufactured_Particleboard_and_Medium_Density_Fiberboard_-_Part_I_Particleboard)
- ECOCE. (Abril de 2024). *ECOCE*. Obtenido de [https://www.ecoce.mx/cifras\\_y\\_estadisticas](https://www.ecoce.mx/cifras_y_estadisticas)
- Enríquez P., M. A., Rosales D., J., & Castrejón S., V. H. (2021). Obtención de aglomerados particulados a partir del reciclaje de envases multicapa y polietileno de baja densidad. *Journal of urban and sustainable development*, 7(21), 1-6. doi: <http://dx.doi.org/10.35429/JUSD.2021.21.7.1.6>
- Enríquez Pérez, M., Rosales Davalos, J., López Ramirez, R., & Castrejon Sanchez, V. (2017). Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 27-31. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales/vol3num10/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales\\_V3\\_N10\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol3num10/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V3_N10_4.pdf)
- Enriquez, M. A., & Rosales, J. (2021). Propiedades físicas-mecánicas de aglomerados de envases multicapas. *ECORFAN*, 117-122. doi: <http://dx.doi.org/10.35429/H.2021.11.117.122>
- Enríquez, M. A., Castrejón, V. H., Rosales, J., & Mendez, J. (2019). Elaboración de un fotocatalizador flotante basado en un compuesto de TiO<sub>2</sub>/aglomerado para tratamiento de contaminantes orgánicos usando luz solar. *Revista de energía química y física*, 6(20), 7-13. doi: <http://dx.doi.org/10.35429/JCPE.2019.20.6.7.13>
- Enríquez, M. D., Rosales, J., López, R., & Castrejón, V. H. (2017). Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados. *Revista de ciencias ambientales y recursos naturales*, 3(10), 27-31. Obtenido de [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales/vol3num10/Revista\\_de\\_Ciencias\\_Ambientales\\_y\\_Recursos\\_Naturales\\_V3\\_N10\\_4.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol3num10/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V3_N10_4.pdf)
- Galeana, G. (2022). Envases multicapa: disposición y alternativas de tratamiento. *RD-ICUAP*, 8(22), 46-59. doi: <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2022.23.805>



- Garay, R. M., MacDonald, F., Acevedo, M. L., Calderón, B., & Araya, J. E. (2009). Particleboard made with crop residues mixed with wood from *Pinus Radiata*. 4(4), 1396-1408. doi: <http://dx.doi.org/10.15376/biores.4.4.1396-1408>
- Gobierno de México. (18 de Mayo de 2022). *Procuraduría federal de la protección al ambiente*. Obtenido de <https://www.gob.mx/profepa/articulos/dia-mundial-del-reciclaje-302147?idiom=es>
- Gobierno de México. (08 de Septiembre de 2023). *Secretaría de medio ambiente y recursos naturales*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/sabes-a-donde-van-a-parar-los-residuos-que-generamos-dia-con-dia?idiom=es>
- Guerra, A., & Baca-Cajas, K. A. (2022). Generación de residuos sólidos urbanos (RSU): análisis de una década de gestión de países de Europa y América. *Revista ecuatoriana de medicina y ciencias biológicas*, 42(1), 49-61. doi: <https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919>
- Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos (8 de Mayo de 2023). Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Moreno, P., Durán, J., Garay, D., Will, S., Trejo, S., & Nieto, R. (2005). Utilización de la madera de ramas de *fraxinus americana* (fresno) en la fabricación de tableros de partículas. *Theoria*, 14(2), 57-64. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29914207>
- Rangel, L., Moreno, P., Trejo, S., & Valero, S. (2017). PROPIEDADES DE TABLEROS AGLOMERADOS DE PARTÍCULAS FABRICADOS CON MADERA DE *Eucalyptus urophylla*. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 19(3), 373 - 386. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000032>
- Rocha, B., Lehmann, W., & Boone, R. S. (1974). How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. 24(12), 37-45. Obtenido de <https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf1974/vital74a.pdf>
- Tetra Pak. (2024). *Sustainability Report FY23*. Reporte, Tetra Pak. Obtenido de <https://indd.adobe.com/view/8301e785-df68-4ec1-b305-ae11005cbc75>
- Valle del Bosque, G. (15 de Julio de 2005). La gestión integral sustentable de los residuos sólidos urbanos diagnóstico y evaluación para la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Zambrano, L., Moreno, P., Muñoz, F., Duran, J., Garay, D., & Valero, S. (2013). Tableros de partículas fabricados con residuos industriales de madera de *Pinus patula*. *Madera y Bosques*, 19(3), 65-80. doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2013.193328>

