

<b>TITULO</b>	"Tecnología ambientalista para la construcción utilizando plástico reciclado, para viviendas de interés social".			
<b>Palabras Clave</b>	ecología – construcción – plásticos reciclados – vivienda económica			
<b>Autor/es</b>	GAGGINO Rosana, BERRETTA Horacio, ARGUELLO Ricardo.			
<b>Tipo de Publicación</b>	<input type="checkbox"/>	Art. publicados en rev. especializadas	<input type="checkbox"/>	Textos en periódicos y revistas
	<input type="checkbox"/>	Libros y capítulos	<input type="checkbox"/>	Otros
	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajos en eventos	Aclarar:	
<b>Año y Lugar</b>	2007, Bernal, Buenos Aires			
<b>Fuente</b>	Primer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología.			
<b>¿Cómo citar este documento?</b>	<b>GAGGINO</b> Rosana, <b>BERRETTA</b> Horacio, <b>ARGUELLO</b> Ricardo. "Tecnología ambientalista para la construcción utilizando plástico reciclado, para viviendas de interés social". En: <i>Primer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología</i> . Bernal, Provincia de Buenos Aires. Ed. Universidad Nacional de Quilmes. 2007. Edición digital.			
<b>Archivo</b> [nombre.prog]	4Gaggino.pdf			

Primer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología

Universidad Nacional de Quilmes – 5 y 6 de julio de 2007

- *Título de la ponencia:* **Tecnología ambientalista para la construcción utilizando plástico reciclado, para viviendas de interés social.**

- *Nombre y número del Eje Temático* (al que ha sido aceptado):

2. Cambio tecnológico e innovación.

Tecnologías y ambiente.

Tecnologías sociales.

- *Autores:*

*Primer autor:* Gaggino Rosana

*Dirección:* Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE – CONICET

Igualdad 3585 – Villa Siburu – (5003) Córdoba Capital – E- mail:  
[areatecnica@ceve.org.ar](mailto:areatecnica@ceve.org.ar)

*Segundo autor:* Berretta Horacio Blas

*Dirección:* Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE – CONICET

Igualdad 3585 – Villa Siburu – (5003) Córdoba Capital – E- mail:  
[areatecnica@ceve.org.ar](mailto:areatecnica@ceve.org.ar)

*Tercer autor:* Arguello Ricardo Gustavo

*Dirección:* Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE – CONICET

Igualdad 3585 – Villa Siburu – (5003) Córdoba Capital – E- mail:  
[areatecnica@ceve.org.ar](mailto:areatecnica@ceve.org.ar)

- *Palabras clave:* elementos constructivos – plásticos reciclados – viviendas sociales

- *Proyecto(s) de investigación asociado(s)*: Proyecto/s de investigación finalizados o en curso de realización en los que ha(n) participado el o los autores y que esta(n) en la base de la escritura de la ponencia

- Proyecto: *“Materiales y elementos constitutivos en base a reciclados de origen plástico”*. Subsidio de GATE – GTZ de Alemania, N° Proyecto 95.2074.3-002.00, años 2003 y 2004.

- Proyecto: *“Estudio de las características físico-mecánicas de los desechos plásticos urbanos, para su reciclado como material alternativo para la construcción de viviendas en sectores de bajos recursos”* Subsidio de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, PICT 13-11613, años 2004 a 2006.

- Proyecto: *“Aplicaciones de residuos plásticos y agrícolas para la fabricación de elementos constructivos en viviendas de interés social”*. Subsidio de CONICET, PIP 6299, años 2006 y 2007.

Los tres proyectos tienen como Director al Arq. Horacio BERRETTA, y su lugar de realización es el Centro Experimental de la Vivienda Económica –CEVE, Unidad Ejecutora de CONICET.

- *Resumen:*

Las tecnologías para la construcción siempre han generado impacto ambiental en todas sus etapas: durante la extracción de materiales, la fabricación de los componentes, la construcción de los edificios, y su posterior demolición.

La construcción implica el consumo de recursos naturales en algunos casos no renovables, el gasto de energía, contaminación por las emisiones, y generación de residuos.

Tradicionalmente las viviendas en nuestro país se construyen en su mayoría con las siguientes tecnologías:

- Mampostería de ladrillo común.
- Mampostería de bloques de hormigón comunes.
- Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.

Dentro de ellas se destaca la primera, que debe su gran aceptación a las buenas cualidades físicas, bajo costo relativo y buena apariencia. No obstante, su forma de producción, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial fértil (humus), y posterior cocción en grandes hornos a cielo abierto, constituye un verdadero desastre ecológico que es necesario corregir, porque produce: desertificación del suelo,

contaminación atmosférica (por el humo generado), y tala de árboles leña necesaria para el horno.

Esta tecnología se orienta a contribuir a la solución del déficit habitacional de viviendas sociales del país, motivo por el cual, ofrece una alternativa para la realización de mampuestos económicos que puedan ser producidos sin consecuencias ambientales negativas.

Se utilizan como materia prima principal materiales plásticos reciclados procedentes de envases descartables de bebidas, y de envoltorios de alimentos.

Se puede decir que se trata de una tecnología “limpia y limpiadora”, porque los procedimientos de fabricación son no contaminantes, y porque se utilizan residuos como materia prima.

Aprovechar materiales de descarte ayuda a preservar la calidad del medio ambiente, ya que se evita el enterramiento, quema o acumulación de los mismos en basurales.

También se ha buscado un ahorro energético, puesto que estos materiales plásticos ofrecen una mayor aislación térmica que otros tradicionales, con lo cual se economiza en la climatización de la vivienda.

Por otra parte, el reciclado de materiales de descarte, y la producción de elementos constructivos utilizando una tecnología sencilla, generan nuevas fuentes de trabajos para pobladores de escasos recursos, por lo que esta tecnología tiene también un objetivo social.

Las tecnologías que se utilizan tradicionalmente en nuestra región para la construcción de cerramientos de viviendas aplican elementos constructivos que no son producidos por auto-constructores sino por fábricas o cortaderos de ladrillos. Los mismos disponen de terreno, instalaciones, maquinaria y materia prima necesarios, inalcanzables para el auto-constructor.

Este, entonces, compra los elementos constructivos y con ellos levanta su vivienda.

Esta tecnología, en cambio, pone en manos del mismo auto-constructor la fabricación

de los mampuestos y placas que utilizará para levantar su casa, por utilizar sencillos procedimientos, por no requerir maquinarias caras, por no necesitar terreno de donde extraer materia prima, ni grandes instalaciones para procesarla.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó una metodología integrada de Investigación – Acción, que implica la ejecución Inter-disciplinaria y grupal de tareas de gabinete y campo, con evaluaciones cíclicas capaces de ir generando un retorno para retro-alimento de la investigación.

- *Desarrollo de la Ponencia:*

### **La necesidad de una tecnología económica para la construcción**

El déficit de viviendas constituye un problema grave en Argentina y el resto de Latinoamérica por su incidencia en el deterioro de la calidad de vida de grandes grupos de pobladores que se traduce en hacinamiento, promiscuidad y violencia.

*“Constatamos que anualmente se forman entre 100.000 y 150.000 parejas o familias en la Argentina, habiendo construido el Estado en los últimos 20 años un promedio de 35.000 unidades anuales, por lo cual el déficit ha seguido creciendo...hay 3.000.000 de hogares en situación de precariedad habitacional”* (Berretta et al. 2006).

Frente a esta grave situación existente, esta investigación intenta colaborar en la reducción del déficit habitacional existente en nuestro país, aportando una tecnología “apropiada y apropiable”, posibilitadora de la auto-construcción.

Siguiendo palabras del Arq. Horacio Berretta, *“Frente a la gravedad del problema habitacional, hay que ampliar el concepto de vivienda utilizando métodos, técnicas y herramientas aptas para realizaciones más accesibles, racionales y adecuadas a las necesidades básicas del pueblo”* (Berretta 1987).

Por lo tanto, se considera que es muy necesario investigar por otros caminos, en esta

propuesta acudiendo a materiales no tradicionales, en la búsqueda de una alternativa más económica.

### **La necesidad de dar una disposición adecuada a los residuos**

Aprovechar materiales de descarte ayuda a preservar la calidad del medio ambiente, ya que se evita la quema o acumulación de los mismos en basurales.

La disposición de los residuos constituye un problema en las ciudades, y las soluciones que los municipios han dado al mismo evolucionaron notablemente.

Antiguamente las ciudades se deshacían de los residuos mediante el alejamiento y ocultamiento de los mismos respecto de los asentamientos humanos, sin importar la contaminación ambiental consecuente en estos sitios.

A esta modalidad de disposición de residuos se la denomina **“vertedero incontrolado”**<sup>1</sup>.

Persiste lamentablemente aún en la actualidad y en la mayoría de las ciudades, y es difícil de erradicar por razones de facilidad y economía a corto plazo, pero han surgido en las dos últimas décadas nuevos conceptos sanitaristas que han revolucionado la disposición final de los residuos.

Entre ellos se encuentra el método de ingeniería ambiental denominado **“vertedero controlado”**<sup>2</sup>, que minimiza o evita los impactos ambientales de la disposición final de los residuos.

---

<sup>1</sup> Vertedero incontrolado: basural a cielo abierto, que genera contaminación de aguas, aire, suelo y alimentos, deterioro paisajístico y cultural del entorno, pérdida de valor inmobiliario, etc.

En el mismo se justifica la combustión de los residuos para prolongar la vida útil del predio de disposición, el control de vectores de enfermedades con insecticidas de elevada toxicidad, la alimentación de animales– principalmente cerdos – con residuos a cambio de la cesión gratuita del sitio de disposición, el trabajo insalubre de los recuperadores para mantener fuentes de trabajo, etc.

Todo ello contribuye a una situación de deterioro ambiental y de la salubridad, cuyas consecuencias incluso escapan fuera de los límites del lugar donde ocurre.

<sup>2</sup> Vertedero controlado: sitio de disposición de residuos con las siguientes instalaciones: planta de tratamiento de lixiviados, módulos para depósito de residuos con impermeabilización de bases y taludes, coberturas de los mismos, sistemas de control de gases, control de accesos, tratamiento del paisaje con barreras forestales y visuales, etc.

Nuestra ciudad es un caso testigo de esta realidad: según datos de la Agencia Córdoba Ambiente, organismo provincial encargado de proteger el medio ambiente de la Provincia de Córdoba, *“Actualmente los sitios de disposición final de residuos con vertido incontrolado constituyen el 43 % del total, y los sitios con vertido controlado constituye el 57 % restante. Se constata además que existen 700 basurales a cielo abierto en nuestra provincia”* (Agencia Córdoba Ambiente 2000).

Otro concepto sanitarista que ha cobrado auge en estas dos últimas décadas es el de **reciclar**, como una forma de aprovechamiento racional de los residuos, y de minimizar la cantidad que se debe enterrar.

El reciclado es imprescindible por los altos costos que tiene la disposición de los residuos y las consecuencias ambientales no deseadas. Todos estos son fuertes incentivos para realizarlo, no siempre correctamente evaluados.

Sin embargo, es aún muy bajo el porcentaje de residuos que se recupera, en parte debido a la escasa conciencia ambiental de nuestra población, a diferencia de la europea.

Según datos de la Agencia Córdoba Ambiente, *“Se estima que en la actualidad la provincia de Córdoba genera alrededor de 1.300.000 toneladas/año de residuos sólidos urbanos no industriales. Hay además un incremento del orden del 15 al 20 % anual, considerando el crecimiento vegetativo de la población.*

*Casi el 30 % de los residuos son de difícil o imposible recuperación (por sus características intrínsecas, estado de mezcla, tamaño, etc.), pero nos queda aún el 70 % o sea 910.000 ton/año susceptibles de algún tipo de recuperación o aprovechamiento. Del total producido un 34 % está constituido por materia orgánica compostable y un 36 % corresponde a materiales inorgánicos reciclables.*

*Muy pocas localidades aplican formalmente planes de desviación de residuos, totalizando un 3 % de la población provincial. Se está recuperando alrededor de un 10 % (130.000 ton) principalmente por el sistema informal de recuperación, llamado “cirujeo”* (Agencia Córdoba Ambiente 2001).

El reciclado de materiales de descarte es una alternativa superadora del enterramiento

de los mismos en vertederos controlados. En estos predios los desechos son cubiertos con una delgada capa de tierra sobre la cual crece sólo pasto. Se va aumentando así gradualmente la superficie de pradera, sin otra utilidad (no se puede plantar árboles o cultivar en ella; tampoco edificar por la vulnerabilidad de los estratos inferiores).

### **Superando el viejo concepto “Construir versus contaminar”**

La construcción del entorno humano es una actividad que siempre ha generado impacto ambiental en todas sus etapas: durante la fabricación de los materiales, la construcción de los edificios, la utilización de los mismos y su demolición.

La construcción implica el consumo de recursos naturales en algunos casos no renovables, el gasto de energía, contaminación por las emisiones, y generación de residuos.

La degradación del medio ambiente causada por las construcciones humanas ha comenzado a ocurrir con la existencia misma del hombre, pero ha aumentado notablemente desde el siglo XIX, en coincidencia con la Revolución Industrial.

En el siglo pasado surge el concepto de Construcción Sostenible, con la preocupación ecologista de posibilitar que las generaciones futuras no se vean perjudicadas por la actividad constructora del hábitat humano (hasta el presente destructora del medio ambiente).

En palabras de Lanting, *“La construcción sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado”* (Lanting 1996).

Siguiendo a Cáceres, *“La sostenibilidad consiste en la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente”* (Cáceres 1996).

Coincidiendo con Kibert, se debe tratar de construir en base a unos principios, que podríamos considerarlos ecológicos y se enumeran a continuación (Kibert 1994):

- *“Conservación de recursos.*
- *Reutilización de recursos.*
- *Utilización de recursos Reciclables y Renovables en la construcción.*
- *Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.*
- *Reducción en la utilización de la energía.*
- *Incremento de la calidad, tanto en lo que atiende a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado.*
- *Protección del Medio Ambiente.*
- *Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios”.*

Tradicionalmente las viviendas en nuestro país se construyen en su mayoría con las siguientes tecnologías:

- Mampostería de ladrillo común.
- Mampostería de bloques de hormigón comunes.
- Mampostería de ladrillos cerámicos huecos.

Dentro de ellas se destaca la primera, que debe su gran aceptación a las buenas cualidades físicas, bajo costo relativo y buena apariencia del ladrillo de tierra cocida.

No obstante, su forma de producción, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial fértil (humus), y posterior cocción en grandes hornos a cielo abierto, constituye un verdadero desastre ecológico que es necesario corregir, porque produce: desertificación del suelo, contaminación atmosférica (por el humo generado), y tala de árboles para obtener la leña necesaria para el funcionamiento del horno.

La desertificación del suelo tiene como una de sus consecuencias, el agrietamiento del suelo, y el ingreso de agua de lluvia incontrolado a napas inferiores generando los “mallines” que causa estragos en las construcciones.

El suelo fértil es tiene gran importancia en la producción de alimentos. Es prácticamente un recurso no renovable.

En ciudades como Calcuta, antes de iniciar una nueva construcción, se efectúa una ceremonia religiosa en la cual se pide “perdón” a la tierra antes de “matarla”.

### **Objetivos de la investigación desarrollada en CEVE**

- Colaboración en la solución del déficit habitacional y la desocupación en nuestro país.
- Avance en el conocimiento de materiales reciclados para ser utilizados en la elaboración de elementos constructivos.
- Desarrollo de nuevos procedimientos para elaborar elementos constructivos buscando mejorar sus propiedades y abaratar costos.
- Impulso de tecnologías que disminuyen la contaminación del medio ambiente, dentro de la industria de la construcción.
- Capacitación y transferencia de los resultados.

### **Materiales utilizados**

Los elementos constructivos de esta investigación se fabrican con cemento Portland y desechos industriales plásticos o domiciliarios urbanos procedentes de la industria alimenticia: botellas descartables de jugos, gaseosas, agua mineral y soda, constituidas por PET (polietilen tereftalato); o films plásticos procedentes de los embalajes de golosinas, yerba, jabones, etc. (residuo de producción de las plantas fabriles), constituidas por PE (Polietileno), BOPP (Polipropileno biorientado) y PVC (Policloruro de vinilo). En algunos casos se utiliza también arena gruesa como agregado.

Hay una abundante disponibilidad de todos estos materiales. Se detallan a continuación las diversas formas de obtención y cantidades de los mismos en nuestra ciudad de Córdoba.

*Envases descartables de bebidas (Fig. 1):*

a) En la Planta de Recolección Diferenciada de Residuos de Córdoba:

En esta Planta, ubicada en la localidad de Bower (próxima a la ciudad de Córdoba), se pueden adquirir a un bajo costo.

La cantidad de PET que comercializa esta Planta es de 35 tn/ mes<sup>3</sup>. El inconveniente que presenta el material proveniente de esta fuente es el grado de contaminación del mismo, pues está sucio de los otros residuos. En este caso es necesario realizar el lavado con agua de los envases.

b) En fábricas embotelladoras de gaseosas y jugos:

Existen en nuestra ciudad numerosas fábricas que embotellan bebidas y descartan parte de su producción por fallas de fabricación o roturas durante la manipulación de los envases antes de que ingresen al circuito comercial. Para ilustrar sobre la cantidad de este tipo de residuos, véase los siguientes números: Una fábrica de mediana envergadura como la cordobesa Pritty, cuya producción promedio de botellas es de 70.000 packs/día, tiene un rezago de 0,05 %. Esto equivale a 350 kg/mes de rezago<sup>4</sup>.

La ventaja del material conseguido a través de este medio, es que esta prácticamente limpio, por lo que no es necesario el lavado de los envases.

c) De entes gubernamentales:

La Agencia Córdoba Ambiente, organismo del gobierno provincial, y el Area de Higiene Urbana de la Municipalidad de Córdoba, recolectan el PET en escuelas tanto provinciales como municipales.

Las cantidades del material conseguido de este modo fluctúa en las diversas campañas anuales de concientización de la población.

d) De particulares:

Comerciantes mayoristas de PET reciclado compran el material a recolectores domiciliarios marginales, quienes interceptan los envases en los canastos de recolección

---

<sup>3</sup> Información suministrada por el Ing. Hugo Scacchi, Jefe de Tratamiento y Disposición Final de Residuos de Cliba, dato del año 2002 (en los comienzos de esta investigación).

<sup>4</sup> Información suministrada por el Ing. Néstor Schachner, gerente de Control de Calidad de la fábrica Pritty, ubicada en Av. Las Malvinas 3500, Córdoba, dato del año 2003 (en los comienzos de esta investigación).

domiciliaria antes de que sean llevados por la empresa contratada por la municipalidad. No hay datos oficiales sobre la cantidad de material reciclable recolectado de este modo.

#### *Films plásticos para embalaje de alimentos (Fig. 2).*

Es un rezago de producción de fábricas por fallas de impresión o espesor. Estos films están constituidos por PVC, PE, BOPP y aluminio, principalmente.

En esta investigación se han utilizado los films donados por la empresa Converflex (ARCOR) ubicada en Villa del Totoral, al norte de nuestra provincia.

La producción de films plásticos de esta planta es de 190 tn/ mes, de las cuales 40 tn/ mes son rezagos <sup>5</sup>. Los mismos son depositados en el Predio de Enterramiento Sanitario de la ciudad de Córdoba. Mediante un convenio, el CEVE recibe gran parte de estos rezagos.

#### *Grado de contaminación admisible de los materiales:*

Los materiales que se reciclan con esta tecnología no necesitan estar limpios, pueden contener tierra, arenillas, etc. sin que se afecten por ello sus buenas propiedades (a diferencia de otros procedimientos de reciclado químicos en los cuales es imprescindible la perfecta limpieza de los materiales).

En el caso de los envases de PET, es habitual que se haga su procesado con un bajo grado de contaminación. No se aceptan envases que tengan restos de materiales tóxicos como plaguicidas o medicamentos.

Son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de otro tipo de plásticos (PP, PVC, etc.).

A diferencia de otros procedimientos de reciclado conocidos, no se necesitan piletos de lavado ni separadores de distintos plásticos por flotación u otros medios físicos.

En el caso de los films plásticos procedentes de envoltorios de alimentos, el material llega perfectamente limpio, puesto que procede de fábrica.

---

<sup>5</sup> Información suministrada por el Ing. Javier Tealdi, Gerente de Higiene y Seguridad de la Planta Arcor de Villa del Totoral, dato del año 2003 (en los comienzos de esta investigación).

Hasta el presente este material no se ha podido reciclar para otros usos de manera económica ni en forma eficiente, por la presencia de tintas diversas en su superficie. Esto no es un obstáculo en el caso de esta nueva tecnología en que se los cubre con una mezcla cementicia.

El reciclado de estos materiales para su uso en esta tecnología es muy simple y económico, de tipo mecánico.

El procesamiento de estos materiales plásticos no deja residuos sin procesar porque incluso el sobrante molido y cementado se puede agregar a una nueva mezcla.

### **Procedimiento de elaboración**

Para la fabricación de ladrillos (Fig. 3), bloques (Fig. 4) y placas (Fig. 5), se utilizó un procedimiento de elaboración similar al de un hormigón común, pero reemplazando agregados pétreos por plásticos reciclados.

Los plásticos deben ser triturados con un molino especial.

Granulometría: en el caso de los ladrillos se utiliza como agregado plástico un material con un módulo de finura: 4,25. Ver Análisis granulométrico de partículas en la Tabla 1.

En el caso de los bloques se utiliza como agregado plástico un material con un módulo de finura: 3,85. Ver Análisis granulométrico de partículas en la Tabla 2.

Las partículas plásticas se colocan juntamente con cemento Pórtland, aditivos, agua y en algunos casos arena gruesa en una hormigonera, en donde se realiza una mezcla hasta alcanzar una consistencia uniforme. Esta mezcla luego es vertida en una máquina de moldear ladrillos, o en una máquina de moldear bloques, según el tipo de elementos constructivo de que se trate. En ellas se realiza una compactación mecánica.

Luego del desmolde los elementos constructivos deben ser curados con agua en forma de lluvia fina.

A los 28 días de haber sido fabricados pueden ser utilizados en obra.

En el caso de los ladrillos, pueden utilizarse no sólo para constituir mamposterías, sino también para fabricar placas de ladrillos.

## Calidad tecnológica de los elementos constructivos

Los elementos constructivos desarrollados tienen buenas propiedades físicas, establecidas con la realización de ensayos en laboratorios normalizados realizados en la Universidad Nacional de Córdoba y en el INTI de Capital Federal.

Las mismas se detallan a continuación:

- **Peso específico:**

Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima. Ejemplo: el peso específico de un ladrillo de PET es de 1150 kg/m<sup>3</sup>, mientras que el de un ladrillo común es de 1360 kg/m<sup>3</sup>.

- **Conductividad térmica:**

Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior al de otros cerramientos tradicionales. Ejemplo: un ladrillo de PET tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0,15 W/m K, mientras que el de un ladrillo común es de 0,81 W/m K.

- **Resistencia mecánica:**

Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas no portantes, con estructura independiente antisísmica.

Ejemplo: la resistencia característica a la compresión de un ladrillo de PET es de 2 MPa., mientras que: *“La resistencia característica a la compresión de de un ladrillo común clase B es de 4 MPa. El ladrillo común de clase B es portante y puede ser usado en edificios cuya altura sea no mayor que 7 m. o cuyo número de pisos no sea mayor que 2”*. (Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes 1983).

- **Absorción de agua:**

Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales. Ejemplo: un ladrillo de PET tiene un

porcentaje de absorción de agua (en masa) del 19,1 %, mientras que el de un ladrillo común es de 21,6 %.

- Comportamiento a la intemperie:

Son resistentes a la acción de los rayos ultravioleta y ciclos alternados de humedad, según ensayo de envejecimiento acelerado utilizando el método del Q.U.V Panel.

- Aptitud para el clavado y aserrado:

Las placas y mampuestos con plásticos reciclados son fáciles de clavar y aserrar, según ensayos preliminares realizados en el CEVE, por lo que tienen aptitud para constituir sistemas constructivos no modulares.

- Adherencia de revoques:

Las placas y mampuestos con plásticos reciclados poseen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, por su gran rugosidad superficial. Tensión de adherencia: 0,25 MPa..

- Resistencia al fuego:

Los elementos constructivos con PET reciclado tienen buena resistencia al fuego, según se comprobó en Ensayo de Propagación de Llama, del cual surge su clasificación como “Clase RE 2: Material combustible de muy baja propagación de llama”.

- Permeabilidad al vapor de agua:

Entre 0,0176 y 0,0381 g/mhkPa, similar a la del hormigón con agregado pétreo (0,028 g/mhkPa).

- Resistencia acústica:

Es de 41 db, en el caso de un muro de 0,15 m. de espesor construido con ladrillos de PET reciclado revocado de ambos lados, similar a la de un muro del mismo espesor construido con ladrillos cerámicos (42 db).

Las propiedades técnicas de estos elementos constructivos han sido establecidas en laboratorios especializados de la Universidad Nacional de Córdoba y del INTI en Capital Federal, República Argentina.

Por cumplir con los requisitos establecidos por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación, los ladrillos y bloques con PET reciclado han obtenido el Certificado de Aptitud Técnica que permite la utilización de estos elementos constructivos en planes oficiales de vivienda, a partir de mayo del año 2006.

### **Sustentabilidad ecológica de esta tecnología**

El uso de materiales reciclados para construir reduce la contaminación del medio ambiente, a la inversa de lo que habitualmente ocurre cuando el ser humano construye su hábitat utilizando materias primas naturales (como por ejemplo, en el caso de la producción de ladrillos comunes de tierra cocida).

Se puede decir que se trata de una tecnología “limpia y limpiadora”, porque los procedimientos de fabricación son menos contaminantes del medio ambiente que los de otras tecnologías constructivas tradicionales, y porque se utilizan residuos plásticos como materia prima principal.

No se alcanza el “nivel cero” de contaminación porque se utiliza cemento como ligante, cuyo proceso de producción como es sabido trae aparejada contaminación en un grado tolerado por las legislaciones medioambientales de todos los países. La cuantía de cemento no supera a la de un hormigón de tipo tradicional, por lo que se pueden afirmar que esta tecnología trae asociada una contaminación no mayor a la de un hormigón común con agregados pétreos.

También se ha buscado un ahorro energético en el uso de los elementos constructivos, puesto que los materiales plásticos que constituyen la materia prima principal ofrecen una mayor aislación térmica que otros pétreos tradicionales, con lo cual se economiza en la climatización de la vivienda.

Al terminar la vida útil de las edificaciones construidas con estos componentes, los mismos pueden ser molidos y utilizados como agregados en mezclas cementicias para contrapisos o como relleno para dar pendientes, por ejemplo; dando lugar a un nuevo ciclo de reciclado.

## **Sustentabilidad económica de esta tecnología**

De los estudios económicos preliminares sobre esta tecnología, realizados hasta el presente, se ha llegado a la conclusión de que un cerramiento realizado con estos materiales es más económico que otros tradicionales como el de mampostería de ladrillos comunes de tierra cocida, lo cual es muy importante para su utilización en viviendas de interés social.

Si bien el costo de producción unitario es prácticamente igual (0,29 \$ + IVA la unidad en el caso del ladrillo con plásticos, y 0,30 \$ + IVA la unidad en el caso del ladrillo común) la economía está en que por su buena aislación térmica, se pueden utilizar en cerramientos con un espesor menor, ahorrando en cantidad de mampuestos, en materiales de unión y espacio físico en el terreno; y que por su liviandad, se abarata en traslados y en cimientos.

Para aclarar este concepto, basta considerar que una pared de ladrillo común de 30 cm. de espesor brinda el mismo grado de confort térmico que una pared de ladrillos con PET de 15 cm. de espesor; y que un ladrillo común pesa 2,5 kg mientras que un ladrillo con PET pesa 1,4 kg.

No es necesaria la cocción de los elementos constructivos, ni suelo para extracción de áridos (a diferencia del proceso productivo de los ladrillos comunes de tierra).

La similitud de precios con el ladrillo común se debe a que, si bien gran parte de la materia prima es gratuita por tratarse de un residuo (el plástico), se debe computar el costo del triturado.

Comparando el proceso de producción de este tipo de ladrillo con el de un bloque de mortero de cemento y arena, se puede decir que es similar. La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado.

En el caso de las placas, se fabrican en taller, por su bajo peso pueden ser manipuladas por dos operarios, y permiten un montaje de la obra rápido, lo cual permite economía de mano de obra y tiempo, dando una inmediata solución a familias con necesidades

urgentes. Se ahorra también en cantidad de material de unión entre elementos y en transporte.

Por otra parte, hay un “ahorro a largo plazo” por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclado de materiales de descarte. Se evita al municipio el gasto por disposición final de estos residuos.

### **Sustentabilidad social de esta tecnología**

El reciclado de materiales de descarte, y la producción de elementos constructivos utilizando una tecnología sencilla, generan nuevas fuentes de trabajos para pobladores de escasos recursos.

Esta es una premisa importante para nuestra Latinoamérica, donde el problema social es grave.

Esta tecnología es apta para la auto-construcción, inclusive aún para mujeres, debido al bajo peso de los elementos constructivos. Esto es importante porque en muchos casos la auto-construcción es llevada a cabo por las mismas, en barrios marginales de nuestras ciudades.

Las tecnologías que se utilizan tradicionalmente en nuestra región para la construcción de cerramientos de viviendas aplican elementos constructivos que no son producidos por auto-constructores sino por fábricas o cortaderos de ladrillos. Los mismos disponen de terreno, instalaciones, maquinaria y materia prima necesarias, inalcanzables para el auto-constructor.

Este, entonces, compra los elementos constructivos y con ellos levanta su vivienda.

Se citan como ejemplos las tecnologías más utilizadas en nuestra región para ejecutar cerramientos laterales de viviendas, como las mamposterías de ladrillo común de tierra cocida, de ladrillos huecos cerámicos, y de bloques comunes de cemento y arena.

Esta tecnología, en cambio, pone en manos del mismo auto-constructor la fabricación de los mampuestos y placas que utilizará para levantar su casa, por utilizar sencillos

procedimientos, por no requerir maquinarias caras, por no necesitar terreno de donde extraer materia prima, ni grandes instalaciones para procesarla.

## **Conclusiones**

En base a las experiencias realizadas se puede decir que los materiales plásticos reciclados utilizados (PET y papeles plásticos para envoltorios de alimentos) se pueden incorporar adecuadamente como agregados en mezclas cementicias, debido a que los elementos constructivos obtenidos tienen un bajo peso específico, suficiente resistencia (para cumplir la función de cerramiento no portante de viviendas), excelente aislación térmica, baja absorción de agua, buena apariencia, buen comportamiento a la intemperie, buena adherencia con revoques tradicionales, bajo costo y cualidades ecológicas.

Se evita el enterramiento y/o quema de estos materiales evitando focos de contaminación. Se le da valor agregado al material, puesto que de “residuo” pasa a ser “materia prima” en este proceso.

Por la simplicidad del proceso, permite que grupos de personas sin conocimientos especiales sobre el tema de los plásticos, organicen la recolección, hagan la molienda y fabriquen los elementos constructivos, para su propio uso o para la venta a bajo costo a personas que necesitan mejorar o ampliar su vivienda de manera confortable.

## **Bibliografía**

AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE. 2000. Diagnóstico Provincial de los sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos. Córdoba, República Argentina. Editorial Gobierno de la Provincia.

AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE. 2001. Programa Córdoba limpia. Córdoba, República Argentina. Editorial Gobierno de la Provincia.

BERRETTA Horacio, GATANI Mariana, GAGGINO Rosana, ARGUELLO Ricardo. 2006. Manual de producción y aplicación del ladrillo de PET. Capital Federal, República Argentina. Editorial Nobuko.

BERRETTA, Horacio. 1987. Vivienda y Promoción para las Mayorías. Buenos Aires, República Argentina. Editorial Humanitas.

CÁCERES TERAN, Johanna. 1996. Desenvolvament Sostenible. En *Revista Tracte*. Número 66. Octubre de 1996.

KIBERT, Charles. 1994. *CIB-TG16, First International Conference on Sustainable Construction* Florida, E.E.U.U.

LANTING, Roel. 1996. *Sustainable Construction in The Netherlands -A perspective to the year 2010.* The Netherlands. Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction TNO Bouw.

Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes. Parte III: Construcciones de Mampostería. 1983. Reglamento Inpres Cirsoc 103. Capital Federal, República Argentina. Editorial INTI.

## Figuras



Figura 1: Envases de bebidas descartables.



Fig. 2: Films plásticos para embalaje de alimentos.

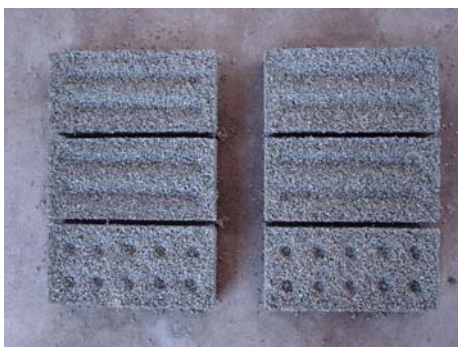


Fig. 3: Ladrillos fabricados con PET.



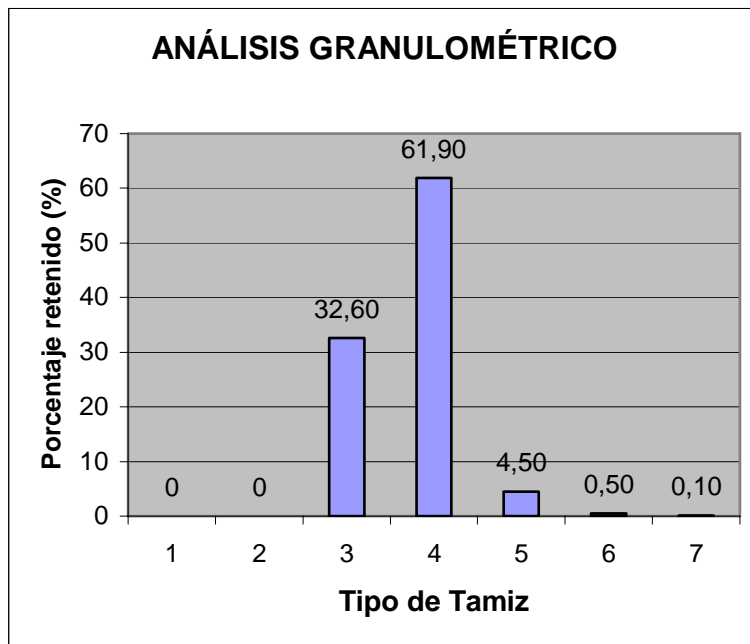
Fig. 4: Boques fabricados con PET.



Fig. 5: Placas de ladrillos fabricados con films plásticos para embalaje de alimentos.

## Tablas

TABLA 1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS PARTÍCULAS PLÁSTICAS UTILIZADAS EN LADRILLOS. Módulo de finura: 4,25.

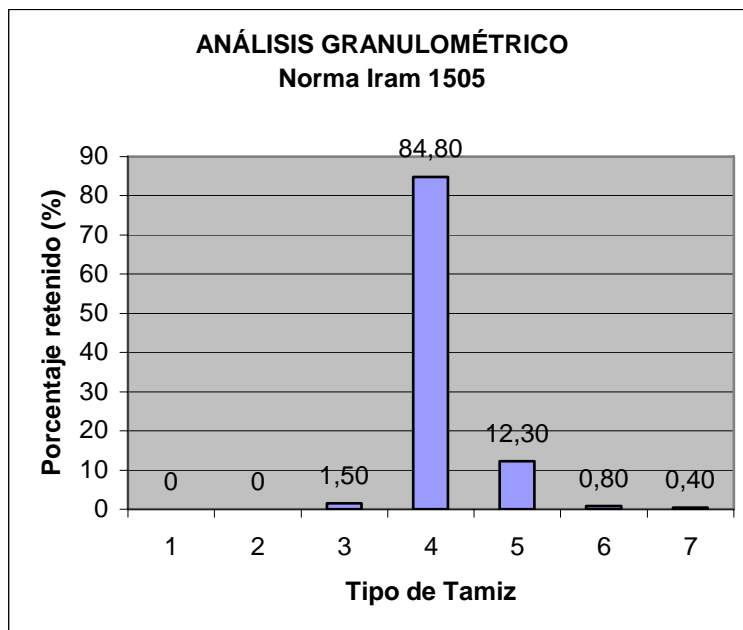


### REFERENCIAS

- 1) Tamiz 3/8" (9,5 mm.)
- 2) Tamiz N° 4 (4,8 mm.)
- 3) Tamiz N° 8 (2,4 mm.)
- 4) Tamiz N° 16 (1,2 mm.)
- 5) Tamiz N° 30 (590  $\mu$ .)
- 6) Tamiz N° 50 (297  $\mu$ .)
- 7) Tamiz N° 100 ( 149  $\mu$ .)

Nota: La tabla es una elaboración de la Arq. Gaggino, con datos tomados de Ensayo realizado en laboratorio normalizado.

TABLA 2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS PARTÍCULAS PLÁSTICAS UTILIZADAS EN BLOQUES. Módulo de finura: 3,85.



#### REFERENCIAS

- 1) Tamiz 3/8" (9,5 mm.)
- 2) Tamiz N° 4 (4,8 mm.)
- 3) Tamiz N° 8 (2,4 mm.)
- 4) Tamiz N° 16 (1,2 mm.)
- 5) Tamiz N° 30 (590  $\mu$ .)
- 6) Tamiz N° 50 (297  $\mu$ .)
- 7) Tamiz N° 100 ( 149  $\mu$ .)

Nota: La tabla es una elaboración de la Arq. Gaggino, con datos tomados de Ensayo realizado en laboratorio normalizado.