

DETERIORO DEL POLICARBONATO EN CONTACTO PERMANENTE CON AGUA

E. Dúcculi, J. Marchessi, J. Barral, P. Varela y A. Fasulo¹

Universidad Nacional de Río Cuarto, Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNRC
educculi@ing.unrc.edu.ar, jmarchessi@ing.unrc.edu.ar, jbarral@ing.unrc.edu.ar, pvarela@ing.unrc.edu.ar,
afasulo@unsl.edu.ar

Resumen: En este trabajo se presenta el estado de avance del estudio por medio de ensayos destructivos, de tracción y de flexión, del policarbonato alveolar. Se evaluaron varias muestras que se agruparon en series. Las series surgen de muestras sometidas a distintos tiempos de envejecimiento. Este se efectúa por medio de baños con agua caliente. Este trabajo surge de la necesidad de tabular los tiempos de utilidad del policarbonato alveolar que actualmente se intenta emplear en la construcción de colectores solares calentadores de agua. Como nuestra experiencia nos indica que este material es destruido por hidrolización, pretendemos determinar los tiempos de este proceso. Las primeras experiencias realizadas, con no más de 500 horas de exposición no dan resultados concluyentes. Los resultados se presentan mediante tablas.

Palabras clave: Energía Solar, Policarbonato alveolar, Tracción, Flexión, Resistencia, Hidrolización.

INTRODUCCIÓN:

El policarbonato celular, ha sido empleado en los últimos años para reemplazar las cubiertas semitransparentes de los colectores solares planos, poniendo de manifiesto sus múltiples ventajas en tal función: Es mas liviano y mejor aislante térmico que el vidrio, es resistente al granizo mediano, es flexible, admitiendo un suave curvado y actualmente viene provisto de una película que absorbe la radiación solar ultravioleta, evitando su deterioro, por esta causa.

La estructura que presenta el policarbonato celular resulta muy atractiva para emplearlo como receptor de la radiación solar en la construcción de colectores solares planos calentadores de agua. Esto fue aprovechado para experimentar con pequeños calefones solares para uso didáctico. Se construyó un receptor plano transparente que permite ver el movimiento convectivo del agua y desarrollar en consecuencia una didáctica explicación de cómo funciona el calefón solar, L. Odicino et al (2000). Esta aplicación, mantenida durante los últimos diez años, no presentó problema alguno con la durabilidad del material empleado, esto se debe fundamentalmente a que las experiencias demostrativas requieren poco tiempo no mas de un par de horas y al finalizar las mismas los dispositivos se desarmen quitándole el agua del interior de sus alvéolos.

Las propiedades plásticas del policarbonato celular fueron aprovechadas para construir envolturas cilíndricas, permitiendo el desarrollo de nuevos colectores solares acumuladores, Un tanque metálico es recubierto con pintura negro - mate o superficies selectivas absorbentes de la radiación solar. El tanque se constituye así en un colector solar acumulador, el cual es separado térmicamente del medio ambiente por una, dos o tres cubiertas cilíndricas de policarbonato celular, con tapas del mismo material, A. Fasulo et al (1997, 2001).

Por otra parte, el Policarbonato celular, por sus propiedades térmicas aislantes y facilidad para cortarlo y pegarlo a otros materiales mediante siliconas, fue empleado para la construcción de parte de la cúpula desmontable de destiladores solares. Esteban et al (2004). Los destiladores solares están constituidos por dos cuerpos separables, que cumplen funciones diferentes, pero que operan unidos por un marco que en lo posible debe ser térmicamente aislante, para mayor eficiencia del dispositivo, estos son: a) La batea en la cual se almacena una superficie de agua, con unos pocos centímetros de espesor. Se procura mantenerla aislada térmicamente por sus laterales y base, para evitar que pierda calor. b) La cubierta vidriada que cumple las funciones de permitir el paso de la radiación solar hacia la batea, condensar y acumular el agua destilada así obtenida. En estos casos el policarbonato celular parece el material ideal para construir el marco separador que va entre las canaletas colectoras y la batea con agua. Este marco constituye el elemento que permite cerrar mediante sello hidráulico la atmósfera interior del destilador, (la cúpula vidriada va ligada por la parte superior de las canaletas colectoras). Este marco está en consecuencia en contacto permanente con el agua de la batea. Luego de un año, aproximadamente de operación continua, muestra manifestaciones de deterioro: Fragilidad ante el manipuleo, pequeñas quebraduras. A los dos años este marco presenta desintegración de su estructura, como se puede apreciar en la fotografía de la figura 1

Recientemente varios autores han propuesto la construcción de colectores solares planos para calentar agua de piscinas, M. Gea et al (2005). Si bien es posible la construcción y puesta en operaciones de tales colectores, resulta indispensable tener una evaluación de la duración que tendrán tales dispositivos. Estimamos que el proceso de deterioro es continuo y desde el instante en que el material inicia su contacto con el agua. Por ello consideramos necesaria efectuar una evaluación que ponga de manifiesto los cambios que sufren las propiedades del material en función del tiempo. Trabajaremos con policarbonato celular de 4 mm de espesor puesto en contacto con agua a temperaturas medias bajas, 50 a 80° C.

¹ Trabajo parcialmente financiado por el FONCyT, PICT 2003 - 15077



Figura 1 Vista fotográfica de parte de la estructura de polycarbonato con que fue construido el marco separador entre las canaletas colectoras de agua destilada y la batea de un destilador solar acumulador, de un metro cuadrado de superficie.

EL POLICARBONATO

J. Wheeler, señala que como consecuencia de lo que se denomina hidrolización del polycarbonato se produce ácido carboxílico y alcohol, afectando a las cadenas largas y cortas del material, reduciendo su resistencia tanto a la tracción como a la flexión. En la figura 2 vemos una cadena típica de un polycarbonato. Esta cadena se repite en numerosas cadenas (cadenas largas), que se entrecruzan, formando así la estructura del material, con sus propiedades conocidas.

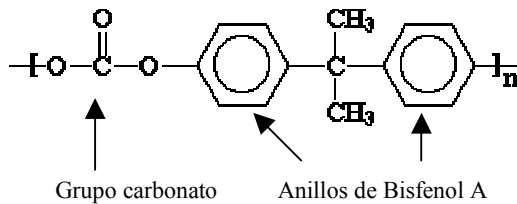


Figura 2 Vista Fotográfica de una cadena típica del polycarbonato

Cuando decimos que la hidrolización del polycarbonato ocurre, significa que se genera el ácido carboxílico y las cadenas bases internamente se rompen, y las cadenas repetitivas (cadenas largas), también sufren fractura, convirtiéndose así el polycarbonato en un material sumamente quebradizo y frágil.

Por experiencia sabemos que las planchas de polycarbonato alveolar, después de 10 años, se ven afectadas en su estructura interna, y llegan a poseer una resistencia a la tracción de 50 MPa. La resistencia a la tracción se obtiene según la norma ASTM D-638 mediante un ensayo de rotura. Pero, como podemos deducir, no es fácil realizar un ensayo de resistencia, debido a la dificultad técnica de medir en perfiles complicados como este tipo de material, los datos experimentales con que se cuentan son muy aproximados y al no poder calcular, o al menos conocer de forma aproximada los valores de las propiedades del material, como por ejemplo: la medición del módulo de elasticidad y de la tensión elástica, se trabaja con muestras de cuerpos planos paralelo en el sentido del alvéolo a partir del nervio.

Las superficies de las muestras que se obtengan al adaptarlas mecánicamente, se deberán dejar con un acabado fino. Ver fotografías de muestras preparadas para realizar ensayos.

Nosotros realizaremos experimentalmente ensayos de resistencia a la tracción (ASTM D-638), de flexión (ASTM D-790) de polycarbonatos alveolar nuevos y también con probetas que han sufrido el efecto de la hidrolización por envejecimiento natural al estar al contacto directo con el agua, y series de probetas de polycarbonatos nuevos afectados por envejecimiento artificial por medio de la acción del agua a diferentes temperaturas y tiempo de exposición para las diferentes series.

Para realizar el envejecimiento a temperatura, utilizaremos una batea con agua que tiene colocada una resistencia eléctrica, tipo calefón. Esta resistencia esta comandada por un dispositivo electrónico que sirve de termostato para regular la temperatura según sea la serie de polycarbonatos a estudiar. Dentro de la batea se colocó el polycarbonato, y lo dejamos un determinado tiempo y a una determinada temperatura, como para producir algún efecto medible en nuestros ensayos.

EXPERIENCIAS

Para la realización de los ensayos, fue necesario la construcción de probetas según las normas ya mencionadas. Primeramente se cortaron listones de 40 cm de longitud y de 7 alvéolos de ancho. Posteriormente con un elemento cortante se le dio forma a la entalla, y finalmente con una amoladora de banco con piedra fina se le da el terminado final a la forma de la probeta (Figura 3). Una vez que las probetas ya tienen su forma definitiva, se les efectúa el tratamiento con temperatura, realizando cuatro series con cinco probetas cada una de ellas:

Serie 1 son polycarbonatos nuevos y sin la acción de ningún agente, la serie 2 esta envejecida artificialmente en agua a 69°C durante 192 horas, la serie 3 esta envejecida artificialmente en agua a 70°C durante 264 horas, la serie 4 esta envejecida artificialmente en agua a 70°C durante 330 horas.



Figura 3 Vista fotográfica de una de las muestras

La serie 5 esta envejecida artificialmente en agua a 70°C durante 496 horas, la serie 6 esta envejecida artificialmente en agua a 70°C durante 48 horas, la Serie 7 esta envejecida artificialmente en agua a 75°C durante 96 horas. tres probetas de cada serie se le realiza un ensayo de tracción y a las otras dos restantes se les realizaron el ensayo de flexión. Ambas experiencias la realizamos con una máquina universal de ensayos marca AMSLER modelo 6PZD 1406.

El ensayo de tracción se realiza con los nervios del policarbonato en forma longitudinal. Para que los extremos de las muestras no se deformen, bajo la acción de las mordazas, fabricamos dos peines de aluminio, para insertarlos en los extremos de la probeta.

El ensayo de flexión, el empujador de la prensa actúa en forma transversal a la longitud de las molduras de la probeta. Este es un ensayo que se lo denomina de tres puntos, dos de los cuales representan los apoyos de la probeta, y el tercero es el “punto” por el cual la prensa incide sobre el policarbonato, produciéndole una flecha, que se mide en tiempo real por el sistema de adquisición de datos, hasta que la probeta no resiste mas y llega a la rotura.

Probeta:	F máx. admitida	Deform. máx.
Serie 1	130 Kg	18 mm
Serie 2	130 Kg	20.04 mm
Serie 3	140 Kg	19.30 mm
Serie 4	140 Kg	16.2 mm
Serie 5	121Kg	10.9 mm
Serie 6	127 Kg	19.5 mm
Serie 7	127Kg	15.5 mm

Tabla 1 resultados de los ensayos de tracción

Probeta:	F máx. admitida	Flecha
Serie 1	13.11 Kg.	6.37 mm
Serie 2	11.3 Kg.	6.21 mm
Serie 3	12.34 Kg.	6.27 mm
Serie 4	13.8Kg.	6 mm
Serie 5	11.7 Kg.	5.21 mm
Serie 6	14 Kg.	6.16 mm
Serie 7	11.64 Kg.	6.60 mm

Tabla 2 Resultados de los ensayos de flexión

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, al haber realizados ensayos de tracción y de flexión del policarbonato alveolar, concluimos que, a la temperatura de trabajo de un colector solar operando 500 horas, se observan indicios de deterioro que no afectan en gran medida las propiedades originales del policarbonato. Se deberá extender el periodo de envejecimiento para obtener los resultados esperados, consecuentes con los antecedentes existentes, mostrados en la figura 1.

Bibliografía

- L. Odicino, A. Fasulo y M. Torres (2000) Procceding of Seventh International Symposium on Renewable Energy Education, ISREE, Oslo, Noruega.
- A. Fasulo, J. Barral y J. Follari (2001) Comparison between a simple solar collector accumulator and a conventional accumulator, Solar Energy, Vol. 71 pp 43 a 50.
- M. Gea, B. Sanchez, P. Mendoza, R. Caso y L. Saravia (2005). Colector solar plano de policarbonato celular. AVERMA, Vol. I, pp 03.05 a 03.07.
- C. Esteban, A. Fasulo y J. Franco (2004), Construction and performance of solar assisted distiller. Desalination Vol. 173, pp 249 a 255.
- Pagina de Internet: <http://pslc.ws/spanish.htm>

Abstract: This work presents the progresses made in the study of alveolar polycarbonate sheets by means of flexural and traction destructive tests. Many samples grouped in different series were evaluated. The series come from sets of samples that suffered different aging time intervals. The aging process is performed by means of hot water baths. This study is caused by the necessity of tables with the useful life time of the alveolar polycarbonate sheets that are being tested to be used in solar collectors for hot water systems. The experience indicates that this material is destroyed by hidrolyzation, and the periods of time of this process are going to be determined. The first experiments performed, with no more than 500 hours of exposure, do not provide conclusive results. The results are presented by means of table