

Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados

Arq. Rosana Gaggino*

Durante miles de años el ser humano ha realizado actividades tendientes a satisfacer sus necesidades, sin importarle la cantidad de residuos que produce esa realización. Esto responde a una constante visión a corto plazo que busca el beneficio inmediato sin medir las consecuencias.

Pero a partir de la Revolución Industrial, y particularmente en el último siglo, la producción de residuos es tan importante que el hombre ha tenido que empezar a pensar qué va a hacer con ellos, pues constituyen un verdadero problema. Paralelamente a los entes gubernamentales que se comienzan a preocupar por una gestión integral de los residuos, surgen movimientos ecológicos que animan a tomar conciencia en la temática del reciclado, como una forma de no despilfarrar los recursos disponibles, y de disminuir la contaminación del medio ambiente.

En el campo de la arquitectura y la construcción es muy reciente el comienzo del uso de materiales reciclados, sobre todo de aquellos procedentes de otras industrias. La tecnología que se presenta en esta publicación fue desarrollada por el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba (CEVE). En ella se utiliza un material plástico llamado polietileno-tereftalato (PET), con el que se fabrican botellas de bebidas. Las mismas, usadas y descartadas, constituyen un residuo de la industria alimenticia que se aplica a la elaboración de bloques para uso en la construcción. Construir con materiales reciclados permite abaratar costos, lo cual es muy importante para su uso en viviendas de interés social.

El PET reciclado: un material alternativo económico para la construcción

Es conocido que en todo el mundo hay países donde la pobreza y la superpoblación constituyen un grave problema. En ellos hay un déficit habitacional crónico y creciente. La República Argentina es un ejemplo: "(...) un tercio de la población (12 millones de personas, sobre un total de 36 millones) está alojada en forma incorrecta, con situaciones de precariedad y hacinamiento. El déficit habitacional se sigue incrementando con 150.000 matrimonios nuevos cada año. El gobierno persiste en su postura de ofrecer operatorias de viviendas con materiales tradicionales para solucionar este déficit, pero está lejos de poder resolver el problema por su alto costo. Los fondos del FONAVI¹ de las dos últimas décadas (unos 20 mil millones de dólares) sólo sirvieron para construir cerca de 600.000 unidades" (1).

Por esta razón, el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba comenzó a llevar a cabo desarrollos tecnológicos para la vivienda de interés social, entre los que se cuenta el que se presenta en este artículo: el bloque constructivo fabricado con PET reciclado. Se buscan como objetivos principales disminuir costos, para que esta tecnología resulte apropiada para sectores de bajos recursos y también reducir la contaminación del medio ambiente, dando un destino útil a un material reciclable.

¿Qué es el PET?

El polietileno-tereftalato, mejor conocido como PET, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces se registró un espectacular crecimiento del producto a partir del descubrimiento de sus múltiples posibilidades de uso. A partir de 1976 se lo usa para la fabricación de envases, principalmente para bebidas. También se utiliza para envasar agroquímicos, limpiadores líquidos, y medicamentos.

El PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo, que luego se cristaliza y polimeriza, siendo su aspecto el de pequeños cilindritos de color blanco llamados chips.

Las botellas fabricadas con PET se identifican con un símbolo consistente en un triángulo de flechas alrededor de un número "1", con la sigla "pet" escrita debajo. Los envases de PET son ligeros, transparentes, resistentes, herméticos, no tóxicos, y no alteran las propiedades del contenido.

¹ FONAVI: Fondo Nacional para la Vivienda de la República Argentina.

* Arquitecta cordobesa, investigadora del Centro Experimental de la Vivienda Económica, de Córdoba, República Argentina, instituto de investigación perteneciente al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de ese país, dedicado al tema del hábitat para los sectores marginales de población.

El PET y la contaminación del medio ambiente

Por las cualidades descriptas y por su bajo costo se empezó a generalizar el uso del PET a partir de la década de los '80 en envases descartables, en sustitución de los envases de vidrio retornables, uno de los motivos por los cuales aumentó el volumen de la basura urbana considerablemente. Los movimientos ecológicos señalaron esto como un signo de alarma.

Los envases descartables no son biodegradables, y si no son destinados al reciclado, son enterrados, incinerados o se acumulan en basureros al aire libre. No reciclar el PET es tanto una fuente de contaminación, como una pérdida de materia prima.

El reciclado podrá reducir la cantidad de desechos que se disponen actualmente en los predios de enterramiento sanitarios municipales, por lo cual se disminuirían los costos que debe pagar el Estado para la disposición de los mismos, y las consecuencias ambientales no deseadas.

El acopio por separado de los residuos útiles es el primer paso básico para el reciclaje de los materiales y depende de la cultura de las poblaciones. En los países latinoamericanos no hay instalada aún una conciencia ecológica como en los países del primer mundo, por lo cual es muy difícil la tarea de acopiado del PET, siendo mínima la cantidad de material que llega separada a las plantas clasificadoras de residuos de las ciudades, en condiciones de relativa limpieza.

Sirva como ejemplo el caso de Córdoba: "La cantidad de residuos que produce la ciudad de Córdoba, cuya población es de 1.500.000 de habitantes, es de 40.000 a 42.000 ton/mes. La misma es recogida actualmente por una empresa privada concesionaria del servicio, la cual la lleva casi en su totalidad a un predio de enterramiento sanitario, como sitio de destino final. Sólo se recicla una parte, la cual se separa, clasifica y comercializa en una Planta de Recolección Diferenciada.

La recolección diferenciada de residuos con el propósito de obtener materiales reciclables abarca sólo algunos barrios de Córdoba (600.000 habitantes) y se realiza una vez por semana, siendo tarea de cada uno de los vecinos de la ciudad hacer el acopio para ese día en bolsas que serán recogidas por la empresa.

Por ese motivo, solamente 3.000 ton/mes ingresa a la planta clasificadora de residuos de la empresa. Este material es cartón, bolsas plásticas, latas de aluminio, vidrio y polietileno-tereftalato (PET). De esta cantidad se comercializan 200 a 300 ton/mes a diferentes empresas que lo utilizan como materia prima de sus productos. La cantidad de PET que se recicla mensualmente es aproximadamente 35 ton".(2).

Tipos de reciclado del PET

Hay habitualmente tres tipos de reciclado del PET: el mecánico, el químico y el energético, siendo el primero el más usado por ser el menos costoso. El reciclado mecánico presenta varias etapas donde se realiza: la separación manual de las botellas, el triturado en partículas, la clasificación de partículas por aire (se separa el polipropileno), lavado, inmersión en agua y separación electrostática (se separa el aluminio).

El reciclado químico puede ser mediante dos procesos: la metanólisis y la glicólisis, ambos procesos se llevan a cabo a escala industrial. El PET se deshace o depolimeriza: se separan las moléculas que lo componen y éstas se emplean para fabricar otra vez PET. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse incluso, para el envasado de alimentos. El reciclado energético, a su vez, consiste en utilizar los envases para generar energía, ya que con ellos se puede realizar una combustión eficiente, con un poder calorífico de 6,3 Kcal/kg.

Por medio del reciclado del PET en diversos países se obtienen flejes, láminas para termoformados, fibra poliéster para ropa, madera plástica, tarimas, fibra para relleno térmico, alfombras; en los casos de reciclado de mayor calidad hasta se obtienen botellas nuevas.

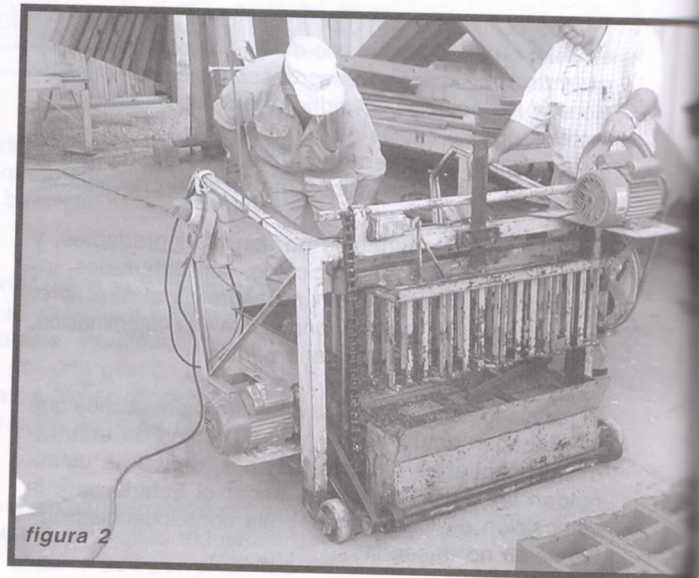
En esta propuesta se realiza un reciclado mucho más sencillo que los descritos, pues los envases obtenidos solamente son triturados y así son incorporados a las mezclas cementicias, sin necesidad de desprenderle etiquetas, tapas, y en general sin un lavado previo (salvo en el caso que se utilicen envases muy contaminados tomados de la basura, sin un acopio separado). El bajo requerimiento de limpieza se explica porque el PET no vuelve a ser usado para la industria alimenticia, y además queda confinado en la masa de un hormigón. La superficie de la mampostería ejecutada con estos bloques debe ser revocada con un mortero común de albañilería, elaborado con materiales pétreos convencionales (es decir, que no habrá contacto de las personas con el PET reciclado).



figura 1

Organismos por el reciclado del PET a nivel mundial

Hay numerosas organizaciones en todo el mundo que se ocupan de impulsar el reciclado de plásticos. Entre sus actividades se encuentran el brindar información, educación ambiental, dictar conferencias, editar boletines, actualizar páginas web, y organizar programas de "compre reciclado". Las principales son: ABEPET (Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens de PET); AMEE (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje); APME (Association of Plastic Manufacturers in Europe); APR (Association of Postconsumer Plastic Recyclers, de Estados Unidos); CEMPRE (Associação Compromisso Empresarial para Reciclagem, de Brasil); Club Español de los Residuos; CWC (Clean Washington Center, en Estados Unidos); Ecoembalajes España S.A.; Forum PET (de Alemania); NAPCOR (National Association for PET Container Resources, de Estados Unidos); National Recycling Forum (de Gran Bretaña); PETCORE (PET Container Recycle Europe); Recoup (Organización nacional de reciclado de botellas plásticas, de Gran Bretaña) (3).



Antecedentes de reciclado de plásticos en la construcción

Existen numerosos ejemplos, tanto en Argentina como a nivel internacional de utilización de plásticos reciclados en elementos constructivos.

Se diferencian de los elementos constructivos desarrollados en esta investigación por:

- Realizar otro tipo de reciclado.
- Utilizar distintos procedimientos de elaboración.
- Incorporar otros materiales constitutivos.
- Tener diferente dosificación de materiales.
- Poseer distinto diseño.
- Tener diferentes propiedades (densidad, resistencia mecánica, aislación térmica, absorción de agua, etc.).

Los ejemplos internacionales que se citan son:

- los materiales fabricados con fibras de madera ligados con polímeros fundidos (ambos, materiales de desecho) desarrollados por el Arq. Juan Giaccardi de la Escuela Federal de Lausana, Suiza (4);
- los juegos de jardín, pasamanos, señales viales, etc. fabricados con plásticos reciclados procedentes de embalajes, por la Empresa Innovaciones Plásticas de Madrid (5);
- los paneles con termoplásticos provenientes de residuos sólidos urbanos, combinados con papel, cartón o viruta de madera, obtenidos en el Centro Tecnológico Gaiker del País Vasco, España (6);
- el sistema ECOBLOK investigado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República de Uruguay, consistente en mampuestos de adobe ahuecado con botellas enteras de PET, que a la vez sirven para realizar trabas en seco en la mampostería (7);
- numerosas composiciones patentadas en E.E.U.U. (8).

A su vez, los ejemplos en Argentina que se citan, son:

- las viguetas y bloques elaborados con arena y PET proveniente de envases descartables, investigados en la Universidad Nacional de Buenos Aires (9);
- las placas de revestimiento elaborados con polipropileno proveniente de bolsas de plástico y paragolpes de autos, mezclados con fibras de madera, lino o yute, producidas por la Fábrica Woodstock, de Quilmes, provincia de Buenos Aires (10);
- las placas TEPLAK elaboradas con tetrabricks provenientes de envases de bebidas descartables molidos ligados con polímeros, que se comercializan ampliamente en el país (11).

En todos los interesantes trabajos arriba mencionados, que se han analizado como antecedentes, se han utilizado materiales plásticos descartables en elementos constructivos. En algunos de los ejemplos internacionales citados se han obtenido productos de alta calidad utilizando tecnologías complejas, con procesos altamente mecanizados y automatizados, impracticables en nuestro medio por su alto costo. La originalidad del trabajo desarrollado en la investigación que se describe es que se utiliza una tecnología barata, de fácil aprendizaje, adecuada para la ejecución de viviendas económicas y ecológicas, tema con mínimos antecedentes en Argentina.



Fuentes de provisión de la materia prima para reciclar

Las principales fuentes de provisión de PET para reciclar en las ciudades son las Plantas de Recolección Diferenciada de Residuos Municipales. Allí el PET se separa, compacta y enfarda en grandes packs y se comercializa a un bajo precio.

Otra fuente de provisión de materia prima la constituyen las empresas embotelladoras de bebidas, que producen dos tipos de residuos: uno denominado *posindustrial*, constituido por los envases descartados por fallas de fabricación, los cuales no han estado en contacto con la bebida y otro denominado *preconsumo*, que comprende los envases que se deterioran durante la manipulación antes de ingresar al circuito comercial, los cuales sí están sucios con bebida. En general, las mismas empresas embotelladoras hacen el reciclado de los residuos posindustriales, y comercializan los residuos preconsumo a otras empresas para otros usos. Como ejemplo se cita la empresa embotelladora Pritty, de la ciudad de Córdoba, cuya producción promedio de botellas es de 70.000 packs por día, con un rezago de 0,05 %, que equivale a 400 kg/mes (12).

Otra forma de obtener la materia prima en ciudades empobrecidas como Córdoba, es comprarla a recolectores domiciliarios particulares. No hay datos estadísticos sobre la cantidad de material reciclado recolectado de este modo.

Procedimiento de elaboración

Se trituran los envases de PET con una máquina para obtener partículas de 2-5 mm x 2-5 mm y espesor: 0,1-0,2 mm. Se miden en volúmenes las cantidades de PET, cemento y arena gruesa necesarias según la dosificación elegida (ver tabla 1) y se las coloca en una hormigonera (Fig. 1). Se mezcla arrojando agua de a poco, hasta que las partículas de PET queden completamente cubiertas de la mezcla cementicia. Se realiza el vertido de la mezcla en una máquina para cortar bloques de las comúnmente utilizadas para mampuestos convencionales, en donde la mezcla es compactada (Fig. 2). Posteriormente se realiza el corte de los bloques.

Después de dos horas de elaborados, los bloques se riegan en forma de lluvia fina. Se mantiene la humedad durante dos días cubriendo con un plástico. Se pueden apilar los bloques a los tres días de haber sido elaborados. A los veintiocho días se los puede utilizar en obra.

Características de los bloques desarrollados por el CEVE

TABLA 1. Ensayos en Bloques con PET y en Bloques convencionales

IDENT.	DOSIFIC.	PESO	DENSIDAD	RESIST. COMPR.	ABSORCION DE AGUA	ABSORCION DE AGUA	CONDUCT. TERMICA
		(Kg)	(Kg/m ³).	(Mpa)	Masa (%)	Volúmen (kg/m ³)	λ (W/mK)
1	Cemento 1 PET 8	6,22	1138	0,38	18,00	205	-
2	Cemento 1; PET 6 arena gr. 2	10,01	1600	1,06	9,10	146	0,80
3	Cemento 1; PET 5 arena gr. 3	11,78	1698	1,03	2,80	47	-
4	Cemento 1; PET 6 arena gr. 4	11,10	1576	1,00	9,10	144	-
5 (bloque conv.)	Cemento 1; arena gr. 10	13,46	2060	2,35	7,90	162	1,2

- *Peso*: son más livianos que los bloques convencionales.

- *Resistencia mecánica*: tienen menor resistencia a la compresión que los bloques convencionales, lo cual limita su uso a mamposterías para cerramiento lateral de viviendas, con estructura independiente de hormigón armado.

- *Absorción de agua*: los bloques elaborados con PET y arena gruesa tienen una baja absorción de agua, inferior en volumen a la de los convencionales, por ser el PET un material muy impermeable. Los bloques elaborados con PET pero sin arena gruesa tienen una absorción de agua mayor a la de los bloques convencionales, por ser muy porosos.

NOTA: Los ensayos de Densidad, Resistencia a la Compresión y Absorción de Agua fueron realizados en el Laboratorio de Ensayos del Departamento de Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba. Los de Resistencia a la Compresión fueron realizados bajo Norma IRAM 11561-4, y los de Absorción de Agua bajo Norma IRAM 11561. Los ensayos de Conductividad térmica fueron realizados bajo Norma IRAM 11601. IRAM representa a la República Argentina ante la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), la Comisión Panamericana de Normas Técnica (COPANT) y el Comité MERCOSUR para Normalización (CMN).

Conclusiones

- *Conductividad térmica:* son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior a la de los bloques convencionales.

- *Comportamiento a la intemperie:* es excelente, según ensayos preliminares realizados en el CEVE. Fueron dejados a la intemperie durante un año, no presentando alteraciones dimensionales ni daños aparentes. Faltan completar ensayos normalizados en el INTI².

- *Aptitud para el clavado y aserrado:* son fáciles de clavar y aserrar, según ensayos preliminares realizados en el CEVE.

- *Adherencia de revoques:* poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, por su gran rugosidad superficial, según ensayos preliminares realizados en el CEVE.

- *Resistencia al fuego:* se carbonizan lentamente sin emitir llama, según ensayos preliminares realizados en el CEVE. Las emisiones de la combustión no son tóxicas, pues no se emplean en la fabricación del PET aditivos ni modificadores, obteniéndose bióxido de carbono y vapor de agua.

- *Costo:* son económicos porque: gran parte de la materia prima es un residuo; la técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado, similar a la que se utiliza para fabricar un bloque "común"; no es necesaria una infraestructura de gran envergadura para producir el material; por ser más livianos que los bloques convencionales, se economiza en transporte, en fundaciones, y en mano de obra, y hay un "ahorro a largo plazo" por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclado de materiales de descarte.

Debe señalarse que a medida que aumenta la relación cemento/PET se obtiene mayor resistencia, durabilidad y peso específico aparente, con mayor costo, y disminuyen la capacidad de aislación térmica, la capacidad de absorción de agua del material, y la facilidad para el clavado y aserrado.



Los bloques desarrollados con PET reciclado son una alternativa posible para la ejecución de cerramientos de construcciones, más ecológicos, más livianos y de mejor aislación térmica, que los bloques convencionales de cemento y arena gruesa que se utilizan tradicionalmente en nuestra región. Su resistencia mecánica es menor, pero suficiente para cumplir la función de constituir mamposterías para cerramiento de viviendas de hasta dos pisos de altura con losas de hormigón, con estructura independiente, o con cubiertas livianas como chapas de zinc, sin estructura independiente.

Por su bajo costo, son aptos para viviendas y construcciones de interés social. Generan además una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en la etapa de recolección de la materia prima como en la de elaboración de los elementos constructivos. Esto es de interés permanente para la Institución donde se desarrolló esta investigación (CEVE) buscando cubrir necesidades socioeconómicas y ambientalistas de los sectores mayoritarios y pobres del país.

Agradecimientos

La autora agradece a todo el personal del CEVE que participó en esta investigación, en particular al director del equipo, Arq. Horacio Berretta, y a los investigadores Dr. Ricardo Argüello y Arq. Mariana Gatani, así como también al Laboratorio de Ensayos del Departamento de Estructuras de la Universidad Nacional de Córdoba, en donde se realizaron numerosos ensayos; en particular, al Director del Departamento de Estructuras, Ing. Gerald Pirard, y a la Jefa del Laboratorio de Ensayos, Ing. Patricia Irico.

Bibliografía

- 1 BERRETTA, H.: "Sobre el déficit habitacional. Viviendas para todos". En diario "Clarín", 22.7.1996, República Argentina.
- 2 Información suministrada por el Ing. Hugo Scacchi, Jefe de Tratamiento y Disposición final de Residuos de la empresa CLIBA (actual concesionaria de la recolección de basura domiciliar de Córdoba), dato del año 2002.
- 3 Información obtenida por Internet de la página web de Petcore (PET Container Recycling Europe) en <http://petcore.org>, actualizada al 30/10/03.
- 4 NICOD G.: "Paneaux isolants pour Bariloche. Un projet d'Ingenieurs du Monde", en Polyrama N° 87, Diciembre de 1990, Escuela Politécnica Federal de Lausana.
- 5 IMADE (Instituto Madrileño de Desarrollo): "Innovaciones plásticas", en "Iniciativas de Desarrollo Local", Madrid, 1996.
- 6 Instituto Tecnológico Gaiker: "Catálogo de Productos", País Vasco, 1997.
- 7 KRUK, W.: "Construyendo con lo que se descarta". En Vivienda Popular N° 8, Abril de 2001, Montevideo, Uruguay, p. 33-35.
- 8 Información obtenida por Internet en <http://patft.uspto.gov>, actualizada al 20/08/02.
- 9 IDELSOHN, A.: "Hacer con desechos". En Revista Nueva N. 628, Julio de 2003, p. 16-19, Córdoba, República Argentina.
- 10 ROCHA, L.: "Productos desechados de plástico y PET se convierten en placas, bloques y viguetas", artículo publicado en el diario "La Nación" de Buenos Aires, el 30.6.2002.
- 11 TEPLAK: "Folleto técnico de la empresa", Buenos Aires, 1997.
- 12 Información suministrada por el Ing. Néstor Schachner, gerente de Control de Calidad de la fábrica embotelladora Pritty, ubicada en la ciudad de Córdoba, dato del año 2003.