

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE MATERIALES RECICLADOS

Posluszny José, García Nora, Kolodziej Sebastián*, Posluszny Lucio,
Sadaniowski Julio.

*Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería.
Juan Manuel de Rosas 325. (3360) Oberá – Misiones – Argentina. posluj@fio.unam.edu.ar*

RESUMEN.

En el presente trabajo se presenta el método que se utilizó para la elaboración de un material a partir de la reutilización de envases multilaminados que son desechados por los consumidores y de los residuos generados en el proceso de elaboración de los mismos; como así también los ensayos que se realizaron con los mismos para determinar sus propiedades. Para llevar a cabo este estudio primeramente se definieron los tipos de probetas requeridas para poder realizar las pruebas siguiendo un procedimiento normalizado y en base al equipamiento que se encuentra disponible. Las muestras se fabrican mediante el método de extrusión bajo temperatura, el cual consiste en realizar una molienda del material a reciclar, y luego colocarlo en una extrusora que funde y aglutina el material, el que finalmente es colocado en los moldes construidos para obtener la probeta especificada. Posteriormente se fabricaron distintas muestras para ensayarlas, las cuales se realizaron en diversas formas y tamaños, de manera de seguir el procedimiento de prueba especificado por norma. Hasta el momento se realizaron tres ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de las muestras elaboradas para posteriormente estipular posibles usos para el material obtenido. En esta etapa se están realizando los demás ensayos con variedades de formas y tamaños, de manera de seguir el procedimiento de prueba especificado por norma. Una vez obtenidos los resultados de todos los ensayos, se establecerá el material más óptimo para la elaboración de un nuevo producto. Con la obtención de nuevos productos a partir de envases multilaminados, un residuo sólido urbano abundante y de muy difícil degradación, se pretende ayudar a la mitigación de la contaminación ambiental, así como dar valor agregado a un material que actualmente se considera un desperdicio.

Palabras Claves: Envases Multilaminados, Reutilización, Perfiles por Extrusión, Nuevo Material

ÁREA TEMÁTICA

E-Innovación y Gestión de Productos.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la elevada contaminación que se genera en los últimos tiempos por la actividad que realiza el hombre, se ha ido tomado conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente. La crisis energética y al progresivo encarecimiento de las materias primas que se han experimentado en los últimos años también ha sido una gran preocupación, a lo que se suma la elevada contaminación que se genera por la actividad propia del hombre. Todo esto produjo grandes avances en las prácticas ambientales y en la indagación de diferentes alternativas para disminuirlo. Lo que ha llevado principalmente a considerar la posibilidad de recuperar materiales existentes a través del reciclado [1].

Uno de los materiales de mayor consumo en la zona son envases de papel multilaminados, debido a las excelentes características y funciones que poseen. Gran parte de estos materiales son utilizados en los envases de productos alimenticios y en los últimos tiempos en los envases para yerba mate. El problema que presentan es que una vez utilizados no son tratados, sino que están siendo desechados por los consumidores. Estos envases que son descartados tienen posibilidades de convertirse en otros productos que pueden ser utilizados en diferentes aplicaciones, mediante la realización de diferentes mecanismos de reciclado. Por otra parte, las empresas productoras de estos materiales generan grandes volúmenes de residuos, que requiere de un espacio físico extra para su ubicación. Lo que genera un costo a la empresa por disponer de un espacio inutilizado que solo permite almacenar un material que no se está siendo aprovechado. El desarrollo del proyecto pretende utilizar materiales que hasta el momento son considerados como residuos y aprovecharlos para la realización de otros productos. Con ello se pretende incentivar un mayor compromiso ambiental por parte de las empresas que generan estos residuos, como así también dar valor agregado a un desperdicio, ya que la valorización, en particular en lo que hace a los residuos industriales, es la clave para dar un vuelco a esta situación, refiriendo a la creciente generación de residuos [2].

2. MÉTODO UTILIZADO PARA LA FABRICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Para elaborar las muestras del material en estudio se utiliza el método de extrusión bajo temperatura mediante el cual se realizan las probetas que posteriormente serán sometidas a ensayos para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

El proceso de obtención de los perfiles comienza en la máquina trituradora donde se realiza la molienda de los residuos en pequeños segmentos, facilitando luego el proceso de extrusión. Una vez triturado el material pasa a una máquina extrusora calefaccionada en la cual se produce la fusión del material y se forma una mezcla con las especificaciones requeridas para el perfil deseado. La pasta que se forma avanza por la extrusora hasta la salida donde se encuentra la matriz que da forma al perfil.

Si es necesario lograr mayor aglutinamiento del material y otorgarle una coloración uniforme al producto resultante, se podrá colocar polietileno virgen o recuperado en esta parte del proceso y se le podrá dar el color deseado con colorantes.

Con la mezcla adecuada entre ambas cantidades se logra obtener el material con las especificaciones técnicas establecidas. Por lo tanto, es necesario realizar la mezcla apropiada de los distintos tipos de residuos utilizados como materia prima necesaria, para que en la elaboración del producto final se obtenga un material con las propiedades físicas y mecánicas apropiadas.



Figura 1 probetas obtenidas por extrusión bajo temperatura.

2.1 Ensayos realizados

Para determinar el comportamiento del material efectuado a partir de envases multicapas, se realizaron una serie de ensayos con las mediciones y procedimientos establecidos en la Norma ASTM [3]. Cabe mencionar que hasta el momento se han realizado solamente tres experimentos, pero se tiene fijado efectuar más ensayos y con mayor cantidad de muestras de manera de establecer de forma más aproximada las características de dicho material.

2.1.1 Absorción de Agua y Aumento de Volumen por Humedad.

Este ensayo se realizó con el objetivo de determinar el incremento en la masa del material cuando es sumergido en agua durante un tiempo establecido.

El contenido de humedad es la relación entre la masa de agua libre y la masa de partículas sólidas del material, que es expresada en porcentajes.

Primeramente se tomaron las dimensiones geométricas de la probeta y el peso de la misma. Estableciendo un peso Inicial de 219,2 gramos. Luego se efectuó la inmersión completamente en agua por un periodo de 2 horas para determinar los cambios volumétricos y pesar nuevamente para establecer la absorción de agua. Resultando con un peso de 220,3 gramos. Luego se volvió a sumergir por un periodo de 22 horas, midiendo nuevamente los valores de los parámetros pasado el tiempo estipulado. Quedando finalmente con 221,5 gramos.

Una vez obtenido los valores se determinó la humedad higroscópica de la siguiente manera:

$$\% \text{humedad Higroscópica} = [(A-B) \cdot 100] / A \quad (1)$$

Dónde:

A= peso de la muestra seca.

B= peso de la muestra húmeda.

Dando como resultado:

$$\text{Humedad higroscópica} = 1,05\% \quad (2)$$



Figura 2 Probeta sumergida en agua.

Antes de comenzar con lo descrito anteriormente, se sometió el material a temperaturas de 50°C durante un periodo de 24 horas con el fin de eliminar la humedad originaria y así poder determinar la higroscópica del material, que depende de la temperatura, la humedad y la microestructura del mismo.

Para determinar el porcentaje de absorción de agua y el aumento de volumen del material se siguió el procedimiento establecido según la Norma ASTM 1037-12.

2.1.2 Densidad

El segundo ensayo que se realizó tiene como objetivo determinar la densidad del material a ensayar. La cual dependerá de la estructura molecular de la muestra dependiendo de la composición porcentual de los materiales que la constituyen. Se resguardó la muestra para asegurar que estaría libre de humedad y cualquier agente contaminante para poder efectuar la medición correctamente.

Dicha norma establece que las condiciones de realización deben ser a 23°C, a 1 atm y 60% de humedad relativa.

Se midió y se registró las dimensiones de la muestra y el peso correspondiente.



Figura 3 Determinación de la densidad del material.

Para estipular la densidad del material se utilizó la siguiente ecuación:

$$\delta = (\text{Peso de la muestra}) / (\text{Área de la muestra}) \quad [\text{grs/cm}^3] \quad (3)$$

El equipo utilizado es un calibrador con capacidad para medir las dimensiones físicas del material y una balanza.

Para la realización de este ensayo se tuvo en cuenta las condiciones de descritas por el método de Volumen por Medición Dimensional de la Norma ASTM 2395-07.

2.1.3 Resistencia a la compresión.

Con el fin de determinar la resistencia a la compresión que posee el material se realizó el ensayo de dos muestras cilíndricas con las dimensiones establecidas por norma.

La dimensión de la probeta N°1 es D=7 cm y L=14,5cm; la probeta N°2 tiene el D=7cm y L=16,5cm.

Para utilizar estas medidas se tuvo en cuenta que la longitud no supere los 20cm y el diámetro sea la mitad de la longitud. Es importante que se verifique esto ya que a medida que la longitud de la probeta se aumenta, se presenta una tendencia creciente hacia la flexión de la pieza, con la consiguiente distribución no-uniforme de esfuerzos axiales y de flexión combinados, sobre una sección recta.

Para ello se aplicó una carga axial de compresión a una velocidad de carga preestablecida, hasta que se presentó la falla. La carga a la cual se rompió la primera probeta es de 3700kg, y la segunda probeta a 3900kg. El ensayo puede observarse en la Figura 3 y el material una vez realizado el experimento en la Figura 4 y 5:



Figura 4 Ensayo de resistencia a la compresión.



Figura 5 Rotura de la primer probeta.



Figura 6 Rotura de la segunda probeta.

Cabe mencionar que para realizar este ensayo se verificó que las superficies de los extremos de las probetas y de las caras de los bloques de apoyo estén completamente libres de cualquier clase de partículas que pudieran influir en la restricción friccional de las superficies de los extremos. El esfuerzo máximo a la compresión se determinó como se muestra en la Ecuación 4:

$$\sigma_{ult} = (4F_{ult}) / (\pi D^2) \quad [\text{MP}] \quad (4)$$

Dónde:

σ_{ult} = Esfuerzo de compresión último.

F_{ult} = Carga máxima a la que falla la probeta.

D = Diámetro de la probeta.

Dando como resultado $\sigma_{ult} = 9,16$ MP para la probeta N°1 y $\sigma_{ult} = 9,93$ MP para la N°2. Este ensayo también se realizó bajo el procedimiento establecido en la norma.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Actualmente se siguen realizando pruebas de distintas combinaciones de los componentes de los envases multilaminados siguiendo las pautas de un diseño experimental. También se evalúa el efecto de la presión de extrusión y temperatura sobre las propiedades físicas de los perfiles obtenidos. Con el fin de obtener la mezcla óptima y lograr las mejores propiedades físicas de los perfiles para su posterior utilización.

Se están realizando múltiples ensayos para fabricar los prototipos con distintas combinaciones de componentes de envases multilaminados, siguiendo la secuencia de un diseño experimental teniendo como limitante el equipo disponible para la realización del mismo. Observándose hasta el momento que mediante la trituración del envase, se logra una molienda fina que sirve para obtener un producto homogéneo. Por lo cual es necesario realizar este proceso de trituración, para además facilitar luego el proceso de extrusión.

En cuanto a la máquina extrusora, se puede observar que el tiempo de extrusión varía en función de la temperatura a la cual se realiza el proceso. Por otra parte, a mayor presión y temperatura se logran productos más homogéneos.

Para el ensayo de Absorción de Agua y Aumento de Volumen por Humedad se pudo observar que no hubo variaciones significativas en cuanto a la variación del volumen del material. Por otra parte también resultó importante medir el peso del material por el área del mismo ya que permite obtener un valor de la densidad que posee. Esto resulta significativo especialmente cuando se trata de materiales que van a ser usados o manipulados por personas, de esta manera se puede determinar las características físicas del material para otorgarle diferentes utilidades.

En cuanto al análisis de la resistencia a la compresión se pudo observar que para la probeta N°1 que poseía una longitud menor se rompió también a una carga menor, y la probeta N°2 con una longitud 2cm mayor se rompió a una mayor carga, resultando por lo tanto con una mayor resistencia a la compresión.

4. CONCLUSIONES.

Hasta el momento se llegaron a conclusiones en cuanto a la viabilidad de ciertas mezclas, y al descarte de otras, ya que algunas de ellas no cumplieron con las expectativas. De las mezclas aceptadas, se determinará la mejor mediante los ensayos correspondientes. Se tiene previsto evaluar con mayor precisión mediante diseño experimental las propiedades físicas de la mejor mezcla de desperdicios multilaminados para la producción de perfiles, destinados principalmente para el uso en embalajes.

En cuanto a la molienda se pudo observar que a mayor grado de trituración, se obtienen productos más homogéneos y el proceso de extrusión se realiza a mayor velocidad.

Se pretende seguir avanzando en el diseño de un prototipo del perfil a fabricar, como así también el planteo de los ensayos y pruebas de laboratorio necesarios para comprobar las características físicas y mecánicas de la mezcla de materiales, todo ello a fin de obtener un producto que además de permitir la reutilización de residuos de otros procesos, pueda suplir alguna necesidad existente en el mercado. Por otra parte como se mencionó anteriormente los ensayos presentados son el comienzo de una serie de experimentos que se pretende realizar con el material en estudio. Dentro de los demás ensayos previstos se encuentra el de Tracción y Flexión, así como el de compresión pero con otras dimensiones y cantidad de muestras.

5. REFERENCIAS.

- [1] Rebolledo B. A. (2009). *Gestión Integral de Residuos Municipales*, México.
- [2] Castells, Xavier E. (2005) .*Tratamiento y valorización energética de residuos*. España.
- [3] Abdul Hamid Zureich, Alan T. Nettles. (2002). *Composite Materials: Testing, Design, and Acceptance Criteria*. ASTM Stock Number: STP1416. U.S.A.
- [4] Godínez, J. P. (2005) *Diseño y caracterización del material compuesto por polietileno de alta densidad y fibra de coco*. Universidad de Colombia. Coquimatlán, Colima.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen al Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNaM por contribuir con la realización de los ensayos de compresión y la predisposición para la elaboración de los demás ensayos a efectuarse. A la empresa Sudamérica Embalajes SRL y la colaboración de Envasando SRL por prestar las instalaciones y el equipamiento para la realización de las muestras requeridas.